

**RAISSA RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA-MATOS
LÍDIA FERREIRA MORAES
FABÍOLA LUZIA DE SOUSA SILVA
(ORGANIZADORAS)**

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA CIENTÍFICA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AGRONOMIA

3

**RAISSA RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA-MATOS
LÍDIA FERREIRA MORAES
FABÍOLA LUZIA DE SOUSA SILVA
(ORGANIZADORAS)**

**DESENVOLVIMENTO
DA PESQUISA CIENTÍFICA,
TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
NA AGRONOMIA**

3

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria



Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^o Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^o Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^o Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^o Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^o Dr^a Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



Desenvolvimento da pesquisa científica, tecnologia e inovação na agronomia 3

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Lídia Ferreira Moraes
Fabiola Luzia de Sousa Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D451 Desenvolvimento da pesquisa científica, tecnologia e inovação na agronomia 3 / Organizadoras Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos, Lídia Ferreira Moraes, Fabiola Luzia de Sousa Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0377-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.777222306>

1. Agronomia. 2. Tecnologia. 3. Inovação. I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano da (Organizadora). II. Moraes, Lídia Ferreira (Organizadora). III. Silva, Fabiola Luzia de Sousa (Organizadora). IV. Título.

CDD 630

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

O agronegócio brasileiro vem se expandindo cada vez mais, isso se deve ao constante crescimento populacional, com isso tem-se uma demanda maior por alimentos e insumos necessários para os processos produtivos, as importações e exportações também tem a sua influência para tal acontecimento, já que o Brasil se destaca entre os países que mais produzem.

Entretanto, mesmo com toda informação já existente ainda se faz necessário o desenvolvimento de novos estudos, a fim de capacitar e minimizar alguns entraves existentes no sistema de produção, considerando o cenário atual a demanda por informações de boa qualidade é indispensável.

Com isso, o uso de tecnologias, técnicas e pesquisas necessitam estar atreladas na produção agrícola para desde modo obter sucesso e alta produtividade. Com base nisso a obra “Desenvolvimento da pesquisa científica, tecnologia e inovação na agronomia 3” vem com o intuito de trazer aos seus leitores informações essenciais para o sistema agrícola.

Apresentando trabalhos desenvolvidos e resultados concretos, com o objetivo de informatização e capacitação acerca deste setor, oferecendo a possibilidade do leitor de agregar conhecimentos sobre pesquisas desenvolvidas para a agricultura. Pesquisas que buscam contribuir para o aprimoramento dos pequenos, médios e grandes produtores. Desejamos a todos, uma excelente leitura!

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos

Lídia Ferreira Moraes

Fabiola Luzia de Sousa Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA Y MOLECULAR DE LA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO BORLAUG 100

José Luis Félix-Fuentes
Guillermo Fuentes-Dávila
Ivon Alejandra Rosas-Jauregui
Juan Manuel Cortes-Jiménez
Alma Angelica Ortiz-Avalos
José Eliseo Ortiz-Enríquez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223061>

CAPÍTULO 2..... 11

ARMAZENAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SEMENTES DE *Sloanea obtusifolia* K. Schum

Taina Lyra da Silva
Khétrin Silva Maciel
Kamilla Antunes Alves
Carlos Eduardo Moraes
Luísa Oliveira Pereira
Maria Fernanda Dourado Martins
Rafael Henrique de Freitas Noronha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223062>

CAPÍTULO 3..... 19

GERMINAÇÃO DE SEMENTES, INDUÇÃO E ANÁLISE MORFO-HISTOLÓGICA DE CALOS DE *Myrciraria glomerata* (O. Berg) Amshoff

Silvia Correa Santos
Fernanda Pinto
Rodrigo Kelson Silva Rezende
Cláudia Roberta Damiani

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223063>

CAPÍTULO 4..... 38

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA FIBRA DO ALGODOEIRO IRRIGADO SOB ESTRESSE HÍDRICO

João Henrique Zonta
Ziany Neiva Brandão
Josiane Isabela Silva Rodrigues
Heder Braun
Valdinei Sofiatti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223064>

CAPÍTULO 5..... 52

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FRUTOS DE MAXIXE DO REINO

Mariana Costa Rampazzo
Fabrício Vieira Dutra

Rita de Cássia Santos Nunes
Gabriela Leite Silva
Adriana Dias Cardoso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223065>

CAPÍTULO 6..... 58

FITOTOXICIDADE DE RESÍDUOS VEGETAIS NO SOLO E SEU USO EM SEMENTES DE ARROZ

Luiz Augusto Salles das Neves
Kelen Haygert Lencina
Raquel Stefanello

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223066>

CAPÍTULO 7..... 77

IMPACTOS DE PLANTAS DE COBERTURA NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

João Pedro Novais Queiroz Guimarães
Rayanne Soeiro da Silva
Gabriel Brom Vilela
Thaise Dantas
Tassila Aparecida do Nascimento de Araújo
Rafaella de Paula Pacheco Noronha
João Batista Medeiros Silva
Maria Ingrid de Souza
Carlos Augusto Reis Carmona Júnior
Jamilly Verônica Santos dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223067>

CAPÍTULO 8..... 88

ANÁLISE DE IMAGEM APLICADA AO MONITORAMENTO DA FERRUGEM DA SOJA

Aguinaldo Soares de Oliveira
Alexandra de Oliveira França Hayama

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223068>

CAPÍTULO 9..... 98

DIAGNÓSTICO SOBRE A OCORRÊNCIA DO TEMA CÂNCER NOS CURRÍCULOS DAS UNIVERSIDADES PARANAENSES E UMA PROPOSTA DE CURSO *ONLINE* PARA A FORMAÇÃO INICIAL DE LICENCIANDOS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Camila Machado Ferreira Siqueira
Elaine Maria dos Santos
Rosilene Rebeca

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223069>

CAPÍTULO 10..... 105

DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA DETERMINAR AS PRESSÕES EM SILOS MULTICELULAR COM DESCARGA CONCENTRICA E EXCÊNTRICA

Hellen Pinto Ferreira Deckers
Francisco Carlos Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230610>

CAPÍTULO 11..... 125

RECUPERAÇÃO DE MATÉRIA SECA E MATÉRIA MINERAL DE SILAGEM DE CANA - DE - AÇÚCAR TRATADA COM INOCULANTE E DIFERENTES NÍVEIS DE ADITIVOS QUÍMICOS

João Ribeiro da Costa Neto
Adriely Pereira Amaral
Andreia Santos Cezário
Wallacy Barbacena Rosa dos Santos
Jeferson Corrêa Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230611>

CAPÍTULO 12..... 129

PROSPECÇÃO DE GENÓTIPOS DE AGAVE PARA OBTENÇÃO DE SUCO PARA BIOINSETICIDA

Tarcisio Marcos de Souza Gondim
Joabson Borges de Araújo
Ziany Neiva Brandão
Everaldo Paulo de Medeiros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230612>

CAPÍTULO 13..... 138

PERDAS QUANTITATIVAS NO ARRANQUIO MECANIZADO DE AMENDOIM NO PONTAL DO TRIÂNGULO MINEIRO

José Augusto Neto da Silva Lima
Rodrigo Silva Alves
Victor Augusto da Costa Escarela
Elivânia Maria Sousa Nascimento
Carlos Alessandro Chioderoli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230613>

CAPÍTULO 14..... 143

MULTISPECTRAL REFLECTANCE AND GEOSTATISTIC METHODS TO ESTIMATE LEAF NITROGEN CONTENT AND COTTON YIELD

Ziany Neiva Brandão
Célia Regina Grego
Lúcio André de Castro Jorge
Rodolfo Correa Manjolin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230614>

CAPÍTULO 15..... 155

ESCARIFICAÇÃO E OSMOCONDICIONAMENTO DE SEMENTES DE *Passiflora alata* Curtis

Paula Aparecida Muniz de Lima
Simone de Oliveira Lopes
Rodrigo Sobreira Alexandre

Allan Rocha de Freitas
Gilma Rosa do Nascimento
Ingridh Medeiros Simões
Joana Silva Costa
Josiane Rodrigues de Almeida Coutinho
José Carlos Lopes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230615>

CAPÍTULO 16..... 168

Colletotrichum tropicale ASSOCIADO À ANTRACNOSE DO MARACUJAZEIRO NO BRASIL

Jackeline Laurentino da Silva
Jaqueline Figueredo de Oliveira Costa
Maria Jussara dos Santos da Silva
Taciana Ferreira dos Santos
Tiago Silva Lima
Gaus Silvestre Andrade Lima
Iraíldes Pereira Assunção

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230616>

CAPÍTULO 17..... 177

MODELAGEM HIDROLÓGICA E GESTÃO HÍDRICA O CASO - CÓRREGO BANDEIRA, NERÓPOLIS - GOIÁS

Mariane Rodrigues da Vitória
Klaus de Oliveira Abdala

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230617>

CAPÍTULO 18..... 192

ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER DE ÁCIDOS HÚMICOS EXTRAÍDOS DE SOLOS SOB DIFERENTES COMPOSIÇÕES VEGETAIS NO SUL DO BRASIL

Luisa Natalia Parra Sierra
Henrique Cesar Almeida
Denice de Oliveira Almeida

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230618>

CAPÍTULO 19..... 198

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM TERMOGRAFIA EM UMA AGROINDÚSTRIA

Enerdan Fernando Dal Ponte
Rosemar Cristiane Dal Ponte
Carlos Eduardo Camargo Nogueira
Jair Antônio Cruz Siqueira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230619>

CAPÍTULO 20..... 205

REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA ESTIMATIVA DA CARGA TÉRMICA RADIANTE

NO INTERIOR DE GALPÕES

Pedro Hurtado de Mendoza Borges

Zaira Morais dos Santos Hurtado de Mendoza

Pedro Hurtado de Mendoza Morais

Charles Esteffan Cavalcante

Ronei Lopes dos Santos

Felipe Schmidt Ruver

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230620>

SOBRE AS ORGANIZADORAS 216

ÍNDICE REMISSIVO 217

CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA Y MOLECULAR DE LA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO BORLAUG 100

Data de aceite: 01/06/2022

José Luis Félix-Fuentes

INIFAP, Campo Experimental Norman E.
Borlaug
Obregón, Sonora

Guillermo Fuentes-Dávila

INIFAP, Campo Experimental Norman E.
Borlaug
Obregón, Sonora

Ivon Alejandra Rosas-Jauregui

INIFAP, Campo Experimental Norman E.
Borlaug
Obregón, Sonora

Juan Manuel Cortes-Jiménez

INIFAP, Campo Experimental Norman E.
Borlaug
Obregón, Sonora

Alma Angelica Ortiz-Avalos

INIFAP, Campo Experimental Norman E.
Borlaug
Obregón, Sonora

José Eliseo Ortiz-Enríquez

INIFAP, Campo Experimental Norman E.
Borlaug
Obregón, Sonora

RESUMEN: Se caracterizó a nivel molecular y fenotípica la variedad de trigo harinero Borlaug 100. de hábito de crecimiento primaveral que se originó de la selección en poblaciones segregantes de la cruza ROELFS07/4/BOW/NKT//CBRD/3/

CBRD/5/FRET2/ TUKURU//FRET2, llevada a cabo por el Programa de Trigo Harinero del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), y de su posterior selección por el Programa de Mejoramiento Genético de Trigo del INIFAP del Campo Experimental Norman E. Borlaug. El hábito de la planta es intermedio. La variedad Borlaug 100 presenta un grano de color blanco de forma semi-elíptica, en la madurez fisiológica la espiga adquiere un color blanco y erecta. Para la parte de caracterización molecular se evaluaron trece genes: Lr34 (resistencia a la roya de la hoja), Sr2, Sr22, Sr24, Sr25/Lr19, Sr26, Sr35 y Sr39 (resistencia a la roya del tallo), Pin-a y Pin-b (dureza del grano), Rht-D1, Rht-B1 (altura de planta), y la translocación 1BL/1RS (resistencia a sequías). Como resultado de los análisis de laboratorio se encontró la presencia del gen Sr22 el cual se ha observado que es eficaz contra Ug99, también se identificó el gen Sr24 que ofrece resistencia a la mayoría de las razas de la roya del tallo, entre ellos la raza virulenta Ug99 (TTKSK), entre otros genes identificados se detectó la presencia de la mutación pina-D1b, el cual es relacionado con la textura del endospermo, es decir dureza o suavidad del grano.

PALABRAS CLAVE: Calidad, enfermedades, marcadores.

PHENOTYPIC AND MOLECULAR CHARACTERIZATION OF BREAD WHEAT CULTIVAR BORLAUG 100

ABSTRACT: Phenotypic and molecular characterization was performed on the bread

wheat cultivar Borlaug 100, based on the visual analysis following the UPOV guidelines, and by evaluating 13 genes: Lr34 (resistance to leaf rust); Sr2, Sr22, Sr24, Sr25/Lr19, Sr26, Sr35, and Sr39 (resistance to stem rust); Pin-a and Pin-b (grain hardness); Rht-D1 and Rht-B1 (plant height), and the translocation T1BL-1RS (resistance to drought), by the extraction of DNA, PCR, and electrophoresis. Borlaug 100 has an average height of 92 cm, 78 days-to-heading, and 116 days-to-physiological maturity. Plant growth habit is intermediate and shows a very high frequency of recurved flag leaves. Ear glaucosity is medium, and awns are distributed the entire length and are white. Grain color is white. The presence of Sr22, which is effective against Ug99, was detected, as well as Sr24, which is linked to the resistance to most races of stem rust, among them Ug99 (TTKSK). The mutation pina-D1b, which is also related to the texture of the endosperm (grain hardness), also was detected.

KEYWORDS: Quality, diseases, marker.

1 | INTRODUCCIÓN

La siembra de trigos harineros en el sur de Sonora ha mostrado una fuerte reducción en superficie, la cual dio inicio en la década de los 80' debido a la problemática del carbón parcial, ocasionando que los trigos cristalinos fueran la clase dominante hasta el día de hoy. A partir de esta problemática la importación de trigos harineros se ha incrementado, así como la necesidad de generar variedades con características sobresalientes de potencial de rendimiento, resistencia a enfermedades y calidad. Siendo estas dos últimas, en la mayoría de los casos no expresadas, debido a diversos factores, los cuales se relacionan a condiciones climáticas o al manejo agronómico. Para ello se buscan estrategias eficientes que mejoren la productividad del cultivo, desarrollando nuevos materiales apoyados en técnicas biotecnológicas (Pazmiño, 2012) como el cultivo de tejidos y la biología molecular (Levitus et al., 2010), que optimizan los recursos disponibles acelerando los procesos (Morillo et al., 2014) lo cual nos permitirá predecir a futuro su desarrollo, sin embargo se requiere que al momento de generar nuevos materiales, tener caracterizados los materiales a partir de los cuales se originen los nuevos genotipos.

2 | METODOLOGÍA

El trabajo experimental se desarrolló durante los ciclos agrícolas (2018-2019-2020). En el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Norman E. Borlaug (GENEB), ubicado en Block 910 del Valle del Yaqui, a 27° 22' de latitud norte y 109° 55' de longitud oeste, a 37 msnm. La variedad a caracterizar fue Borlaug 100 liberada por el programa de mejoramiento del INIFAP. La caracterización fenotípica se realizó en base a análisis visual, y al manual gráfico para la descripción varietal. La parte molecular consistió en identificar la presencia de los genes Lr34 (resistencia a la roya de la hoja), Sr2, Sr22, Sr24, Sr25/Lr19, Sr26, Sr35 y Sr39 (resistencia

a la roya del tallo), Pin-a y Pin-b (dureza del grano), Rht-D1, Rht-B1 (altura de planta), y la translocación 1BL/1RS (resistencia a sequías). Los marcadores se describen en el cuadro 1. El muestreo del material vegetal, se llevó a cabo cortando manualmente y eliminando la nervadura de las hojas jóvenes, seleccionando tejido libre de zonas necróticas y lesiones que pudieran estar presentes en las plantas. Las muestras fueron almacenadas en tubos de 1.5 ml a una temperatura de -20°C y posteriormente a -85 °C previo a la liofilización. Una vez realizada la liofilización se realizó la extracción de ADN, enseguida se continuo con el análisis de reacción en cadena de la polimerasa (PCR), las secuencias utilizadas se describen en el cuadro 1. para finalizar se realizó la electroforesis.

Rango	locus	marcador	herencia	secuencia de primer (5'3')	alelo	tamaño de fragmento	cromosoma	referencia
Roya del tallo	Sr25/ Lr19	Gb	Dominante	Gb-F 5'CAT CCTTGGG- GACCTC3' Gb-R 5'CCA GCTCGCATA- CATCCA3'	Gb	130	7D	Prins et al. 2001
	Sr35	CFa2193	polimorfico	F: 5'-ACA TGT GAT GTG CGG TCA TT -3' R: 5'- TCC TCA GAA CCC CAT TCT TG -3'	cfa 2193	243/230	3AL	Zhang et al., 2010
	Sr26	Sr26#43	Dominante	F: 5'-AAT CGTCCACAT- TGGCTTCT-3 ' R: 5'-CGC AACAAAAT- CATGCAC- TA-3'	Sr26# 43	207	6AL	Mago et al. 2005
	Sr24	Sr24#12	Dominante	F: 5'CAC CCGTGACA- TGCTCGTA-3' R: 5'-AAC AGGAAATGA- ACGACGAT- GT-3'	Sr24# 12	600	3DL	Mago et al. 2005
	Sr2	Cssr2	Polimorfico	F: 5'-CAA GGGTTGC- TAGGATTG- GAAAAC3' R: 5'-AGA TAAC- TCTTATGA- TCTTACATTT TTCTG-3'	Cssr2	172/112/53	3BS	Mago et. al., 2011

	Sr39	Sr39 #22r	Dominante	F: 5'- AGA GAA GAT AAG CAG TAA ACA TG -3' R: 5'- TGC TGT CAT GAG AGG AAC TCT G -3'	Sr39 #22r	487	2B	Gold et al., 1999
	Sr22	CFa2123	Codominante	F: 5'-CGG TCTTTGTT- TGCTCTAA- ACC-3' R: 5 'ACC GGCCA- TCTATGAT- GAAG3'	CFa 2123	245/260	7A	Khan et al., 2005
Dureza de grano	Pin-a	Pina	Dominante	F: 5'- CCC TGT AGA GAC AAA GCT AA -3' R: 5'- TCA CCA GTA ATA GCC AAT AGT G -3'	Pina-D1a	450	5D	Gautier et al. 1994
			Dominante	F: 5'- CCC TGT AGA GAC AAA GCT AA -3' R: 5'- TCA CCA GTA ATA GCC AAT AGT G -3'	Pina-D1b	450	5D	Gautier et al. 1994
	Pin-b	Pinb	Dominante	F: 5'- ATG AAG ACC TTA TTC CTC CTA -3' R: 5'- TCA CCA GTA ATA GCC ACT AGG GAA -3'	Pinb-D1	250	5D	Giroux and Morris, 1997
Reducción de la altura de la planta	Rht- D1	DF2-WR2	Dominante	DF2 5'- GGC AAG CAA AAG CTT CGC G -3' WR2 5'- GGC CAT CTC GAG CTG CAC -3'	Rht-D1a	264	4D	Ellis et a., 2002
		DF-MR2	Dominante	DF 5'- CGC GCA ATT ATT GGC CAG AGA TAG -3' MR2 5'- CCC CAT GGC CAT CTC GAG CTG CTA -3'	Rht-D1b	254	4D	Ellis et a., 2002

	Rht-B1	BF-WR1	Dominante	BF 5'- GGT AGG GAG GCG AGA GGC GAG -3' WR1 5'- CAT CCC CAT GGC CAT CTC GAG CTG -3'	Rht- B1a	237	4B	Ellis et a., 2002
		BF-MR1	Dominante	BF 5'- GGT AGG GAG GCG AGA GGC GAG -3' MR1 5'- CAT CCC CAT GGC CAT CTC GAG CTA -3'	Rht- B1b	237	4B	Ellis et a., 2002
Gen de resistencia a roya de la hoja	Lr34	csLV34	Co- dominante	F: 5'-GTT GGTTAA- GACTGGT- GATGG-3' R: 5'-TGC TTGT- TGCTACTGA- ATAGT-3'	csLV34	~150	7D	Lagudah et al. 2006.
Gen de translocación	1BL/1RS	RIS	Dominante	F:5'-TAA TT- TCTGCTTGC- TCCATGC-3' R:5'-ACT GGGGTG- CACTGGAT- TAG3 '	RIS	500	1R	Weng et al., 2007

Cuadro 1. Marcadores funcionales utilizados para la caracterización molecular de la variedad Borlaug
100

3 I RESULTADOS

La caracterización fenotípica (cuadro 2) se realizó de acuerdo con los descriptores que marca la unión internacional para la protección de nuevas variedades de plantas (UPOV) Figura 1.

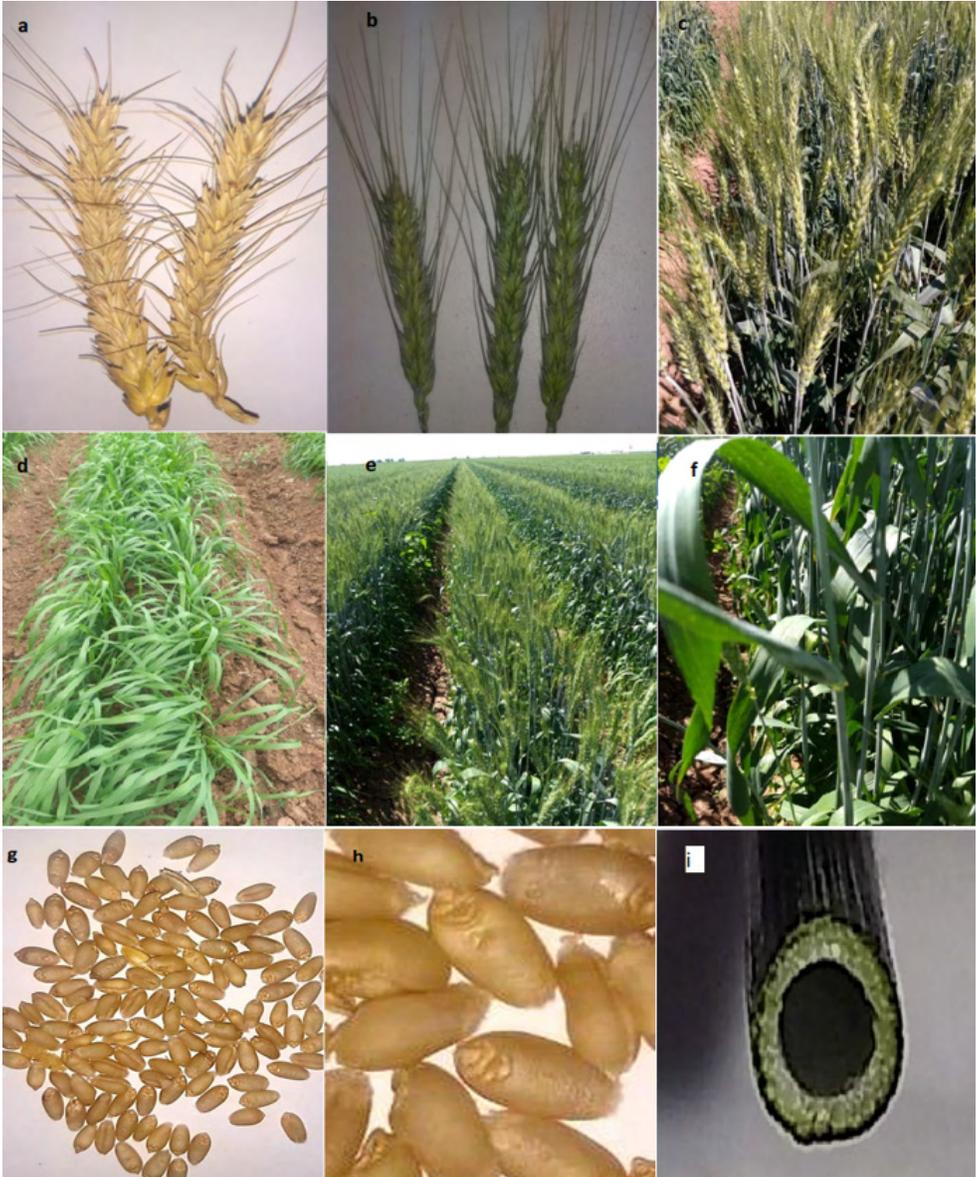


Figura 1: a) Espiga branca e densidade média; b) Distribuição da barba em toda a espiga, longitudi-
 na longa excluídas as barbas e as espigas; c) Glauscência média; d) Hábito de crescimento intermediário; e)
 Altura média; f) muito alta frequência com folha bandeira curvada; g) Grão cor branco; h) Forma semi-
 elíptica; i) Medula de a seção transversal delgada.

Estructura	Característica	Descripción
Coleoptilo	Coloración de antocianina	Ausente o muy débil
Hoja bandera	Coloración de antocianina en aurículas	Ausente o muy débil
	Glausencia de la vaina	Fuerte
Tallo	Glausencia del cuello del pedúnculo	Fuerte
	Medula de la sección transversal	Delgada
Espiga	Tiempo de emergencia	Media
	Glausencia	Media
	Forma del perfil	Semi-maza
	Densidad	Mediana
	Largo excluyendo aristas	Mediana
	Color en madurez	Blanca
	Velocidad del margen del primer segmento del raquis	Media
Aristas o barbas	Presencia	Presente
	Longitud de la punta de la espiga	mediana
Gluma inferior	Ancho del hombro (en espiguilla del tercio medio de la espiga)	Medio
	Forma del hombro (en espiguilla del tercio medio de la espiga)	Inclinada
	Forma de la punta o pico	Recta
	Longitud de la punta	Mediana
	Extensión de la vellosidad externa	Mediana
	Forma de la punta	Ligeramente curva
Grano	Color	Blanco
	Reacción al fenol	Débil (60-73%) Fuerte (27-40%)
Planta	Habito de crecimiento	Intermedio
	Frecuencia de la planta con hoja bandera curvada	Muy alta
	Largo o altura (tallo, espiga y barbas)	Media
	Tipo de estacionalidad	primaveral

Cuadro 2. Estructura, característica y descripción fenotípica de la variedad Borlaug 100.

Como resultado de los análisis de laboratorio en la caracterización molecular, se encontró presencia del gen Sr22 el cual se encuentra ligado a lo largo del cromosoma 7A (Khan et al., 2005) tres marcadores ligados CFA2019, CFA2123 y BARC121 se utilizaron para determinar el haplotipo de este locus. Siendo CFA2123 utilizado para la identificación por ser el más cercano que flanquea al Sr22 (Miranda et. al., 2007) la presencia del Sr22 se ha observado que es eficaz contra Ug99, sin embargo, su presencia tiene un efecto negativo en el rendimiento del grano, debido a esto se ha desplegado en un número limitado de cultivares debido al bajo rendimiento agronómico de líneas que llevan el gen de resistencia (Olson et al., 2010). También se identificó en la variedad Borlaug 100 el gen

Sr24 (localizado en el cromosoma 3DL) que se ha utilizado ampliamente en los cultivares comerciales de trigo en todo el mundo y ofrece resistencia a la mayoría de las razas de la roya del tallo, entre ellos la raza virulenta Ug99 (TTKSK).

Como resultado del análisis de los genotipos estudiados, a través de los métodos moleculares para el gen PINA (Pina-D1a y Pina-D1b) se detectó la presencia de la mutación pina-D1b, el cual es relacionado con la textura del endospermo, es decir la dureza o suavidad del grano, este rasgo determina sus usos finales potenciales. Los granos con textura dura requieren más energía de molienda que los granos con textura blanda para reducir el endospermo en harina, y durante este proceso de molienda, un mayor número de gránulos de almidón se dañan físicamente. Dado que los gránulos de almidón dañados absorben más agua que los gránulos no dañados, se prefieren las harinas de trigo duro para hornear pan con levadura, mientras que las harinas de trigo suave se prefieren para fabricar galletas y pasteles. La textura del endospermo es controlada principalmente por el locus de dureza (Ha) en el brazo corto del cromosoma 5D. Es un personaje simplemente heredado y, aunque el locus principal se conoce como dureza, la suavidad es, de hecho, el rasgo dominante.

Presencia del gen Rht-B1 en los materiales de trigo son ligeramente más altas, aunque de acuerdo a otra investigación realizada al analizar genes de enanismo Rht B1 y D1 como determinantes de la altura en cultivares de trigo actuales se concluyó que el grupo que promedió menor altura no fue el de las mutaciones B1bD1b (doble enano) sino las mutaciones B1aD1b (4 cm menor que el promedio); y el de mayor altura fue B1bD1a.

4 | CONCLUSIONES

La variedad Borlaug 100 presenta características sobresalientes que pueden servir de base para la incorporación de rasgos heredables a nuevos materiales de trigo, que varían desde genes de resistencia a enfermedades, alta calidad industrial, buen porte o visualmente estético del genotipo.

REFERENCIAS

Ellis, M., Spielmeyer, W., Gale, K., Rebetzke, G., & Richards, R. (2002). "Perfect" markers for the Rht-B1b and Rht-D1b dwarfing genes in wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 105(6-7), 1038-1042.

Gautier, M. F., Aleman, M. E., Guirao, A., Marion, D., & Joudrier, P. (1994). Triticum aestivum puroindolines, two basic cysteine-rich seed proteins: cDNA sequence analysis and developmental gene expression. *Plant Molecular Biology*, 25(1), 43-57.

Giroux, M. J., & Morris, C. F. (1997). A glycine to serine change in puroindoline b is associated with wheat grain hardness and low levels of starch-surface friabilin. *Theoretical and Applied Genetics*, 95(5-6), 857-864.

Gold, J., Harder, D., Townley-Smith, F., Aung, T., & Procnier, J. (1999). Development of a molecular marker for rust resistance genes Sr39 and Lr35 in wheat breeding lines. *Electronic Journal of Biotechnology*, 2, 1-2.

Haile, J. K., Hammer, K., Badebo, A., Singh, R. P., & Röder, M. S. (2013). Haplotype analysis of molecular markers linked to stem rust resistance genes in Ethiopian improved durum wheat varieties and tetraploid wheat landraces. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 60(3), 853-864

Khan, R. R., Bariana, H. S., Dholakia, B. B., Naik, S. V., Lagu, M. D., Rathjen, A. J., ... & Gupta, V. S. (2005). Molecular mapping of stem and leaf rust resistance in wheat. *Theoretical and applied genetics*, 111(5), 846-850

Lagudah, E. S., McFadden, H., Singh, R. P., Huerta-Espino, J., Bariana, H. S., & Spielmeier, W. (2006). Molecular genetic characterization of the Lr34/Yr18 slow rusting resistance gene region in wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 114(1), 21-30.

Levitus, G., Echenique, V., Rubinstein, C., Hopp, E., & Mroginski, L. (2010). *Biología y Mejoramiento Vegetal II*. INTA, Argentina.

Mago, R., Bariana, H. S., Dundas, I. S., Spielmeier, W., Lawrence, G. J., Pryor, A. J., & Ellis, J. G. (2005). Development of PCR markers for the selection of wheat stem rust resistance genes Sr24 and Sr26 in diverse wheat germplasm. *Theoretical and Applied Genetics*, 111(3), 496-504.

Mago, R., Brown-Guedira, G., Dreisigacker, S., Breen, J., Jin, Y., Singh, R., ... & Spielmeier, W. (2011). An inaccurate DNA marker assay for stem rust resistance gene Sr2 in wheat. *Theoretical and applied genetics*, 122(4), 735-744.

Miranda, L. M., Perugini, L., Srnić, G., Brown-Guedira, G., Marshall, D., Leath, S., & Murphy, J. P. (2007). Genetic mapping of a *Triticum monococcum*-derived powdery mildew resistance gene in common wheat. *Crop Science*, 47(6), 2323-2329.

Morillo, E., Márquez Carrillo, M. E., & Falconí, E. (2014). Caracterización molecular de 297 genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) provenientes del centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo e inferencia de su estructura genética.

Olson, E. L., Brown-Guedira, G., Marshall, D. S., Jin, Y., Mergoum, M., Lowe, I., & Dubcovsky, J. (2010). Genotyping of US Wheat Germplasm for Presence of Stem Rust Resistance Genes, and. *Crop science*, 50(2), 668-675

Pagnotta, M. A., Rey, N. A., Ciancolini, A., & Crinò, P. (2013). Are UPOV descriptors a useful and feasible tool?. *Acta horticulturae*, (983), 145-149.

Pazmiño Ibarra, V. (2012). Evaluación de la respuesta del germoplasma de trigo (*Triticum aestivum* L.) del INIAP a la aplicación de dos métodos biotecnológicos para la obtención y selección de plantas resistentes a roya amarilla (Bachelor's thesis, SANGOLQUÍ/ESPE/2012).

Prins, R., Groenewald, J. Z., Marais, G. F., Snape, J. W., & Koebner, R. M. D. (2001). AFLP and STS tagging of Lr19, a gene conferring resistance to leaf rust in wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 103(4), 618-624.

Weng, Y., Azhaguvel, P., Devkota, R. N., & Rudd, J. C. (2007). PCR-based markers for detection of different sources of 1AL, 1RS and 1BL, 1RS wheat-rye translocations in wheat background. *Plant Breeding*, 126(5), 482-486.

Zhang, W., Olson, E., Saintenac, C., Rouse, M., Abate, Z., Jin, Y., ... & Dubcovsky, J. (2010). Genetic maps of stem rust resistance gene in diploid and hexaploid wheat. *Crop Science*, 50(6), 2464-2474

CAPÍTULO 2

ARMAZENAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SEMENTES DE *Sloanea obtusifolia* K. Schum

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 08/04/2022

Taina Lyra da Silva

Universidade Federal do Sul da Bahia-UFSB
Itabuna-Bahia
<http://lattes.cnpq.br/1473432474090390>

Khétrin Silva Maciel

Centro de Formação em Ciências Agroflorestais
- CFCAf. Universidade Federal do Sul da Bahia
Itabuna-BA
<http://lattes.cnpq.br/6753673403909545>

Kamilla Antunes Alves

Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri-UFVJM
Diamantina-MG
<http://lattes.cnpq.br/6206032667034498>

Carlos Eduardo Moraes

<http://lattes.cnpq.br/4108375871616360>

Luísa Oliveira Pereira

Universidade Federal do Sul da Bahia – UFSB
Centro de Formação em Tecnociências - CFTCI
Itabuna-BA
<http://lattes.cnpq.br/9717622050925612>

Maria Fernanda Dourado Martins

Centro de Formação em Tecnociências - CFTCI
Universidade Federal do Sul da Bahia
Itabuna-BA
<http://lattes.cnpq.br/2573145841391285>

Rafael Henrique de Freitas Noronha

Centro de Formação em Ciências Agroflorestais
- CFCAf. Universidade Federal do Sul da Bahia
Itabuna-BA
<http://lattes.cnpq.br/5182748557428509>

RESUMO: *Sloanea obtusifolia* é uma espécie de ocorrência natural na Hileia Baiana que possui grande potencial socioeconômico. Produz sementes de difícil armazenamento e curta longevidade. Deste modo objetivou-se neste experimento analisar duas formas de armazenagem de sementes de *S. obtusifolia* e determinar o método mais eficiente que preserve a qualidade fisiológica da mesma. A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Análise de Sementes do Programa Arboretum, localizado no Município de Teixeira de Freitas- BA e foram utilizadas sementes de *Sloanea obtusifolia*. As sementes foram armazenadas em câmara fria a 5 °C em esquema fatorial 2 x 4 x 5, sendo dois tipos de embalagens: plástico (impermeável) e papel (semipermeável), quatro métodos de armazenamento: congelamento em freezer, pós secagem natural de 24 horas, sementes com adição de fungicida, sementes recém beneficiadas e cinco tempos de armazenamento (0, 10, 20, 30 e 40 dias). O teor de água encontrado para as sementes recém coletadas foi de 37,26% e massa de mil sementes de 65,20 g. As sementes de *Sloanea obtusifolia* apresentaram comportamento recalitrante, comprometendo a viabilidade frente a redução do teor de água tornando os tratamentos aplicados para a sua conservação ineficientes não

resultando na emergência das sementes. As sementes recém beneficiadas apresentaram média de germinação de 61%, deste modo, em função da dificuldade do armazenamento e conservação de *Sloanea obtusifolia* em maior prazo pós beneficiamento, estratégias devem ser levadas em consideração, como forma de garantir a permanência da espécie e de sua diversidade genética.

PALAVRAS-CHAVE: Recalcitrância, Sementes florestais, Elaeocarpaceae.

STORAGE AND CONSERVATION OF SEEDS OF *Sloanea obtusifolia* K. Schum

ABSTRACT: *Sloanea obtusifolia* is a naturally occurring species in Hileia Baiana that has great socioeconomic potential. It produces seeds of difficult storage and short longevity. Thus, the objective of this experiment was to analyze two ways of storing *S. obtusifolia* seeds and to determine the most efficient method that preserves its physiological quality. The research was developed in the Laboratory of Seed Analysis of the Arboretum Program, located in the Municipality of Teixeira de Freitas-BA and *Sloanea obtusifolia* seeds were used. The seeds were stored in a cold chamber at 5 °C in a 2 x 4 x 5 factorial scheme, with two types of packaging: plastic (impermeable) and paper (semipermeable), four storage methods: freezing in a freezer, natural post-drying of 24 hours, seeds with the addition of fungicide, newly processed seeds and five storage times (0, 10, 20, 30 and 40 days). The water content found for the newly collected seeds was 37.26% and the weight of a thousand seeds was 65.20 g. The seeds of *Sloanea obtusifolia* showed a recalcitrant behavior, compromising the viability due to the reduction of the water content, making the treatments applied for their conservation inefficient, not resulting in the emergence of the seeds. The newly processed seeds showed an average germination of 61%, thus, due to the difficulty of storing and conserving *Sloanea obtusifolia* in a longer period after processing, strategies must be taken into account, as a way of guaranteeing the permanence of the species and its Genetical diversity.

KEYWORDS: Recalcitrance, Forest seeds, Elaeocarpaceae.

INTRODUÇÃO

No extremo Sul da Bahia, a Hiléia Baiana abriga várias populações de espécies pouco exploradas compreendendo diversas plantas arbóreas e arbustivas (ROLIM et al., 2016), dentre as quais a Família Elaeocarpaceae possui grande representatividade nesse ecossistema pelo gênero *Sloanea* (SAMBUICHI, 2009). Estudos taxonômicos sobre *Sloanea* (TEIXEIRA, 2016) caracteriza o gênero por possuírem frutos com uma semente arredondada coberta por arilo (BOEIRA, 2010), entretanto pouco se conhece sobre as suas características fisiológicas e métodos adequados para o manejo e conservação das espécies.

Pertencente ao gênero *Sloanea*, a espécie *S. obtusifolia* é popularmente conhecida como “urucurana”, “sapopema” e “gindiba”, cuja sinonímia científica é *Adenobasium obtusifoliame Sloanea fernando-costae* (CNCFLORA, 2012; MAIA, 2019). A espécie possui hábito arbóreo, chegando a 32 metros de altura, possui endemismo no Brasil e distribui-

se por diversas regiões do país (SAMPAIO; COELHO 2016). Devido a exploração de sua madeira para a fabricação de canoas, tábuas e esteios, a espécie se encontra atualmente inclusa na Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção, com status “em perigo” (MCGINTY, 2012; CNCFLORA, 2012).

A recomposição de áreas degradadas com *Sloanea obtusifolia* é dificultada pela baixa viabilidade das sementes que é reduzida no período pós-colheita, tendo suas sementes classificadas como recalcitrantes, perdendo totalmente a viabilidade em ambiente não controlado em poucos dias após a maturação. Outro fator limitante é a falta de conhecimento sobre essa espécie, que resulta em pouca metodologia para a sua conservação e manejo (SAMBUICHI, 2009). De acordo com Moscon (2020), armazenamento adequado das sementes pode ser uma alternativa para prolongar a sua qualidade fisiológica, diminuindo a velocidade de deterioração.

A falta de tecnologia que permita armazenar essas sementes por longos períodos, tem colocado em risco a própria sobrevivência da espécie, sendo que a maior limitação no desenvolvimento dessas tecnologias reside na própria falta de conhecimento sobre a sua fisiologia (CASTRO et al, 2017).

A despeito de não terem sido realizados trabalhos específicos sobre tolerância à dessecação nessa espécie, que permitissem identificar o seu melhor método de armazenamento e conservação, o presente trabalho se direcionou em avaliar a tolerância à dessecação e a capacidade de armazenamento de sementes recalcitrantes de *Sloanea obtusifolia*.

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta e beneficiamento da espécie

Frutos de *Sloanea obtusifolia* foram coletados diretamente das matrizes 05-314, 05-052 e 05-178 no mês de outubro do ano 2021 do núcleo de coleta parceiro ao programa localizado no município de Itamaraju- BA (Tabela 1) e os indicativos de maturidade utilizados para coleta foram a mudança na coloração ou início da deiscência. Após a coleta, os frutos foram encaminhados para o Laboratório de Análise de Sementes do Programa Arboretum para fins de extração e beneficiamento das sementes, além do desenvolvimento dos experimentos.

Para a extração das sementes, os frutos foram postos em bandejas plásticas contendo água pelo período de 24 horas, após esse tempo passaram por beneficiamento manual que consistiu no despulpamento em água corrente com auxílio de peneira até a remoção completa do arilo.

Lote	Matriz	Data de coleta
3082	05-314	04-10-2021
3083	05-052	05-10-2021
3084	05-178	05-10-2021

Tabela 1. Dados de coleta de sementes de *Sloanea obtusifolia* no município de Itamaraju-BA

Massa de mil sementes

A massa de mil sementes foi realizado com oito subamostras de 100 sementes as quais tiveram sua biomassa fresca pesada em balança com precisão 0,001 g, sendo os resultados expressos em gramas (BRASIL, 2009).

Desinfestação das sementes

As sementes passaram por um processo de assepsia, para eliminação de possíveis fungos, seguindo as Instruções para Análises de Sementes de Espécies Florestais (BRASIL, 2009).

A realização do processo de desinfestação das sementes foi iniciada com a imersão das sementes em álcool 70% por 1 minuto, seguido de solução de hipoclorito de sódio a 2% de cloro ativo por 3 minutos. Posteriormente, as sementes foram lavadas em água destilada estéril e submetidas ao experimento.

Teor de água

Uma amostra com 40 sementes foi utilizada na condução do teste, sendo estas divididas igualmente em quatro cápsulas de alumínio e submetidas a 105 °C em estufa no período de 24 horas (BRASIL, 2009).

Avaliação da viabilidade das sementes

Foi utilizado o teste de emergência em canteiro em casa de vegetação com irrigação por aspersão das sementes (testemunha), e utilizou quatro repetições de 25 sementes recém beneficiadas. Adotou-se como critério de germinação a emergência da primeira folha a 0,5 cm acima do solo.

Armazenamento

As sementes foram armazenadas em câmara fria a 5 °C em esquema fatorial 2 x 4 x 5, sendo dois tipos de embalagens: plástico (impermeável) e papel (semipermeável), quatro métodos de armazenamento: congelamento em freezer, pós secagem natural de 24 horas, sementes com adição de fungicida, sementes recém beneficiadas e cinco tempos de armazenamento (0, 10, 20, 30 e 40 dias). Os experimentos foram instalados em canteiro de casa de vegetação de acordo com o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Qualidade inicial das sementes

A espécie apresentou sementes oblongas com arilo laranja, sendo essa coloração também característica para *Sloanea brachytepala* e *Sloanea echinocarpa* (SAMBUICHI, 2009; BOEIRA, 2010; SAMPAIO, 2020). O teor de água encontrado para as sementes recém coletadas foi de 37,26% sendo característico para o gênero, encontrado em outras espécies como a *S. garckeana*, *S. guianensis* e *S. monosperma* (SAMBUICHI, 2009; SAMPAIO; SOUZA, 2014).

De modo geral, as sementes recalcitrantes tem germinação favorável com teores de água acima de 30% (BRASIL, 2009) e por apresentarem alto teor de umidade mostram sinais de perda de viabilidade com o dessecamento.

O valor médio obtido da massa de mil sementes de *S. obtusifolia* foi de 65,20 g que corrobora com o valor encontrado por Andrade et al. (2011) de uma média de 64,70 g para a espécie.

Por apresentarem recalcitrância e serem semeadas com teor de água alto, as sementes recém beneficiadas tiveram uma taxa de 61% de emergência de plântulas, de acordo com Calvi (2015) e as sementes iniciam a perda da viabilidade em um teor de água entre 58,8 e 47,1%, sendo esse nível variável entre espécies.

De modo geral sementes recalcitrantes tropicais possuem a sua longevidade prejudicada pouco tempo após serem armazenadas, mesmo não tendo sido dessecadas, possuindo alto teor de umidade (CALVI, 2015). Bewley et al. (2013) ressalva que a viabilidade está atrelada ao tempo, assim, existe uma redução do vigor no início do processo de deterioração da semente.

A variável índice de velocidade de emergência (IVE) foi influenciada pela secagem e pelo armazenamento das sementes, podendo observar que na avaliação do IVE das sementes recém beneficiadas apresentaram rápido desenvolvimento com valor de 2,51 e as demais sementes não apresentaram emergência de plântulas podendo ser justificada pela perda de viabilidade das sementes semeadas. Pode-se constatar que o vigor das sementes recém beneficiadas esteve alto, de acordo com rapidez em que germinaram (EICHOLZ, 2012).

Embalagens e armazenamento

Os dados referentes aos tratamentos aplicados nas sementes e embalagens de armazenamento mostram que nenhum dos métodos e embalagens utilizados foram eficazes para que ocorresse a emergência de plântulas. De acordo com Bewley (2013), o atraso ou a não ocorrência da germinação é o primeiro aspecto que caracteriza a deterioração das sementes. De acordo com Castro et al. (2017) as espécies possuem diferentes condições de armazenamento que se adequam a o seu comportamento fisiológico, deste modo, os

métodos e embalagens utilizados na presente pesquisa podem ser eficazes para outras sementes do gênero *Sloanea* (DAVIDE, 2003).

Para o método de congelamento, a literatura explica que sementes recalcitrantes não podem ser conservadas a temperaturas abaixo de zero (BARBEDO, 1998; KAUTH, 2014; CASTRO et al., 2017), deste modo a inviabilidade das sementes congeladas se explica por influência dos processos biológicos (EMBRAPA, 2009).

O emprego de fungicida em sementes recalcitrantes vem sendo empregado ao longo dos anos como método para controle de patógenos, devido ao elevado teor de água, fator observado em sementes armazenadas pós beneficiamento (BONOME, 2009), porém produtos químicos têm o potencial de tornarem-se tóxicos às sementes inviabilizando a emergência de plântulas (FRANÇOSO, 2012). Outro fator explicativo para a inviabilidade sugere que o hipoclorito de sódio possa ter sido metabolizado pela semente, resultando em um efeito fitotóxico as mesmas (BONOME, 2009; SANTOS, 2014).

As sementes recalcitrantes não conservam sua viabilidade quando o seu conteúdo de água é reduzido (OLIVEIRA, 2021; KOHOMA et al., 2006) deste modo a secagem natural da espécie, mesmo que branda, prejudicou a germinabilidade e a produção de plântulas normais, independentemente do tempo de armazenamento, não se mostrando uma metodologia aplicável.

CONCLUSÃO

As sementes de *Sloanea obtusifolia* apresentaram comportamento recalcitrante, comprometendo a viabilidade frente a redução do teor de água.

Sementes não armazenadas proporcionam maior emergência de plântulas e IVE caracterizando a dificuldade do armazenamento e conservação de *Sloanea obtusifolia* em maior prazo pós beneficiamento, estratégias devem ser levadas em consideração, como forma de garantir a permanência da espécie e de sua diversidade genética.

Sugere-se que a inviabilidade das sementes de *Sloanea obtusifolia* durante armazenamento ocorre em decorrência a outros fatores, como a presença de toxinas e processos biológicos, não somente pela condição de umidade.

Deste modo recomenda-se que outros estudos sejam realizados, empregando novos testes para tratamento das sementes e também diferentes condições de armazenamento, verificando a viabilidade destas.

REFERENCIAS

ANDRADE, Í. L. M. M.; VITAL, D. B.; MIELKE, M.S. **Biometria de sementes de cinco espécies arbóreas nativas do sul da Bahia**. 2011.

BARBEDO, C.J.; BILIA, D.A.C. **Evolution of research on recalcitrant seeds**. Science Agricola, Piracicaba, v.55, p.121-125, 1998

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. **Seeds – physiology of development, germination and dormancy**. Springer: New York, ed.3, 2013. 392p

BOEIRA, A. P. **O gênero *Sloanea L.* (Elaeocarpaceae) na Reserva Florestal Adolpho Ducke**. Dissertação (Mestrado)-NPA, Manaus, 2010

BONOME, L.T.S; et al. **Influência de tratamento fungicida e da temperatura sobre a qualidade fisiológica de sementes de seringueira durante o armazenamento**. Agrarian, v.2, n.5, p-112. 2009

BRASIL, Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Regra para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009

CALVI, G. P. **Armazenamento das sementes recalcitrantes de *Eugenia stipitata* MCVAUGH: Aspectos tecnológicos e fisiológicos**. Tese (Doutorado) – INPA, Manaus, 2015

CASTRO, M. L. L.; FELIZ, F. C.; MEDEIROS, J. A. D.; PACHECO, M. V.; PEREIRA, M. D. **Revisão: Sementes recalcitrantes**. II Congresso internacional das ciências agrárias. COINTER-PDVAgro, 2017

CNCFlora. ***Sloanea obtusifolia* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2** Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Sloanea obtusifolia](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Sloanea_obtusifolia)>. Acesso em 28 fevereiro 2022.

DAVIDE, A. C.; CARVALHO, L. R.; TONETTI, O. A. O. **Levantamento do grau de umidade de sementes de espécies florestais após beneficiamento**. Informativo ABRATES, V. 11, 2003.

EICHOLZ, M. D.; FONSECA, E. R.; HARTER, A.; EICHOLZ, E. D.; SILVA, S. D. dos A. **Qualidade física e fisiológica de sementes de tungue (*Aleurites Fordii* Hemsl.)**. Simpósio Estadual de Agro energia. Rio Grande do Sul. 2012

FRANÇOSO, C. F. **Tratamentos térmicos e osmóticos para controle de fungos associados a sementes de *Eugenia brasiliensis* e *Eugenia uniflora***. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2012

KAUTH, P.J.; BIBER, P.D. **Moisture content, temperature, and relative humidity influence seedstorage and subsequent survival and germination of *Vallisneria americana* seeds**. Aquatic Botany, v.120, p.297–303, 2014

KOHOMA, S.; MALUF, A. M.; BILIA, D. A. C.; BARBEDO, C. J. **Secagem e armazenamento de sementes de *Eugenia brasiliensis***. Lam (Grumixameira). Revista Brasileira de Sementes. 2006, v. 28, n. 1.

MAIA, T. A.; SAMPAIO, D. **Flora do Espírito Santo: *Sloanea* (Elaeocarpaceae)**. Rodriguésia. 2019, v. 70

MCGINTY, M.M. **Native forest tree conservation in tropical agroforests: case study of cacao farms in the Atlantic Forest of southern Bahia, Brazil**. Doutorado. Graduate School of Arts and Sciences, 2012.

Moscon, E. S. **Influência da secagem e do armazenamento na qualidade de sementes de quinoa.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2020, 117 p. Tese de Doutorado

OLIVEIRA, A. L. M. C.; GURGEL, E. S. C. Armazenamento de sementes recalcitrantes da Amazônia. **Revista multidisciplinar de educação e meio ambiente**, v. 2(3), 05. 2021

ROLIM, S. G., MENEZES, L.F.T. SRBEK-ARAUJO, A. C. **Floresta Atlântica de Tabuleiro: diversidade e endemismos na Reserva Natural Vale.** Ed. Rupestre, Belo Horizonte. 2016. 496p.

SAMBUICHI, R.H.R., SILVA, L.A.M., JESUS, M.F.C., and PAIXÃO, J.L. **Lista de árvores nativas do sul da Bahia.** In: SAMBUICHI, R.H.R., MIELKE, M.S., and PEREIRA, C.E., org. *Nossas árvores: conservação, uso e manejo de árvores nativas no sul da Bahia* [online]. Ilhéus, BA: Editus, 2009, pp. 171-157.

SAMPAIO, D. **Elaeocarpaceae in Flora do Brasil 2020.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2020. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB7447>>. Acesso em: 25 fev. 2022

SAMPAIO, D. & SOUZA, V. C. **Typification of some Species of *Sloanea* (Elaeocarpaceae).** *Phytotaxa*, 184 (3): 121–130, 2014.

SANTOS, J. C. S.; BONOME, L. T. S. **Conservação de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.** Submetidas a diferentes condições de armazenamento. Trabalho de conclusão de curso – Agronomia UFFS- Campus Laranjeiras do Sul- PR, 2014

TEIXEIRA, L. A. ***Sloanea* L. (Elaeocarpaceae Juss.) nos estados do Amapá e Pará – Brasil.** Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas - Botânica Tropical) – Universidade Federal Rural da Amazônia/Museu Paraense Emílio Goeldi, 2016.

GERMINAÇÃO DE SEMENTES, INDUÇÃO E ANÁLISE MORFO-HISTOLÓGICA DE CALOS DE *Myrciraria glomerata* (O. Berg) Amshoff

Data de aceite: 01/06/2022

Silvia Correa Santos

Universidade Federal da Grande Dourados,
Faculdade de Ciências Agrárias
Dourados, Mato Grosso do Sul

Fernanda Pinto

Universidade Federal da Grande Dourados,
Faculdade de Ciências Agrárias
Dourados, Mato Grosso do Sul

Rodrigo Kelson Silva Rezende

Universidade Federal da Grande Dourados,
Faculdade de Ciências Agrárias
Dourados, Mato Grosso do Sul

Cláudia Roberta Damiani

Universidade Federal da Grande Dourados,
Faculdade de Ciências Agrárias
Dourados, Mato Grosso do Sul

RESUMO: Popularmente conhecida como cabeludinha, a *Plinia glomerata* (O. Berg) Amshoff é uma espécie nativa e típica da região da Mata Atlântica. Como a planta ainda se encontra em fase de domesticação, estudos relacionados à propagação e à seleção de genótipos promissores para a propagação *in vitro* são necessários, pois o cultivo *in vitro* é uma importante ferramenta em programas de conservação de recursos genéticos e melhoramento genético. Objetivou-se realizar a germinação *in vitro* de sementes de *P. glomerata* utilizando diferentes concentrações de ácido giberélico, a organogênese *in vitro* de explantes foliares com diferentes concentrações

de BAP combinado com ANA e a análise histológica dos calos. Para germinação *in vitro*, foram realizados dois experimentos: 1) sementes foram primeiramente embebidas por 24 horas em água estéril antes da assepsia em hipoclorito de sódio e 2) sementes primeiramente foram desinfestadas e depois embebidas por 24 horas em água estéril. Utilizou-se o meio de cultura MS para a germinação *in vitro* com diferentes concentrações de GA₃: 1) tratamento controle, sem adição de regulador vegetal; T2) 0,5 mg L⁻¹ de GA₃; T3) 1,0 mg L⁻¹ de GA₃; T4) 2,0 mg L⁻¹ de GA₃; T5) 5,0 mg L⁻¹ de GA₃; T6) 10,0 mg L⁻¹ de GA₃. Para a organogênese foram utilizadas folhas de plântulas germinadas *in vitro*. Os explantes foram inoculadas em meio MS em seis tratamentos: 1) 0 mg L⁻¹ de BAP, 2) 0,1 mg L⁻¹ de BAP, 3) 0,25 mg L⁻¹ de BAP, 4) 0,5 mg L⁻¹ de BAP, 5) 1,0 mg L⁻¹ de BAP e 6) 2,0 mg L⁻¹ de BAP, todos combinados com 0,1 mg L⁻¹ de ANA. Para a análise histológica de calos foram utilizados calos cultivados em meio MS suplementados com 1,0 mg L⁻¹ de BAP e 0,1 mg L⁻¹ de ANA e fixados em FAA 50 por 48 horas e transferidos para álcool etílico 70% (v/v). As amostras foram seccionadas no sentido transversal na espessura de 5 μm com auxílio de um micrótomo de e coradas com azul de tuldina 0,05% em fosfato tampão 0,1 M (pH 6,8). Após 30 dias de cultivo *in vitro*, que nas sementes do experimento 1, houve a emissão da raiz primária e parte aérea. No entanto, não houve germinação em nenhum tratamento com GA₃ do experimento 2. Para porcentagem de germinação *in vitro*, observou-se um incremento na germinação proporcional ao aumento da concentração, variando entre

2,5% no tratamento controle e 85% na concentração de 10 mg L⁻¹ de GA₃, demonstrando que as sementes de *P. glomerata* necessitam de aplicação exógena desse regulador vegetal para otimizar a germinação *in vitro*. Na organogênese, quando se utilizou 1,0 mg L⁻¹ de BAP e 0,1 mg L⁻¹ de ANA (T5), 92% de explantes apresentaram calos. Nas análises histológicas, foi possível observar a formação indireta de raiz adventícia.

PALAVRAS-CHAVE: Cabeludinha, GA₃, rizogênese.

GERMINATION, INDUCTION AND MORPHO - HISTOLOGICAL ANALYSIS OF CALOS OF *Myrciaria glomerata* (O. Berg) Amshoff

ABSTRACT: Popularly known as cabeludinha, *P. glomerata* (O. Berg) Amshoff is a native and typical species of the Atlantic Forest region. Still in the domestication phase, some aspects of propagation and selection of promising genotypes for *in vitro* propagation are needed, and development of *in vitro* culture protocols is very important for genetic resources maintenance programs and for genetical enhancement. This study aimed perform the *in vitro* germination of seeds *P. glomerata* using different concentrations of gibberellic acid, *in vitro* organogenesis of leaf explants with different BAP concentrations combined with ANA and histological analysis of calluses. For *in vitro* germination, two experiments were conducted: 1) seeds were first embedded for 24 hours in sterile water prior to sodium hypochlorite asepsis and 2) seeds were first sterilized and then embedded for 24 hours in sterile water. It was used MS medium for germination *in vitro* with different concentrations of GA₃: 1) control treatment without addition of plant growth regulator; T2) 0.5 mg L⁻¹ GA₃; T3) 1.0 mg L⁻¹ GA₃; T4) 2.0 mg L⁻¹ GA₃; T5) 5.0 mg L⁻¹ GA₃; T6) 10.0 mg L⁻¹ GA₃. During organogenesis seedling leaves were germinated *in vitro*. The explants were inoculated in MS six treatments: 1) 0 mg L⁻¹ BAP, 2) 0.1 mg L⁻¹ BAP, 3) 0.25 mg L⁻¹ BAP, 4) 0.5 mg L⁻¹ BAP, 5) 1.0 mg L⁻¹ BAP and 6) 2.0 mg L⁻¹ BAP, all combined with 0.1 mg L⁻¹ NAA. After 30 days of *in vitro* culture, the seeds of the first experiment presented issue of primary root and shoot. However there was no germination in treatments with GA₃ at the second experiment. For the variable *in vitro* germination percentage was observed an increase in germination proportional to the increase in concentration ranging from 2.5% in the control treatment and 85% in the concentration 10 mg L⁻¹ GA₃, showing that *P. glomerata* seeds require exogenous application of growth regulator to the higher percentage germination occurs. During organogenesis, in the fifth treatment, 92% of explants presented callus. After histological analysis, we observed the indirect formation of adventitious root.

KEYWORDS: Cabeludinha, GA₃, rizogenesis.

1 | INTRODUÇÃO

Popularmente conhecida como cabeludinha ou jabuticaba amarela, a *Plinia glomerata* (Myrtaceae) é uma espécie nativa e típica da região da Mata Atlântica, ocorrendo naturalmente nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo (LORENZI, 2002). Essa espécie possui frutos com propriedades adstringentes e é utilizada na fabricação de geleias e refrescos, no entanto trata-se de uma espécie pouco conhecida pela população brasileira (SUGUINO et al., 2006). Os frutos possuem valores, superiores ao encontrado na mesma quantidade de suco de laranja (ANDERSEN e ANDERSEN, 1989). Também é muito

apreciada por pássaros e outros animais silvestres, como abelhas (SUGUINO et al., 2006).

Apresenta frutos arredondados que assumem coloração amarela no amadurecimento, podendo pesar até 4 g e possuir de uma a duas sementes grandes. A frutificação acontece de setembro a novembro, no entanto, pode apresentar variações dependendo da região de cultivo (ANDERSEN e ANDERSEN, 1989). As sementes devem ser colocadas para germinar logo após a colheita, pois perdem a viabilidade rapidamente (LORENZI et. al., 2002)

Apesar do aumento considerável de trabalhos com espécies nativas, muitas ainda carecem de informações básicas sobre a propagação, cultivo e a utilização comercial para os mais diversos fins (ARAUJO NETO et al., 2003; ALVES et al., 2004a), como é o caso da *P. glomerata*, com poucas informações sobre a propagação da espécie.

A germinação da semente é um passo crucial para a vida da planta, pois este processo de propagação possibilita a manutenção da diversidade genética das populações (ROJAS-ARÉCHIGA e VÁSQUEZ-YANES, 2000), permitindo a seleção de genótipos superiores que possam ser usados em programas de melhoramento para fins comerciais e também para a produção de mudas para reflorestamento de áreas degradadas.

Como técnica de propagação, a cultura de tecidos constitui-se como uma ferramenta viável para a obtenção de plantas sadias (ULISSES et al., 2010). A partir dela é possível propagar espécies que apresentem dificuldades na reprodução sexuada, produzir material vegetal em condições assépticas, uniformes e em larga escala, independente da época do ano (PINHAL et al., 2011). Além disso, o cultivo *in vitro* constitui-se como um importante método de conservação, por viabilizar a inclusão e manutenção de espécies em bancos de germoplasma *in vitro* (KELLER et al., 2013).

As giberelinas estão diretamente envolvidas no processo germinativo das sementes e melhoram o desempenho das plântulas, acelerando a velocidade de emergência e realçando o potencial das sementes de várias espécies. Como arcaça-rosa (*Psidium cattleianum*, PRUDENTE et al. 2014); guavira (*Campomanesia adamantium*, DÉO et al., 2014), beterraba (*Beta vulgaris*, BRAUM et al., 2010), ipê-branco (*Tabebuia róseo-alva*, ABBADE et al., 2010), araticum (*Annona classiflora*, RIBEIRO et al., 2009) e uvaia (*Eugenia uvalha*, SCALON et al., 2004).

Como há poucas informações sobre a espécie, relacionados a propagação e seleção de genótipos promissores para a propagação *in vitro* são necessários, além do desenvolvimento de protocolos de cultivo *in vitro*.

A regeneração de plantas *in vitro* é considerada complexa pois diversos fatores, tanto externos quanto internos, estão envolvidos, como, o genótipo, a fonte e as condições fisiológicas em que se encontra material vegetal, a associação de reguladores vegetais (principalmente o balanço auxinas e citocininas presentes no meio de cultivo), as características do meio de cultura empregado e as condições do ambiente (HUSSEIN e AQLAN, 2011; LIMA et al., 2012).

A cultura de tecidos pode contribuir para a obtenção de plantas com características agrônomicas desejáveis e a indução da organogênese ou embriogênese somática na presença ou na ausência de uma fase de calo têm a finalidade de regenerar plântulas a partir de células transformadas, após a introdução de genes de interesse (FIGUEIREDO et al., 2007).

Os processos de regeneração de plantas *in vitro* podem ser avaliados pela análise histológica e morfológica do material vegetal. Caracterizando-se a via de regeneração, podem-se também estabelecer melhores condições de cultivo, para a determinação de protocolos eficientes para a indução e obtenção de plantas. Secções histológicas seriadas, além de permitir a observação da formação de gemas adventícias ou de embriões somáticos, permitem caracterizar as modificações celulares (MONTERO-HARA, 2000).

No mesmo explante, há características divergentes relacionadas com as estruturas anatômica que influenciam na resposta aos tratamentos (RODRÍGUEZ, 2013). Entre os procedimentos que podem auxiliar o estudo anatômico dos processos celulares *in vitro*, ressalta-se o uso de corantes básicos, ácidos, e outros reagentes específicos para os grupos químicos presentes no tecidos e células como ligninas, sacarídeos, compostos lipídicos, dentre outros (CUTLER, 2011).

O entendimento do desenvolvimento dos primeiros eventos na desdiferenciação celular para a formação de calo ou de estruturas definidas tem sido alvo de pesquisas em várias espécies para o aprimoramento das técnicas de propagação *in vitro* (ALMEIDA et al., 2012). Os estudos anatômicos em Myrtaceae foram voltados principalmente para o reconhecimento de padrões taxonômicos e variações histológicas em função de fatores ambientais como incidência de luz, idade e poluição (GOMES et al., 2009).

Objetivou-se realizar a germinação *in vitro* de sementes de *P. glomerata* utilizando diferentes concentrações de ácido giberélico, a organogênese *in vitro* de explantes foliares com diferentes concentrações de BAP combinado com ANA e a análise histológica dos calos.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Biotecnologia Vegetal do Centro de Biotecnologia e Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar da Universidade Federal da Grande Dourados/UFGD.

Os frutos de *P. glomerata* foram colhidos na segunda quinzena do mês de outubro de 2015 (primeiro experimento) e na primeira quinzena do mês de novembro de 2015 (segundo experimento), no pomar, área de Fruticultura localizada na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) no Campus Cidade Universitária, Dourados/MS. Os frutos foram levados para o laboratório e despulpados manualmente em água corrente. Para a retirada da mucilagem que envolve a semente foi necessário a utilização de uma peneira, e

posteriormente as sementes foram secas com toalha de papel em ambiente de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$ e 60% UR).

O grau de umidade foi determinado em estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 h, (BRASIL, 2009), com três repetições contendo duas sementes cada e os resultados foram expressos em base úmida.

Foi utilizado o meio de cultura MS (MURASHIGE e SKOOG, 1962), solidificado com $0,6\text{ g L}^{-1}$ de ágar e suplementado com 30 g L^{-1} de sacarose. O pH foi ajustado para $5,8 \pm 0,1$ antes da esterilização em autoclave, à temperatura de 121°C e à pressão de $1,05\text{ kg cm}^{-2}$, durante 20 minutos. Em câmara de fluxo laminar, o meio foi distribuído em frascos de 250 mL e suplementados com diferentes concentrações de ácido giberélico, que constituíram os seguintes tratamentos:

T1) tratamento controle, sem adição de regulador vegetal,

T2) $0,5\text{ mg L}^{-1}$ de GA_3 ,

T3) $1,0\text{ mg L}^{-1}$ de GA_3 ,

T4) $2,0\text{ mg L}^{-1}$ de GA_3 ,

T5) $5,0\text{ mg L}^{-1}$ de GA_3 ,

T6) $10,0\text{ mg L}^{-1}$ de GA_3 .

Foram realizados dois experimentos, modificando o momento para realizar o procedimento de assepsia das sementes:

Experimento 1: as sementes foram primeiramente embebidas em água destilada e autoclavada por 24 horas antes da assepsia em hipoclorito de sódio.

Experimento 2: as sementes primeiramente passaram pelo processo de desinfestação e só então, ficaram 24 horas em embebição.

O processo de desintestação das sementes, independente do momento da embebição, foi realizado em câmara de fluxo laminar com todos os utensílios previamente autoclavados, como descrito anteriormente. As etapas do processo foram: 3 minutos em álcool etílico 70% (v/v) e 20 minutos em hipoclorito de sódio (2,5% de cloro ativo, (v/v)) acrescido de 3 gotas de detergente comercial. Depois desse procedimento, foram enxaguados três vezes em água destilada estéril para a retirada de traços dos agentes desinfestantes.

Após o procedimento de desinfestação superficial das sementes, estas foram inoculadas nos diferentes tratamentos descritos acima e permaneceram durante 7 dias no escuro, e então, o experimento foi mantido em sala de crescimento a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ de temperatura, sob fotoperíodo de 16 horas e irradiância de fótons de $45\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$, fornecido por lâmpadas fluorescentes brancas.

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado e cada tratamento foi constituído por 4 repetições de 5 frascos contendo uma semente cada, totalizando 20

frascos por tratamento.

As avaliações foram realizadas após 30 dias da instalação do experimento. As características analisadas foram: porcentagem de germinação, porcentagem de contaminação fúngica e bacteriana e porcentagem de sementes não responsivas aos tratamentos. Os dados foram submetidos à análise de variância e foram realizadas análise de regressão à 5% de probabilidade, utilizando-se o software SISVAR (FERREIRA, 2008).

Experimento 3: Efeito de diferentes reguladores sobre a organogênese *in vitro* em folhas de *Plinia glomerata*

Utilizou-se folhas de explantes de *P. glomerata* previamente estabelecidas *in vitro*. O experimento constou de seis tratamentos, os quais foram dispostos em diferentes concentrações de BAP (6-Benzilaminopurina) 0; 0,1; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 mg L⁻¹, todos combinados com 0,1 mg L⁻¹ de ANA (ácido naftaleno acético).

Cada tratamento foi constituído de quatro repetições, sendo cada repetição composta por 1 placa de Petri contendo 10 segmentos foliares com aproximadamente 1 cm². O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. As folhas utilizadas como explantes foram excisadas na altura da nervura central, na posição abaxial e inoculadas em meio MS (MURASHIGE e SKOOG, 1962), previamente preparado e autoclavado, acrescido de 30 g L⁻¹ de sacarose e 6 g L⁻¹ de ágar, pH 5,8 (ajustado antes a adição do ágar). O meio de cultura foi suplementado com os reguladores de crescimento de acordo com cada tratamento e, em câmara de fluxo laminar, o meio foi distribuído em placas de Petri.

Após a inoculação, as placas de Petri com os explantes foram vedados e mantidos no escuro por um período de 7 dias em sala de crescimento com temperatura de 25 ± 2°C e após este período foram mantidos sob luminosidade de 45 μmol m⁻² s⁻¹ e fotoperíodo de 16 horas.

As avaliações foram realizadas 30 dias após a inoculação e foram analisadas: porcentagem de explantes oxidados, porcentagem de explantes que formaram calo e número de brotações emitidas por explante. Os dados foram submetidos à análise de variância e foram realizadas análise de regressão à 5% de probabilidade, utilizando-se o software SISVAR (FERREIRA, 2011).

Experimento 4: Análise histológica de calos

Para a análise histológica de calos foram utilizados calos cultivados em meio MS suplementados com 1,0 mg L⁻¹ de BAP combinado com 0,1 mg L⁻¹ de ANA.

Os calos foram fixados em FAA 50 (JOHANSEN, 1940) por 48 horas e transferidos para álcool etílico 70% (v/v). O processamento das amostras foi realizado mediante a desidratação em série alcoólico-etílico e infiltrada em meta-acrilatoglicerol (historesina). As amostras foram seccionadas no sentido transversal na espessura de 5 μm com auxílio de um micrótomo de rotação e coradas com azul de tuldina 0,05% em fosfato tampão 0,1 M (pH 6,8) (O'BRIEN et al., 1964).

As lâminas permanentes foram montadas com resina sintética. As análises

microscópicas e registros fotomicrográficos foram realizados em microscópio óptico e com câmera digital fotográfica Canon PowerShot SX510HS.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de água das sementes de *P. glomerata* encontrava-se em torno de 45%, na ocasião da instalação do experimento.

Após 30 dias de cultivo *in vitro* foi verificado, que nas sementes do experimento 1, que primeiramente foram embebidas em água destilada estéril, apresentaram a emissão da raiz primária e parte aérea. No entanto, não houve germinação em nenhum tratamento com GA₃ do experimento 2, onde as sementes passaram primeiramente pela desinfestação antes do procedimento de embebição. Este fato pode indicar que os agentes desinfestantes, a concentração ou o tempo de exposição das sementes podem ter sido tóxicos para o embrião, e em consequência, levaram à morte. A natureza da substância descontaminante, concentração e o tempo de contato são variáveis de acordo com cada espécie vegetal e com o tipo de explante utilizado, sendo necessário o estabelecimento de protocolos de descontaminação para cada caso. Vale ressaltar que, nesta etapa, a maior dificuldade é obter um tecido descontaminado sem que ele morra com o tempo de exposição (JUNGHANS e SOUZA, 2009).

Uma série de eventos físicos, fisiológicos, bioquímicos e morfológicos ocorre no sentido de desenvolver o embrião em uma plântula (BORGHETTI, 2000; FERREIRA e BORGHETTI, 2004; MARCOS-FILHO, 2005). Para iniciar o processo de germinação, é necessário que haja umidade suficiente para ativar as reações de desenvolvimento do embrião. Durante esse processo, a semente passa por três fases de embebição, que se inicia pela entrada rápida de água (BEWLEY, 1997; NONOGAKI et al., 2010).

Durante o período de cultivo, não foi observado contaminação fúngica nem bacteriana, indicando que o tipo, a concentração e o tempo de exposição foram eficientes para a desinfestação superficial. No entanto, as medidas fitossanitárias adotadas para as sementes de *P. glomerata* devem ser realizadas após 24 horas de embebição das sementes em água destilada estéril, para que os produtos desinfetantes hajam sem influenciar no processo de germinação.

Durante a germinação *in vitro* de sementes de *P. glomerata* (Figura 1) observou-se que a adição de GA₃ no meio de cultura, promoveu um aumento linear no percentual de germinação quando comparado ao controle. Dentre as concentrações testadas de GA₃, destaca-se a concentração de 10 mg L⁻¹, pois nesta concentração verificou-se 85 % de germinação.

Esses resultados demonstram que as sementes de *P. glomerata* necessitam de aplicação exógena desse regulador vegetal para que ocorra maior porcentagem de germinação. Ressalta-se, que as sementes de *P. glomerata* possuem uma concentração

relativa de GA₃ baixa, mas quando tratadas com uma concentração adequada, apresentaram uma germinação maior e mais homogênea. Devido ao efeito estimulante do GA₃ no processo germinativo quando aplicadas em sementes com presença ou não de dormência.

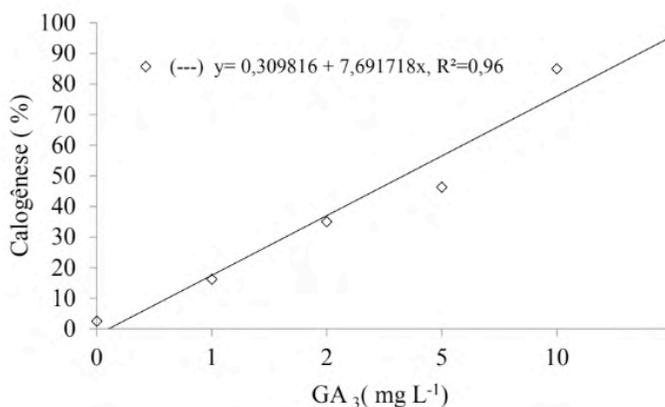


FIGURA 1. Porcentagem de germinação *in vitro* de *Plinia glomerata* utilizando diferentes concentrações de ácido giberélico (GA₃) aos 30 dias após a inoculação. Dourados – MS. UFGD, 2016.

O ácido giberélico possui efeito marcante no processo de germinação de sementes, ativando enzimas hidrolíticas que atuam ativamente no desdobramento das substâncias de reserva (SANTOS, et al., 2013). Enquanto para diversas espécies, as giberelinas aceleram a germinação e a emergência, para outras elas apresentam pequena resposta ou nenhum efeito (SOARES et al., 2009). Prudente et al. (2015) verificaram que a adição de 0,4 mg L⁻¹ de GA₃ no meio de cultura proporcionou quase 80% de germinação em sementes de araçazeiro (*Psidium cattleianum*). Déo et al. (2014) concluíram que 1mg L⁻¹ de GA₃ adicionada no meio de cultura promoveu 100% de germinação em sementes de guavira (*Campomanesia adamantium*). Braum et al. (2010) relatam que a maior porcentagem de germinação de sementes de beterraba (*Beta vulgaris*) foi obtida quando estas foram tratadas com 1,5 mg L⁻¹ de GA.

Para sementes de ingá (*Inga vera*), STEIN et al., 2007 e CALGAROTO et al., 2007), cagaita (*Eugenia dysenterica*, MANEDES et al., 2010), *Cattleya warnerii* (LEITE e HEBLING, 2011) e pinhão-manso (*Jatropha curcas*, VEDOVATO, 2011), relataram que não há necessidade de adicionar GA₃ na germinação *in vitro*.

O ácido giberélico pode agir simultaneamente em vários fatores de crescimento celular, tais como: extensibilidade da parede celular, na permeabilidade da membrana celular, na atividade enzimática, na variação do potencial osmótico e na mobilização de açúcares (GUARDIA e BENLLOCH, 1980; MÉTRAUX, 1987; WAGNER JUNIOR et al., 2012; TAIZ e ZAIGER, 2013). Além disso, é claro ao observar nas informações encontradas

na literatura que as sementes necessitam de uma quantidade mínima de fitohormônios e nutrientes para estimular sua germinação e desenvolvimento, que é possível graças à disponibilidade de suas reservas nutricionais. À medida que suas reservas vão se tornando ineficientes, as sementes começam a absorver alguns elementos do meio de cultura, se tornando indispensável para a continuidade do crescimento da plântula *in vitro*.

Durante o cultivo *in vitro*, as soluções de sais e açúcares que compõem os meios de cultura não exercem efeito puramente nutritivo, mas também influenciam o crescimento celular e a morfogênese por meio de propriedades osmóticas (GEORGE e DEBERGH, 2008). A presença de reguladores de crescimento no meio de cultura é também importante na regulação da germinação. Sabe-se, hoje, que as giberelinas são importantes nesse processo, pois estão envolvidas tanto na superação da dormência como no controle da hidrólise de reservas, da qual depende o embrião em crescimento.

Durante o cultivo *in vitro* de segmentos foliares de *P. glomerata* (Figura 2) observou-se efeito quadrático da adição de BAP e ANA no meio de cultura, uma função quadrática no percentual de calogênese. As maiores porcentagens de formação de calos foram obtidas quando os segmentos foliares foram cultivados na presença de 0,5 e 1,0 mg L⁻¹ de BAP combinado com 0,1 mg L⁻¹ ANA (67 e 92% respectivamente).

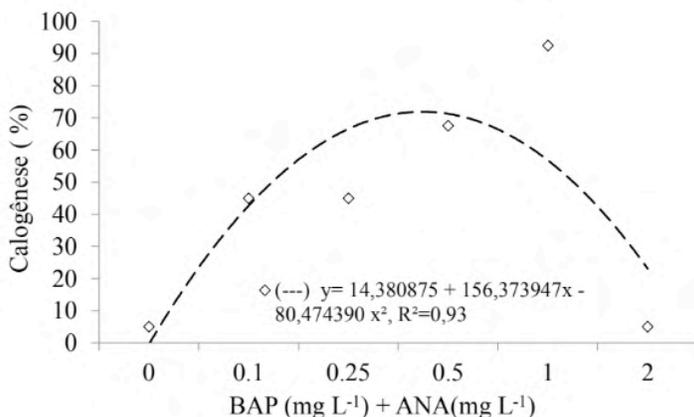


FIGURA 2. Porcentagem de calogênese *in vitro* de *Plinia glomerata* utilizando diferentes concentrações de 6-Benzilaminopurina (BAP) combinado com 0,1 mg L⁻¹ de ANA aos 30 dias após a inoculação. Dourados – MS. UFGD, 2016.

Os segmentos foliares de amendoim selvagem (*Arachis stenoperma*) cultivados em meio MS suplementado com ANA e BAP mostraram alta frequência de calogênese (100%), independente da concentração de BAP e de sua combinação com ANA (PACHECO et al., 2008). No tratamento controle, a porcentagem de formação de calos foi de apenas 5%, indicando que o suprimento exógeno de reguladores de crescimento ao meio de cultura é, em muitos casos, necessário para a calogênese (ROSA e DORNELAS, 2012; PÊGO et al.,

2013).

Em todos os tratamentos a coloração dos calos formados era amarelo-esverdeado, de consistência não friável e se restringiram apenas na região onde foi realizado o corte (Figura 3A). Esses resultados confirmam que a interação entre auxinas e citocininas é, as vezes, responsável pela alta indução de calos. Com relação à coloração dos calos a presença de porções esverdeadas nestes pode ser atribuída à exposição dos calos à luz constante, o que pode ter desencadeado a síntese de pigmentos de clorofila nas células de calos translúcidos (CORREDOIRA et al., 2002)

Foi observado rizogênese direta em dois explantes do tratamento T5, na mesma região onde houve formação de calos em outros explantes cultivados *in vitro* (Figura 3B). Lima et al. (2000) apontam que a diferenciação da parte aérea e radicular é controlada pelo balanço entre auxina e citocinina.

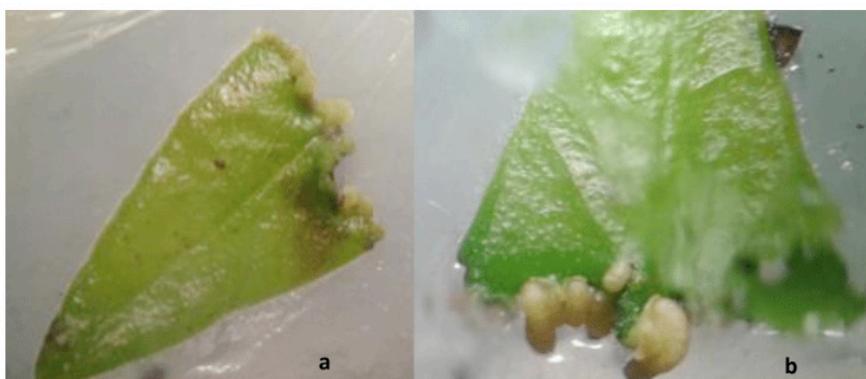


FIGURA 3. Explantes foliares de *Plinia glomerata* aos 30 dias de cultivo *in vitro* em meio MS suplementado com $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ de BAP combinado com $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ ANA. a) Explante com calo; b) Explante com raízes adventícias.

A teoria da totipotencialidade em plantas indica que é possível o estabelecimento de uma cultura de calo de praticamente qualquer planta e da maioria de suas partes, empregando um meio nutritivo simples, acrescido de auxinas e citocininas (GEORGE et al. 2013). As altas porcentagens de explantes formando calos sem regenerar gemas, quando cultivados em meio de cultura contendo BAP combinado com ANA, podem estar relacionadas ao fato de que o balanço hormonal adequado para que ocorra regeneração de brotos não foi alcançado.

Outros fatores que devem ser analisados estão relacionados a idade e genótipo do material utilizado. Apesar do material utilizado nos experimentos possuírem somente 30 dias de idade, este, provavelmente, já possuía crescimento secundário e conseqüentemente perderam o potencial morfogenético, pois a especialização celular reduz substancialmente a plasticidade e a capacidade de diferenciação celular, e em estágios mais maduros, existem

genes que são expressos em diferentes quantidades de proteínas quando comparadas aos tecidos juvenis (BASTO et al. 2012).

Existe evidência de que a atividade citocinínica diminui durante a maturação, que reduz a divisão celular e indução de genes (GARCIA et al., 2011). Em cedro (*Cedrela montana*) Basto et al. (2012) estudaram o potencial morfogênico avaliando explantes de duas idades e relataram que em material adulto não houve resposta organogênica mesmo quando os explantes foram cultivados na presença de ácido nafteleno acético (ANA), 6-benzilaminopurina (BAP), cinetina (CIN) ou thidiazuron (TDZ).

Outro aspecto a ser considerado é que calos podem conter células ou grupos de células que possuem centros ativos responsáveis pela divisão celular. Em condições adequadas (balanço correto entre citocinina e auxina) tais centros são induzidos e então são capazes de se diferenciarem em órgãos. As células que são capazes de responder a determinados estímulos são denominadas competentes; nelas podem ocorrer a diferenciação celular e a formação de brotos ou raízes (GEORGE et al. 2013). A competência é o primeiro passo para a diferenciação celular; o segundo é a indução da determinação em células competentes. As células são determinadas quando se submetem a um caminho particular de desenvolvimento geneticamente programado e continuam sem a influência de reguladores de crescimento (GEORGE et al. 2013).

A oxidação nos explantes apresentou um comportamento quadrático para os tratamentos utilizados. As maiores porcentagens de oxidação foram obtidas no tratamento controle e com a utilização de 2 mg L⁻¹ de BAP combinado com 0,1 mg L⁻¹ de ANA, atingindo 95% de explantes oxidados nos dois tratamentos realizados (Figura 4).

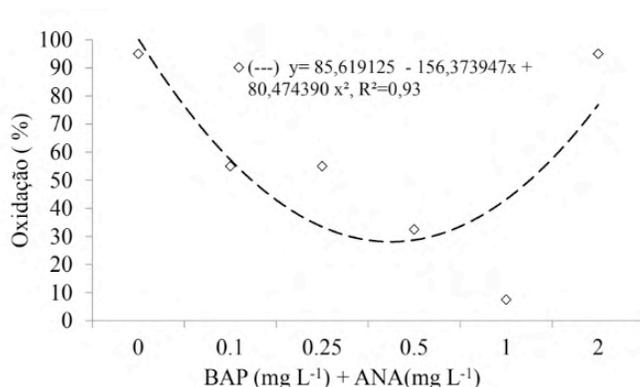


FIGURA 4. Porcentagem de oxidação *in vitro* de *Plinia glomerata* utilizando diferentes concentrações de 6-Benzilaminopurina (BAP) combinado com 0,1 mg L⁻¹ de ANA aos 30 dias após a inoculação. Dourados – MS. UFGD, 2016.

Além da definição da composição química do meio e da interação explante/regulador vegetal para o controle da organogênese *in vitro*, um outro desafio encontrado nas técnicas

de cultivo *in vitro* está no controle da oxidação. Segundo Paiva e Paiva (2001), a oxidação fenólica é altamente dependente do genótipo, da fase de desenvolvimento da planta e da estação do ano. Em épocas mais favoráveis ao crescimento, a concentração de polifenóis é menor e, conseqüentemente, a oxidação nos tecidos cultivados *in vitro* também é menor (PAIVA e PAIVA, 2001; RIBEIRO et al., 2013).

No cultivo *in vitro* o processo de oxidação pode ser desencadeado por injúrias causadas aos tecidos vegetais, como o corte dos explantes com bisturi (CID e TEIXEIRA, 2010) ou devido à utilização de agentes químicos na esterilização superficial. O tecido lesionado libera compostos fenólicos que em contato com as enzimas polifenoloxidasas oxidam os polifenóis formando as quinonas. As quinonas são substâncias altamente ativas e, posteriormente à sua produção, polimerizam e ou oxidam proteínas para formar compostos melânicos, os quais são responsáveis pelo escurecimento das partes excisadas dos explantes e do meio de cultura (GEORGE e SHERRINGTON, 1984).

O acúmulo de polifenóis e de produtos da oxidação modificam a composição do meio e a absorção de metabólitos (ANDRADE, 2000), inibindo o crescimento e podendo causar a morte dos explantes (SATO et al., 2001).

Análises histológicas

O material vegetal utilizado foi coletado de plantas de *P. glomerata* mantidas no pomar na área de Fruticultura localizada na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) no Campus Cidade Universitária. Para a realização dos cortes, utilizou-se a quarta folha do ramo.

As folhas de *P. glomerata* são simples, inteiras, curtamente pecioladas, peninérveas e de consistência coriácea. Possuem coloração verde-escura na face superior e verde-prateada na face inferior, medindo 10 cm de comprimento por 3 cm de largura, aproximadamente A filotaxia é oposta e as folhas são glabras na superfície adaxial e pilosas na superfície abaxial. A lâmina tem forma lanceolada com as margens lisas, o ápice é agudo e a base acunhada.

A epiderme, em secção transversal, é uniestratificada e o mesofilo é dorsiventral. As células epidérmicas na face adaxial são maiores quando comparadas à face abaxial. Internamente à face adaxial. Uma cutícula espessa está depositada sobre face adaxial na epiderme (Figura 5b).

No mesofilo, o parênquima paliçádico é constituído por 2-3 estratos de células retangulares e alongadas no eixo vertical, as quais se dispõem de forma organizada, formando fileiras abaixo da camada subepidérmica. O parênquima esponjoso é formado por 4-5 estrato de células arranjadas fracamente (Figura 5b). Feixes vasculares colaterais estão imersos no mesofilo e envolvidos por fibras esclerenquimáticas (Figura 5a). Também é possível observar a presença de canais secretores e a presença de grãos de amido (Figura 5b).

Nos dias seguintes à inoculação dos explantes, observou-se um inchaço nos explantes de todos os tratamentos realizados. Após 15 dias de cultivo *in vitro* foi possível observar a proliferação de células nas extremidades seccionadas dos explantes.

Após 30 dias de cultivo, ainda foi possível a observação de grãos de amido tanto em células isodiamétricas quanto nas alongadas (Figura 5C e 5D). O armazenamento de grãos de amido em embriões ou células adjacentes é um indicativo de competência embriogênica, pois os grãos de amido são produzidos anteriormente para sustentar e iniciar o desenvolvimento de embriões (MOURA, 2007; PÁDUA, 2012). Inocente (2007) verificou a presença de grãos de amido durante o desenvolvimento de embriões somáticos de goiaba-serrana (*Acca sellowiana*) Rossato (2015) também relata a presença de grão de amido em células de calos de guavira (*Campomanesia adamantium*) aos 28 dias de cultivo *in vitro*, no entanto, não observaram a presença dos mesmos nas células dos calos com idade superior a 42 dias de cultivo *in vitro*.

Os calos formados na presença de 1,0 mg L⁻¹ de BAP combinado com 0,1mg L⁻¹ ANA apresentaram coloração amarelo-esverdeado e textura não friável. Apesar de ser possível observar a presença de pequenos pontos verdes, provavelmente originadas da região meristemática, indicando que a organogênese possa ter iniciado, essas células não desenvolveram brotações adventícias. Foi observada a formação de raízes adventícias. Werner et al. (2009) também observou em calos de pau-brasil (*Caesalpinia echinata*) o crescimento de células com colorações esverdeadas antes da formação de brotações adventícias.

A calogênese foi evidenciada por meio das análises das secções transversais dos calos. Em explantes cultivados na presença de 1,0 mg L⁻¹ de BAP combinado com 0,1mg L⁻¹ ANA é possível observar as mudanças nas estruturas internas dos explantes (Figura 5C) e a intensa proliferação celular rompeu a epiderme, evidenciando a rizogênese indireta. Resultados semelhantes da origem adventícia de órgãos formados por calos desenvolvidos a partir do mesofilo foi descrito por Dibax et al. (2010) e Alves et al (2004b) em explantes foliares de híbridos de *Eucalyptus*, no entanto, os autores relatam que houve a formação de brotações adventícias após 35 dias de cultivo *in vitro*.

O entendimento do local exato onde começam a ocorrer a formação de calos é importante para a cultura de tecidos, e a análise histológica dos calos pode evidenciar a local exato da origem da indução de brotos ou raízes adventícias.

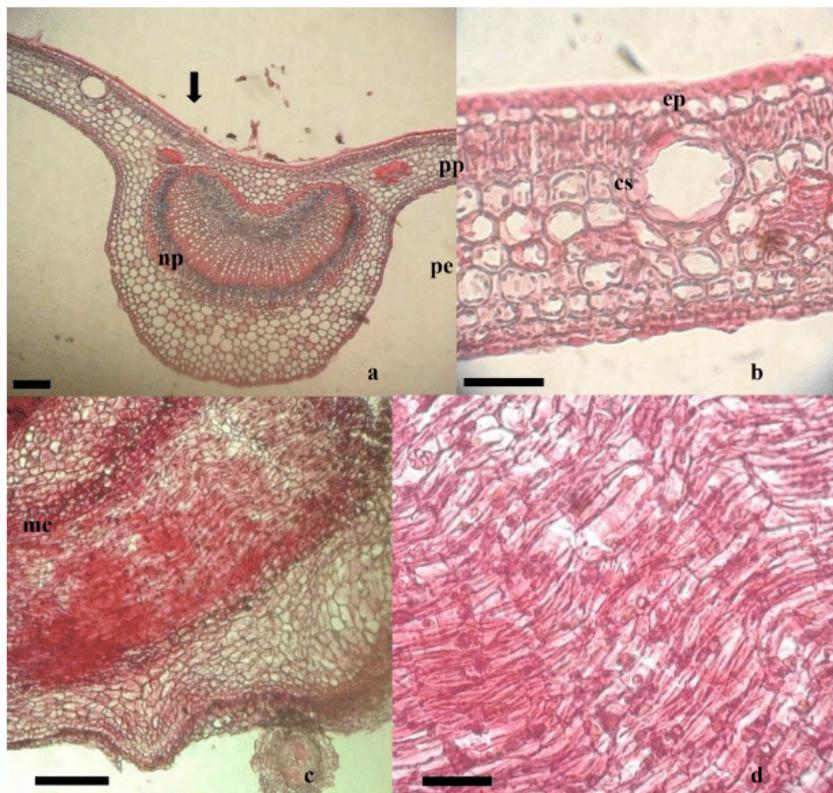


FIGURA 5. Seções transversais de folhas de *Plinia glomerata* **a**) detalhe na nervura principal, seta apontando tricoma tector. **b**) Detalhes do limbo. **c**) dos calos cultivados *in vitro* na presença de 1,0 mg L⁻¹ de BAP combinado com 0,1mg L⁻¹ **d**) detalhe da medula do nódulo. Legendas: **cs**: cavidade secretora; **ep**: epiderme; **pp**: parênquima paliçádico; **pe**: parênquima esponjoso; **cc**: córtex do calo; **mc**: medula do calo; **np**: nervura principal da folha. Barra de escala: 1 μ m (4), 5 μ m (2,3), 20 μ m (1),

4 | CONCLUSÃO

- O procedimento de assepsia deve ser realizado somente após as sementes serem embebidas em água destilada estéril,
- A maior porcentagem de germinação ocorreu na presença de ácido giberélico,
- É possível a formação de calos em explantes foliares, no entanto não houve a formação de brotações adventícias.

REFERÊNCIAS

ABBADE, L.C.; PAIVA, P.D.de O.; PAIVA, R. Germinação de sementes de ipê-branco em diferentes substratos e meios de cultura. **Magistra**, v.22, n.3,4, p.162-167, 2010.

ANDERSEN, O.; ANDERSEN, V.U. **As frutas silvestres brasileiras**. 3ed. São Paulo: Globo, 1989, 203p.

ANDRADE, M.W.; LUZ, J.M.Q.; LACERDA, A.S. et al. Micropropagação de aroeira (*Myracrodrum surundeuva* Fr. Allemao). **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, n.1, p.174- 180,2000.

ALMEIDA, M. de; ALMEIDA, C.V.; GRANER, C.M.; BRONDANI, G.E.; ABREU-TARAZI, M.F.de. Pre-procambial cells are niches for pluripotent and totipotent stem-like cells for organogenesis and somatic embryogenesis in the peach palm: a histological study. **Plant Cell Reports**, n.31, v.8, p.1495-1515, 2012.

ALVES, A.U.; DORNELAS, C.S.M.; BRUNO, R.L.A.; ANDRADE, L.A.; ALVES, E.U. Superação da dormência em sementes de *Bauhinia divaricata* L. **Acta botânica brasileira**, v.18, n.4, p.871-879, 2004a.

ALVES, E. C. S. C.; XAVIER, A.; OTONI, W. C. Organogênese de explante foliar de clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Pesquisa Agropecuária**. V.39, 421-430, 2004b.

ARAÚJO NETO, J.C.; AGUIAR, I.B.; FERREIRA, V.M. Efeito da temperatura e da luz na germinação de sementes de *Acacia polyphylla* DC. **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, n.2, p.249-256. 2003.

BASTO, S.; SERRANO, C.; JARAMILLO, E. H. Effects of donor plant age and explant on *in vitro* culture of *Cedrela montana* Moritz ex Turcz. **Universitas Scientiarum**, v. 17, n. 3, p. 263-271, 2012.

BEWLEY, J.D. Seed germination and Dormancy. **The Plant Cell**, V. 9, 1055-1 066, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análises de sementes**. Brasília: SNDA/ DNDV/CLAV, 2009. 399 p.

BRAUM, H.; LOPES, J.C.; SOUZA, L.T.de; SCHMILDT, E.R.; CAVATTE, R.P.Q.; CAVATE, P.C. Germinação *in vitro* de sementes de beterraba tratadas com ácido giberélico em diferentes concentrações no meio de cultura. **Semina**, v.31, n.3, p.539-543, 2010.

BORGHETTI, F. Ecofisiologia da germinação das sementes. **Revista Universa**, v, 8, n.1, 149-180, 2000.

BORGHETTI, F.; FERREIRA, A.G. 2004. Interpretação de resultados de germinação. In: FERREIRA, A.G. & BORGHETTI, F. (Orgs.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, p. 209-222, 2004.

CALGAROTO N. S.; TATSCH, R.; DA SILVA, A. C. F.; PARANHOS, J. T. Germinação *in vitro* de Sementes de *Scutia buxifolia* Reissek. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 357-359, 2007.

CID, L.P.B.; TEIXEIRA, J.B. Oxidação fenólica, vitrificação e variação somaclonal. In: CID, L.P.B. (Ed.) **Cultivo *in vitro* de plantas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 303p.

CUTLER, D. F.; BOTHA, T.; STEVENSON, D. W. **Anatomia vegetal - uma abordagem aplicada**. Porto Alegre: Artmed, 2011. 304p.

DEO, T. G.; GOELZER, A. ; SILVA, L. D. ; DAMIANI, C. R. . Germinação e multiplicação *in vitro* de *Campomanesia adamantium*. In: ENEPEX UFGD - Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2014, Dourados. ENEPEX 2014, 2014. p. 01-14.

DIBAX, R.; QUINSEN, R.C.; BONA, C.; QUOIRIN, M. Plant regeneration from cotyledonary explants of *Eucaliptus camaldulensis* Dehndand histological study of organogenesis *in vitro*. **Brasilian Archives of Biological and Technology**, v.35, n.2, p.311-318, 2010.

CALGAROTO N. S.; TATSCH, R.; DA SILVA, A. C. F.; PARANHOS, J. T. Germinação *in vitro* de Sementes de *Scutia buxifolia* Reissek **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 357-359, 2007.

CORREDOIRA, E.; VALLADARES, S.; VIEITEZ, A.M. Morphohistological analysis of the origin and development of somatic embryos from leaves of mature *Quercus robur*. **In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant**, v. 42, n. 6, p. 525 - 533, 2006.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323 p.

FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FIGUEIREDO, G.S.F.; NUNES, A. C. G.; MENDES, R. A.; CARDOSO, L. D.. Germinação de sementes de *Ananas ananassoides* (Baker L. B. Sm.) (Bromeliaceae) *in vitro*. In: ENCONTRO DO TALENTO ESTUDANTIL DA EMBRAPA RECURSOS GENÉTICOS E BIOTECNOLOGIA, 8., 2003, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2003. 165p. p.91.

GARCÍA, E.; LORENTE, P.; MARÍN, J.A.; ANDREU, P.; ARBELLOA, A. Factores que afectan a la necrosis apical de brotes de *Pistacia vera* l. cultivados *in vitro*. **Información Técnica Económica Agraria**, v. 107, n.4, p. 315-323, 2011.

GUARDIA, M.D.; BENLLOCH, M. Effects os potassium and gibberellic acid on stem growth of whole sunflower plants. **Physiologia Plantarum**, v.49, p.443- 448, 1980.

GEORGE, E.F.; DEBERGH, P.C. Micropropagation: use and methods. p. 29-64. In: George, E.F.; Hall, M.A.; De Klerk, G.J., eds. **Plant propagation by tissue culture**. 3ed. Springer, Dordrecht, The Netherlands.

GEORGE, E. F.; HALL, M. A.; KLERK, G.J. de. **Plant propagation by tissue culture**, v.1 The Background, 3rd edition. Springer, Dordrecht, 2013.

GEORGE, E.F.; SHERRINGTON, P.D. **Plant propagation by tissue culture**. Hants: Exegetics Limited, 1984.709p.

GOELZER, A.; DEO, T. G.; SILVA, L. D. ; DAMIANI, C. R. . Tipo de explante, concentração de TDZ e efeito de diferentes reguladores de crescimento na organogênese *in vitro* de *Campomanesia adamantium*. In: ENEPEX UFGD - Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2014, Dourados. ENEPEX 2014, 2014. p. 01-13.

HUSSEIN, E.A.; AQLAN, E.M. Regeneration of *Solanum villosum* Mill., via direct organogenesis *in vitro*: A novel study. **International Journal of Botany**, v. 7, ed. 2, p. 177- 182, 2011.

INOCENTE, G. C. C. **Caracterização morfofisiológica, bioquímica e proteômica da embriogênese zigótica e somática de goiabeira serrana (*Acca sellowiana* (O. Berg.) Burret.)**. 276 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

JOHANSEN, D. A. **Plant Microtechnique**. New York, Mc Graw-Hill Book Co. Inc., 523 p.

JUNGHANS, T. G. e SOUZA, A. S. (Org.). **Aspectos Práticos da Micropropagação de Plantas**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. 385 p

KELLER, E. R. J.; ZANKE, C.D.; SENULA, A.; BREUING, A.; HARDEWEG, B.; WINKELMANN, T. Comparing costs for different conservation strategies of garlic (*Allium sativum* L.) germplasm in genebanks. *Genetic Resources and Crop Evolution*, Dordrecht, v. 60, n. 3, p. 913-926, Mar. 2013.

LEITE, V.C.A.; HEBLING, S.A. Efeito do ácido giberélico (GA₃) e da luz na germinação *in vitro* de sementes de *Cattleya warnerii* T. Moore. **Natureza Online**, v.5, p.55-62, 2010.

LIMA, C.O. de C.; MARCHI, M.N.G.; LIMA-BRITO, A.; CARNEIRO, C.E.; BELLINTANI, M.C.; SANTANA, J.R.F. de. Organogênese direta de *Orthophytum mucugense*. **Ciência Rural**, v. 42, n. 2, p. 249-254, 2012.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e cultivos de plantas arbóreas do Brasil**. 2ª Ed. São Paulo: Nova Odessa. 2002.

MAMEDES, T.C.; RODRIGUES, P.S.; PEIXOTO, N. Germinação de sementes de *Eugenia dysenterica* Mart (ex Dc.) em função de diferentes concentrações de ácido giberélico. **Anais... Anais do VIII Seminário de Iniciação Científica e V Jornada de Pesquisa e Pós-Graduação**. Universidade Federal de Goiás. Goiania, 2010.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.

MÉTRAUX, J.P. Gibberellins and plant cell elongation. In: DAVIES, P.J. (Ed.) **Plant hormones and their role in plant growth and development**. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers. 1987. p.296-317.

MONTEIRO-HATA, A.C.B.A. de. **Cultivo *in vitro* de três espécies do gênero *Passiflora***. 82f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2000.

MOURA, E. F.; VENTRELLA, M. C.; MOTOIKE, S. Y.; SÁ JÚNIOR, A. Q.; CARVALHO, M.; MANFIO, C. E. Histological study of somatic embryogenesis induction on zygotic embryos of macaw palm (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Martius). **Plant Cell Tissue Organ Culture**, v. 95, p. 175-184, 2008.

MOSHKOV, I. E.; NOVIKOVA, G.V.; HALL, M.A.; GEORGE, E.F. 2008. Plant growth regulators. III. Gibberellins, ethylene, abscisic acid, their analogues and inhibitors: miscellaneous compounds. p. 227-282. In: George, E.F.; Hall, M.A.; De Klerk, G.J., eds. **Plant propagation by tissue culture**. 3ed. Springer, Dordrecht, The Netherlands.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, v. 15, p. 473-497, 1962.

NONOGAKI, H.; BASSEL, G. W.; AND BEWLEY, J. D. Germination still a mystery. **Plant Science**, v.179, n.1, p.574-581, 2010.

O'BRIEN, T.P.; FEDER, N.; MCCULLY, M.E. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue. **Protoplasma**, v.59, n. 2, p. 368-373, 1964.

PACHECO, G.; GAGLIARDI, R. F.; CARNEIRO, L.A.; VALLS, J.F.M.; MANSUR, E. Plant regeneration in *Arachis stenosperma* Krapov. and W.C. Gregory from roots and calluses derived from leaflets of in vitro plants. **In vitro Cell Dev Biol Plant**, v. 44, n.1, p.14–17, 2008.

PÁDUA, M. S.; PAIVA, L. V.; LABORY, C. R. G.; ALVEZ, E.; STEIN, V. C. Induction and characterization of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) pro-embryogenic masses. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 85, n. 4, p. 1545-1556, 2013.

PAIVA, R.; PAIVA, P. D. O. **Cultura de tecidos** – Textos acadêmicos. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001.

PÊGO, R.G.; PAIVA, P.D de O.; PAIVA, R. Micropropagation of *Syngonanthus elegantulus*. **Ciência e Agrotecnologia**, v.37, n.1, p.32- 39, 2013.

PINHAL, H. F.; ANASTÁCIO, M.R.; CARNEIRO, P. A. P.; SILVA, V. J. da; MORAIS, T.P. de; LUZ, J.M.Queiroz. Aplicações da cultura de tecidos vegetais em frutíferas do Cerrado. **Ciência Rural**, v.41, n.7, p. 1136-1142, 2011.

PRUDENTE, D. O.; PAIVA, R.; FARIA, C. V. N. ; SILVA, L. C. ; NERY, F. C. . Germinação in vitro de sementes de araçazeiro (*Psidium cattleianum* Sabine). **Anais...In: Congresso de Pós-Graduação da UFLA, 2015, Lavras. Congresso de Pós-Graduação da UFLA, 2015.**

REZENDE, R.K.S.; PAIVA, L.V.; PAIVA, R.; CHALFUN JÚNIOR, A.; TORGA, P.P.; CASTRO, E.M. de. Organogênese em capítulos florais e avaliação de características anatômicas da folha de *Gerbera jamesonii* Adlam. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n.3, p.821-827,2008

RIBEIRO, M. de N.O.; PASQUAL, M.; VILLA, F.; PIO, L.A.S.; HILHORST, H.W.M. *In vitro* germination and seedling development of *Annona crassiflora*. **Scientia Agricola**, v.66, n.3, p.410-413, 2009.

RODRÍGUEZ, E.A.G. **Contribuições à propagação de araçazeiro (*Psidium catleianum* Sab) e grumixameira (*Eugenia brasiliensis* Lam)**. Dissertação. 161f. (Mestrado em Fitotecnia – ênfase em Horticultura) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

ROSA, Y.B.C.J.; DORNELAS, M.C. *In vitro* plant regeneration and *de novo* differentiation of secretory trichomes in *Passiflora foetida* L. (Passifloraceae). **Plant Cell Tissue Organ Cult**, v.108, p.91–99, 2012.

ROSSATO, M. **Propagação *in vitro* e aspectos anatômicos e ultra estruturais da calogênese em *Campomanesia adamantium***. Dissertação. 64f. (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal). Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí. Jataí, 2015.

SANTOS, B. R. PAIVA, R., NOGUEIRA, R.C; OLIVEIRA, L.M. de; SILVA, D.P.C. da; MARTINOTTO, C.; SOARES, F.P.; PAIVA, P.D. de O. Micropropagação de pequizeiro (*Caryocar brasiliense* CAMB.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Pelotas, v. 28, p. 293-296, 2006.

SANTOS, C. A. C.; VIEIRA, E.L.; PEIXOTO, C.P.; LEDO, C.A. da S. Seed germination and seedling vigor of passion fruit submitted to the action of gibberellic acid. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 2, 2013.

SATO, A.Y.; DIAS, H.C.T.; ANDRADE, L.A. Micropropagação de *Celtis* sp.: controle da contaminação e oxidação. **Cerne**, v.7, n.2, p.117-123, 2001.

SCALON, S. P.Q.; SCALON FILHO, H.; RIGONI, M.R. Armazenamento e germinação de sementes de uvaia (*Eugenia uvalha*) Cambess. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.6, p.1228-1234, 2004.

SILVA, C. V.; BILIA, D. A. C.; BARBEDO, C. J. Fracionamento e germinação de sementes de Eugenia. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 27, n. 1, p. 86-92, 2005.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. **Principal components analysis in the software Assistat-Statistical Attendance**. In: World congress on the computers in agriculture, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

STEIN, V. C.; PAIVA, R.; SOARES, F. P.; NOGUEIRA, R. C.; SILVA, L. C.; EMRICH, E. Germinação *in vitro* e *ex vitro* de *Inga vera* Willd. subsp. *affinis* (DC.) T. D. Penn. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1702-1708, 2007.

SOARES, F.P.; PAIVA, R.; ALVARENGA, A.A. de; NOGUEIRA, R.C.; EMRICH, E.B.; MARTINOTTO, C. Organogênese direta em explantes caulinares de mangabeira (*Harconia speciosa* Gomes). **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.4, p.1048-1057, 2009.

SUGUINO, E.; HEIFFIG, L.S.; SAAVEDRA del AGUILA; MINAKI, K. **Mirtáceas com frutos comestíveis do estado de São Paulo**: conhecendo algumas plantas. Piracicaba: ESALQ, Divisão de Bibliotecas e Documentação, 2006, 56p (Série Produtor Rural, 31).

ROJAS-ARÉCHIGA, M.; CASAS, A.; VÁZQUEZ-YANES, C. Seed germination of wild and cultivated *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) from the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Central México. *Journal of Arid Environments*, v. 49, p. 279-287, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2013. 954p.

ULISSES, C.; WILLADINO, L.; ALBUQUERQUE, C.C.; CÂMARA, T.R. Clonagem Vegetal. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, vol. 7, p.86-91, 2010.

VEDOVATTO, N.P.F. **Otimização de protocolos de germinação *in vitro* de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. 62P. Dissertação (Mestrado em Agronomia Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2011

WAGNER JÚNIOR, A.; SANTOS, C.E.M. dos; COSTA e SILVA, J.O.; PIMENTEL, L.D.; BRUCKNER, C.H. Influência do substrato e do ácido giberélico no desenvolvimento inicial do pessegueiro PROGENISE 290. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.18, n.1-4, p.11-20, 2012.

WERNER, E.T.; CUZZUOL, G.R.F.; PESSOTTI, K.V.; LOPES, F.P.; RPGER, J. de A. Controle da calogênese do Pau-Brasil *in vitro*. **Revista Árvore**, n.6, p.987-996, 2009.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA FIBRA DO ALGODOEIRO IRRIGADO SOB ESTRESSE HÍDRICO

Data de aceite: 01/06/2022

João Henrique Zonta

DSc. em Eng. Agrícola: Recursos Hídricos,
Embrapa Algodão, Departamento de Pesquisa
& Desenvolvimento
Campina Grande, PB, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8002529919721553>

Ziany Neiva Brandão

DSc. em SR: Sistema Água-Solo-Planta-
Atmosfera, Embrapa Algodão, Departamento
de Pesquisa & Desenvolvimento
Campina Grande, PB, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6320833014536417>

Josiane Isabela Silva Rodrigues

PhD. em Genética e Melhoramento Vegetal,
Universidade Federal da Paraíba
Areia, PB, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8746707382372527>

Heder Braun

DSc. em Fitotecnia: Produção Vegetal.
Universidade Estadual do Maranhão, Campus
São Luís, MA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8402024219754349>

Valdinei Sofiatti

DSc. em Fitotecnia: Produção Vegetal.
Embrapa Algodão, Departamento de Pesquisa
& Desenvolvimento
Campina Grande, PB, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6494978105606410>

RESUMO: A coleta de capulhos para análise da qualidade da fibra no Brasil é realizada, em

geral, considerando-se o terço médio da planta, uma vez que os capulhos estão relativamente novos e ainda não possuem demasiada sujeira. Essa forma de coleta, além de requerer mão de obra, pode mascarar os resultados obtidos em ensaios experimentais, devido especialmente a erros humanos (ou tendência) e ao fato de, em se tratando de ensaios onde aplicam-se estresses abióticos nas plantas, como o estresse hídrico, o impacto dos tratamentos pode ser mais relevante em capulhos da parte inferior ou superior das plantas. Sendo assim, a diferenciação em tratamentos não pode ser adequadamente identificada com coletas de amostra padrão, onde são coletados somente capulhos do terço médio da planta. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência do modelo de amostragem, usando dois modelos de amostragem, ou seja, padrão e aleatória, na análise das características tecnológicas das fibras do algodoeiro, em ensaios irrigados e com estresse hídrico em diferentes fases do ciclo de cultivo. Os resultados apresentados evidenciam que as análises realizadas a partir de capulhos coletados através de amostra padrão (no terço médio das plantas) tendem a superestimar os valores dos parâmetros de qualidade das fibras, diferenciando-se dos resultados obtidos com a amostragem aleatória que é representativa da parcela, possibilitando a diferenciação dos resultados entre os tratamentos com vários níveis de estresse hídrico

PALAVRAS-CHAVE: Déficit hídrico, método de amostragem aleatória, HVI, amostragem padrão, posição de capulhos.

ASSESSMENT OF FIBER QUALITY TO IRRIGATED COTTON UNDER WATER STRESS

ABSTRACT: The cotton fiber sampling to determine fiber quality in Brazil is carried out considering the middle third of the plants, since the open bolls are relatively new and still without dirt. Although being a conventional model to obtain the cotton fiber samples, this can mask the final results in experimental tests, specially due to human errors or tendency, and the fact that, in case of abiotic stresses be applied to plants, such as water stress, the influence of treatments may be more relevant in bolls from the lower or upper parts of the plants. So, the treatment differences cannot be properly identified with these standard sample collection, where bolls are acquired only in the middle part of the cotton plants. Therefore, the goal of this was to evaluate the influence of the sampling method (standard or random) in the analysis of the cotton fiber characteristics, in irrigated experiments with and without water stress at different stages of the crop cycle. The results presented show that the analyses carried out from bolls collected through standard sample model (in the middle third of the cotton plants) tend to overestimate the values of the fiber quality parameters, differing from the results obtained with random sampling model, that is more representative of the plot, enabling the differentiation of results between treatments with assorted levels of water stress.

KEYWORDS: Water deficit, random sampling method, HVI, standard sample, boll position.

1 | INTRODUÇÃO

O retorno econômico obtido com a cultura do algodão depende tanto da produtividade como da qualidade da fibra, que por sua vez depende da interação de diversos fatores, como manejo, ambiente e genética da planta. Alguns autores afirmam que apesar de serem condicionadas por fatores hereditários, as características tecnológicas da fibra do algodão sofrem decisiva influência dos fatores ambientais e dependem das condições de cultivo (ZONTA et al., 2017; BELTRÃO e AZEVÊDO, 2008). A seleção de cultivares em programas de melhoramento de plantas é outra importante atividade na qual a avaliação desses parâmetros é de fundamental importância. A produtividade de fibras é facilmente quantificada, porém a qualidade da fibra é um parâmetro mais complexo (BRADOW *et al.*, 1997).

As medidas de qualidade da fibra são mais complicadas pois o algodoeiro sofre a influência das variações naturais e ambientais, tanto em sementes como em fibras, alterando características físicas da fibra e sua maturidade. Assim, são necessários que os resultados de pesquisa sejam confiáveis, mesmo com diferentes condições ambientais presentes, e uniformização do modelo da amostra coletada para análise das características da fibra do algodoeiro considerando as condições reais do cultivo (BRADOW *et al.*, 1997).

Atualmente no Brasil os ensaios de pesquisa são conduzidos utilizando a colheita da amostra “padrão” de cada parcela, que nem sempre é totalmente representativa da colheita geral da parcela ou do talhão.

A amostra padrão consiste na colheita de 20 capulhos do terço médio das plantas,

o que pode mascarar resultados de pesquisa, pois segundo Belot e Dutra (2015) e Kelly *et al.* (2015), existe um grande diferencial, em algumas características como o micronaire, maturidade e percentual de fibras entre os capulhos do ponteiro, do terço médio e do baixeiro das plantas. Assim, segundo os autores, é possível que as metodologias utilizadas em pesquisa, trabalhando-se sobre amostras padrão, colhidas em certas posições da planta, seja no terço médio ou no ponteiro, não permitam que se avalie com segurança a qualidade da fibra produzida em um talhão. Dessa forma, essa metodologia pode gerar estimativas errôneas dos parâmetros de rendimento de fibra ou das características de qualidade das mesmas (BELOT e DUTRA, 2015).

Quando considerados os estresses abióticos, como o estresse hídrico por exemplo, esse problema pode ser ainda mais agravado, visto que este pode ocorrer em diferentes fases do ciclo da cultura, o que pode afetar a qualidade da fibra de acordo com as posições frutíferas nas quais os frutos estavam sendo formados no momento do estresse. Assim, o ideal a ser considerado deve ser uma coleta de amostras que representem todos os pontos de frutificação da planta, e não somente os do terço médio.

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar a influência do modo de amostragem nos resultados das análises das características intrínsecas de qualidade da fibra do algodoeiro, testando em oito diferentes cultivares, sob regime de irrigação, submetidas à estresse hídrico em diferentes fases fenológicas, na região Semiárida do Brasil.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de junho a novembro de 2015, na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), localizada no município de Apodi, RN, (Figura 1), cujas coordenadas geográficas centrais são 5° 39' 50,4" S e 37° 47' 56,4" O, com altitude variando entre 128 e 132 m.



Figura 1. Localização do Município de Apodi, RN, com coordenadas geográficas 05°39'50,4" de latitude sul e 37°47'56,4" de longitude oeste e áreas de zoneamento para a cultura do algodão no RN.

O clima da região é caracterizado como tropical quente e semiárido, com predominância do tipo BSw'h', segundo classificação climática de Köppen, com a estação chuvosa iniciando no outono. O solo da área experimental foi classificado como Cambissolo eutrófico (SANTOS et al., 2006), de textura argilo-arenosa, com 49% de areia, 45% de argila e 6% de silte. As adubações foram realizadas de acordo com as recomendações técnicas para a cultura, baseadas na análise da fertilidade do solo (Tabela 1).

pH	MO	P	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H + Al	CTC	SB
água	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)(cmol _c dm ⁻³).....						
6,20	16,4	10,7	0,4	1,6	34,8	10,0	23,1	69,9	46,8

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental de Apodi, RN, na profundidade de 0-40 cm.

Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema de parcelas sub-subdivididas, estando na parcela principal os períodos de déficit hídrico, nas subparcelas as cultivares de algodoeiro herbáceo, e nas sub-subparcelas os tipos de amostragem, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por 6 períodos de déficit hídrico (inicial (IN), botão floral (BF), florescimento (FL), enchimento de maçãs (MC), capulhos (CP) e testemunha sem déficit hídrico (IR)), 8 cultivares de algodão herbáceo (BRS 286, BRS 335, BRS 336, BRS 372, BRS 368RF, BRS 369RF, BRS 370RF e BRS 371RF) e

2 tipos de amostragem (amostra padrão (AP) e amostra da parcela, ou amostra aleatória). A amostra padrão foi constituída por 20 capulhos colhidos no terço médio das plantas, enquanto que a amostra aleatória foi constituída por uma amostra de aproximadamente 100 g, coletada aleatoriamente da pluma colhida de toda área da parcela experimental.

Cada unidade experimental foi constituída por 4 fileiras espaçadas de 0,8 m, com 6,0 m de comprimento, totalizando uma área de 19,2 m², sendo considerado como área útil as 2 fileiras centrais, excluídos 1,0 m de cada extremidade, ou seja, 8 m².

O período de déficit hídrico aplicado constou de 15 dias sem irrigação na fase pré-determinada, de acordo com a Tabela 2. Após esse período as plantas voltavam a ser irrigadas normalmente, em função da evapotranspiração da cultura. A lâmina líquida total de irrigação para cada tratamento é apresentada na Tabela 2.

Tratamento	Início do déficit	Período de déficit hídrico (DAE)	Lâmina líquida de irrigação (mm)
Inicial	Após estabelecimento do estande	25 a 40	650
Botão floral	Aparecimento do primeiro botão floral em 10% das plantas	30 a 45	634
Florescimento	Aparecimento da primeira flor em 10% das plantas	48 a 63	577
Enchimento de maçãs	Formação da primeira maçã em 10% das plantas	63 a 78	584
Capulhos	Abertura do primeiro capulho em 10% das plantas	92 a 107*	621
Testemunha	Irrigado sem déficit hídrico até o final do ciclo		700

* Após o término do período de déficit, o tratamento não voltou a ser irrigado, visto que coincidiu com a época de suspensão da irrigação.

Tabela 2. Época de aplicação do déficit hídrico em cada tratamento.

O cultivo foi realizado no sistema plantio direto (SPD), utilizando semeadora mecanizada de 4 linhas, não sendo necessário a realização de desbaste.

Os dados agronômicos e da irrigação são apresentados na Tabela 3.

As irrigações foram realizadas com um sistema de aspersão convencional fixo, com espaçamento entre aspersores de 12 x 15 m, intensidade de aplicação de 9 mm h⁻¹ e coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) igual a 85%, sendo as irrigações realizadas a cada 3 dias, com a lâmina de irrigação determinada através da evapotranspiração da cultura (ETc) (ALLEN *et al.*, 1998).

Variáveis	
Data de plantio	30/06/2015
Espaçamento de plantio	0,8 m (entre filas)
Densidade de plantio	8 -12 plantas m ⁻¹
Adubação de plantio	150 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ e 30 kg de N na forma de MAP*
Adubação de cobertura	150 kg de N ha ⁻¹ na forma de Uréia
Última irrigação	21/10/2016 (106 DAE)
Data da colheita	17/11/2015
Duração do ciclo de cultivo	131 dias
Precipitação total durante o ciclo de cultivo	0,0 mm

* MAP – Monoamônio fosfato

Tabela 3. Dados agrônômicos e parâmetros da irrigação durante o ciclo de cultivo do algodoeiro

Foram procedidos os tratamentos fitossanitários necessários, ao aparecerem os primeiros sintomas de pragas e doenças, assim como o controle de plantas daninhas.

Por ocasião da colheita foram avaliadas, a partir das duas formas de amostragem, a porcentagem de fibra e as características inerentes a qualidade da fibra: comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR), alongamento (ELG), índice micronaire (MIC), refletância (Rd) e grau de amarelecimento (+b). As características de qualidade das fibras foram avaliadas no Laboratório de Fibras e Fios da Embrapa Algodão, através do equipamento HVI (*High Volume Instruments*).

Os dados das variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade. Para análise estatística utilizou-se o software **R** (*R Development Core Team*, 2021). Quando verificado efeito significativo na análise de variância, os dados obtidos nos diferentes tratamentos foram comparados através do teste de Tukey em nível de 1 e 5% de probabilidade.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da análise de variância para % de fibras e características de qualidade da fibra comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR), alongamento (ELG), índice micronaire (MIC), maturidade (MAT), refletância (Rd) e grau de amarelo (+b) são apresentados na Tabela 4.

Quadrado Médio do Resíduo

FV	GL	% de Fibras	UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	MAT	Rd	+b
Bloco	3	3,37*	1,41	0,39**	0,24	2,28	0,32	0,36	0,0002	0,96	0,32
Déficit (D)	5	10,86**	30,2**	54,83	18,7**	50,17**	0,52*	7,03**	0,04*	27,44**	9,57**
Resíduo	15	0,91	1,03	0,66**	0,29	2,90	0,17	0,35	0,0002	3,64	0,34
Cultivar (C)	7	166,6**	113,91**	19,03	6,75**	108,41**	23,12**	3,11**	0,003**	13,33**	8,21**
C x D	35	3,29**	1,4	1,64	0,79**	4,68	0,33*	0,68**	0,0004**	3,16	0,55*
Resíduo	126	1,57	1,42	1,29	0,28	4,02	0,18	0,19	0,0001	2,58	0,34
Amostra (A)	1	4,49*	41,81**	1,26	0,58	56,51**	0,82*	8,28**	0,006**	86,29**	24,9**
D x A	5	4,14**	7,87**	2,98*	0,91*	2,91	0,24	0,78**	0,0005**	9,02**	1,42**
C x A	7	1,31	2,13*	0,94	0,50	2,73	0,11	0,16	0,0001	2,75	0,19
D x C x A	35	1,28*	0,86	1,77*	0,47	3,76	0,28	0,13	0,00008	2,13	0,26
Resíduo	144	0,79	0,79	1,22	0,32	3,02	0,20	0,09	0,0001	2,67	0,28

** e *Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 4. Quadrados médios do resíduo para as características de qualidade de fibras avaliadas em função do déficit hídrico, cultivares e tipo de amostragem, Apodi, 2015.

Como o intuito do trabalho é avaliar a influência do tipo de amostragem na análise da qualidade das fibras do algodoeiro, a discussão ficará voltada para o fator amostra e sua interação com os demais, déficit hídrico e cultivares. Observados os resultados apresentados na Tabela 4, nota-se que o tipo de amostragem só não apresentou influência nos dados de UNF e SFI. Para a interação entre os fatores, considerando déficit *versus* amostragem, a interação não foi significativa para os parâmetros STR e ELG, enquanto que a interação cultivar *versus* amostragem foi significativa somente para os dados de UHM. Esses resultados demonstram que ocorre variação na qualidade da fibra dentro de uma mesma planta e, trabalhando-se com amostras padrão, onde são coletados capulhos do terço médio das plantas, o resultado da análise de qualidade das fibras pode ser mascarado, não representando a real condição da parcela ou talhão, principalmente quando trabalha-se com experimentos nos quais são aplicados estresses abióticos, como o estresse hídrico, conforme constatado anteriormente por autores como Bradow e Davidonis (2000), Bauer *et al.* (2009) e Feng *et al.* (2011).

Segundo esses mesmos autores, a variação ambiental que ocorre dentro do dossel da planta, entre plantas e entre talhões ou parcelas, faz com que as características de qualidade da fibra apresentem uma grande variabilidade a nível de capulho, planta e parcela. Desta forma, quanto mais uniforme e representativa das condições da planta e da parcela como um todo for a amostragem, mais representativa serão os resultados da análise de qualidade das fibras.

Os capulhos, de uma forma geral, desenvolvem-se rapidamente até 16 dias após a antese, e alcançam seu tamanho máximo aproximadamente 24 dias após a antese,

estando maduros e abertos entre 40 e 60 dias após a antese (KIM, 2015). Assim, quando aplicado estresse hídrico em diferentes fases do ciclo fenológico da cultura, este estresse irá incidir sobre capulhos em diferentes fases de crescimento e maturação, influenciando-os diferentemente. Assim, para a determinação da qualidade das fibras em ensaios de estresse hídrico, a coleta de amostras que representem os capulhos de todas as posições frutíferas da planta é a mais indicada, buscando evitar estimativas equivocadas dos resultados.

Nas Figuras 2 a 6 são apresentados os valores dos parâmetros de qualidade das fibras avaliados.

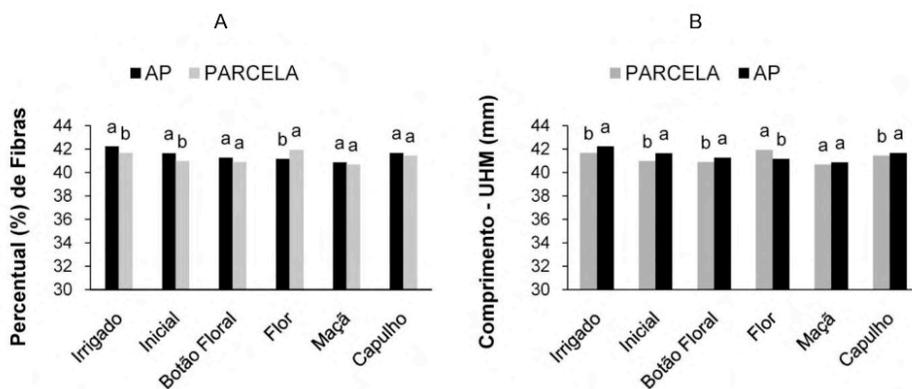


Figura 2. Percentual de fibras (A), e comprimento da fibra (B) do algodoeiro em função do estresse hídrico e formas de coleta de amostras para análise da qualidade das fibras.

A partir do desdobramento das interações, observa-se que a porcentagem de fibras (Figura 2A), determinada a partir do método de coleta padrão (AP) foi subestimada somente no tratamento onde ocorreu déficit hídrico no início do florescimento, sendo superestimado nos demais tratamentos quando a análise foi realizada a partir da coleta AP. Isso ocorre pelo fato de quando coletada AP, são selecionados somente os capulhos do terço médio da planta, excluindo-se os capulhos dos ponteiros e baixeiro, que, para tratamento com estresse hídrico, podem ser os mais afetados, dependendo da fase na qual ocorre o estresse.

Belot e Dutra (2015) apresentam dados que comprovam que o percentual de fibras é maior nos capulhos do terço médio em relação aos capulhos do baixeiro, e menor em relação aos capulhos do ponteiro. Assim, para tratamento com estresse hídrico a partir do início do florescimento, possivelmente os capulhos do terço médio foram os mais afetados, pois estavam em fase de formação, por isso os valores do percentual de fibras foram subestimados quando determinados a partir da AP se comparados aos dados de toda planta nessa fase, pois nessa forma de amostragem coletou-se capulhos de todos os

pontos de frutificação.

Para o algodoeiro, autores como Wen *et al.* (2013), Brito *et al.* (2011), DeTar (2008) e Pettigrew (2004) têm demonstrado que a cultura sofre influência tanto na produtividade quanto na porcentagem e qualidade de fibras quando submetido à irrigação com déficit hídrico. Beltrão e Azevedo (2008) afirmam que apesar de serem condicionadas por fatores hereditários as características tecnológicas da fibra do algodão sofrem decisiva influência dos fatores ambientais (temperatura, luminosidade, disponibilidade hídrica) e dependem das condições de cultivo. Assim, a coleta realizada de forma não representativa dos tratamentos aplicados pode levar a erros na interpretação dos resultados.

O mesmo comportamento de superestimava dos resultados pode ser observado para o parâmetro comprimento da fibra (Figura 2B), onde o mesmo só não foi superestimado através da amostra coletada através de AP no tratamento com déficit hídrico a partir do início do florescimento. Possivelmente nessa fase onde o estresse foi aplicado, os capulhos do terço médio estavam sendo formados, sendo assim, sofreram maior influência dos tratamentos aplicados, o que demonstra a importância da coleta de dados da planta como um todo para análise de fibras, principalmente quando se trabalha com experimentos relacionados a estresse hídrico. O período de crescimento da fibra ocorre dentro de 3 semanas após a antese, assim, períodos de estresse hídrico incidentes nessa fase podem comprometer o comprimento das fibras formadas nesses capulhos (COOK e EL-ZIK, 1993 ; ABIDI *et al.*, 2010).

Com relação a superestimativa do comprimento da fibra através da análise de fibras feita a partir da AP nos demais tratamentos, o resultado é devido ao fato de que os valores de comprimento da fibra variam em função da posição do capulho na planta, sendo maior no terço médio e baixeiro, e menor nas posições superiores, assim, quando colhe-se somente amostras do terço médio, os valores tendem a ser superestimados em relação a colheita de amostras representativas de toda planta (KELLY *et al.*, 2015).

Observa-se ainda na Figura 2B que a superestimativa é mais acentuada nos tratamentos irrigado, déficit hídrico na fase inicial e na fase de botão floral, onde o estresse hídrico não ocorreu ou foi menos severo na fase de formação dos frutos, e torna-se menos acentuada nos tratamentos onde ocorreu estresse no enchimento de maçãs e abertura de capulhos, onde ocorreu estresse na fase de formação dos frutos, porém já afetando provavelmente frutos que estavam sendo formados em diferentes partes da planta, como os ponteiros.

Com relação a uniformidade das fibras (Figura 3A), a mesma foi influenciada pelo tipo de amostragem somente quando foi aplicado estresse hídrico na fase de enchimento de maçãs, mostrando ser uma característica menos influenciada que as demais pela posição dos capulhos na planta.

O índice de fibras curtas (Figura 3B) foi influenciado pelo tipo de amostragem somente no tratamento testemunha, bem irrigado, e quando foi aplicado estresse hídrico

na fase de enchimento das maçãs, sendo o mesmo superestimado e subestimado através da coleta de AP, respectivamente.

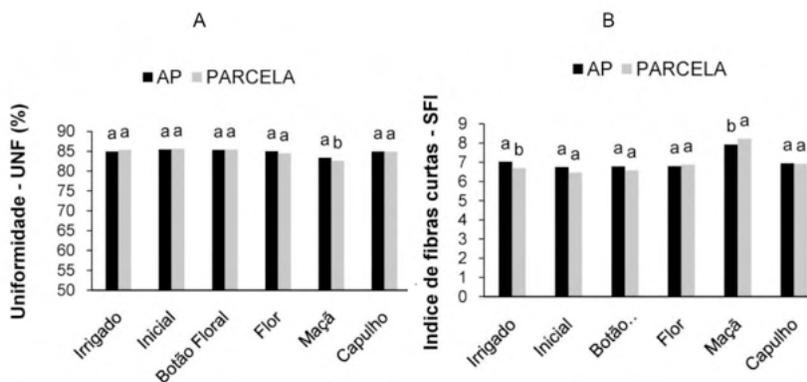


Figura 3. Uniformidade das fibras (A) e índice de fibras curtas (B) do algodoeiro em função do estresse hídrico e formas de coleta de amostras para análise da qualidade das fibras.

O resultado demonstra a influência do tipo de coleta nos resultados da análise de fibras, visto que, na melhor condição, irrigado plenamente, a amostra coletada na forma de AP acarretou em superestimativa dos resultados, devido a coleta ser realizada no terço médio das plantas, e ao contrário, quando foi imposto déficit hídrico na fase de enchimento de maçãs, que coincide com o pico do florescimento, fase mais sensível ao estresse hídrico (COOK e EI-ZIK, 1993; GWATHMEY *et al.*; 2011; SNOWDEN *et al.*; 2014), a coleta de AP acarretou em subestimativa dos resultados, visto que a coleta pode ter ocorrido na área da planta onde os capulhos foram mais afetados pelo estresse hídrico.

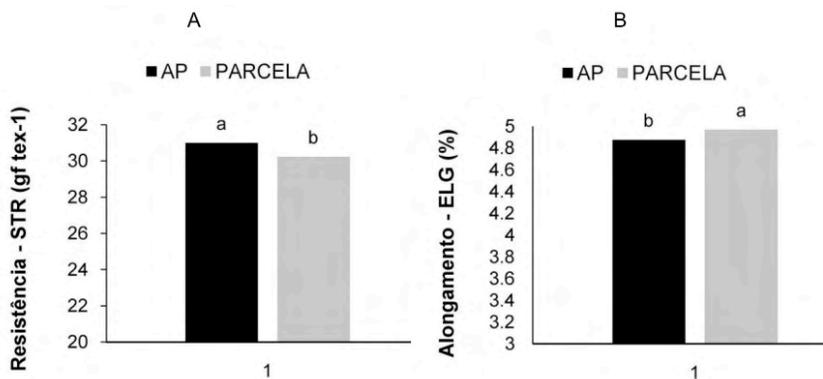


Figura 4. Resistência a ruptura (A) e alongamento (B) das fibras do algodoeiro em função da forma de coleta da amostra para análise da qualidade das fibras.

A resistência a ruptura (Figura 4A) e o alongamento (Figura 4B) tiveram efeito apenas do tipo de amostragem, independente do tratamento de estresse hídrico aplicado, sendo que os valores superestimados e subestimados, respectivamente, com a coleta de AP para análise de fibras.

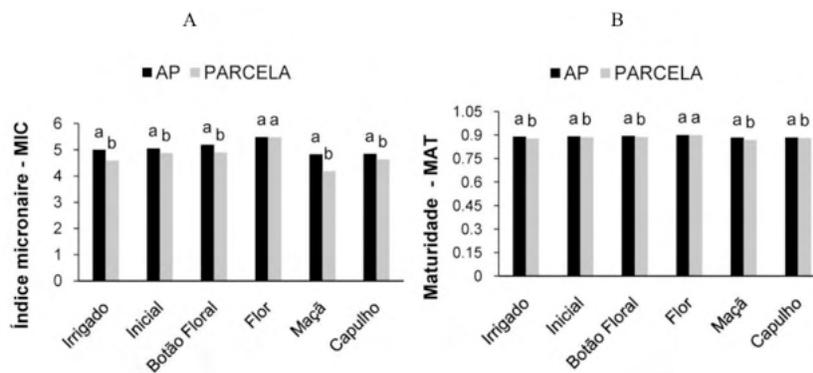


Figura 5. Índice de micronaire(A) e maturidade (B) das fibras do algodoeiro em função do estresse hídrico e formas de coleta de amostras para análise da qualidade das fibras.

Com relação ao índice de micronaire (Figura 5A), outro importante parâmetro de qualidade da fibra a ser avaliado, o mesmo foi superestimado para todos os tratamentos avaliados quando coletado amostra de fibras através da AP, sendo que somente quando houve estresse hídrico a partir do início do florescimento, os resultados não se diferenciaram estatisticamente dos obtidos a partir da amostra coletada de toda área (aleatória). Alguns autores têm relatado valores de índice micronaire acima de 5,0 em experimentos com algodão irrigado no semiárido, considerado grosso, e acima do tolerável pela indústria têxtil (CORDÃO SOBRINHO *et al.*, 2015; ZONTA *et al.*, 2015). De acordo com os resultados aqui encontrados, esse elevado valor do índice micronaire pode estar associado a forma de coleta da amostra de fibras a partir do método de amostragem aleatória, na qual coletam-se capulhos na 1ª posição, os quais, segundo Belot e Dutra (2015), apresentam os valores mais elevados para este parâmetro.

Observa-se que, para o tratamento testemunha, o valor do índice micronaire quando analisada a amostra de toda parcela foi igual a 4,5, considerado médio, valor aceitável pela indústria têxtil, não acarretando em deságio no valor pago pela fibra.

A maturidade (Figura 5B) também seguiu o mesmo comportamento apresentado no geral nas demais características, sendo superestimado quando determinada através de amostras coletadas através de AP. Segundo Kelly *et al.* (2015), a maturidade das fibras decresce no sentido das posições mais baixas para o topo da planta, o que explica a superestimativa do parâmetro quando coletadas amostras do terço médio da planta (AP) em relação a coleta de toda a planta (parcela inteira ou amostragem aleatória). A maturidade

das fibras é um importante parâmetro para a indústria têxtil, pois sua variabilidade tem impacto negativo no produto final, principalmente durante o processo de tintura, visto que as fibras imaturas possuem menor capacidade de absorção da tinta, tornando a coloração do tecido desuniforme (KELLY *et al.*, 2015; KIM, 2015). Essa afirmação demonstra a importância da correta determinação desse parâmetro.

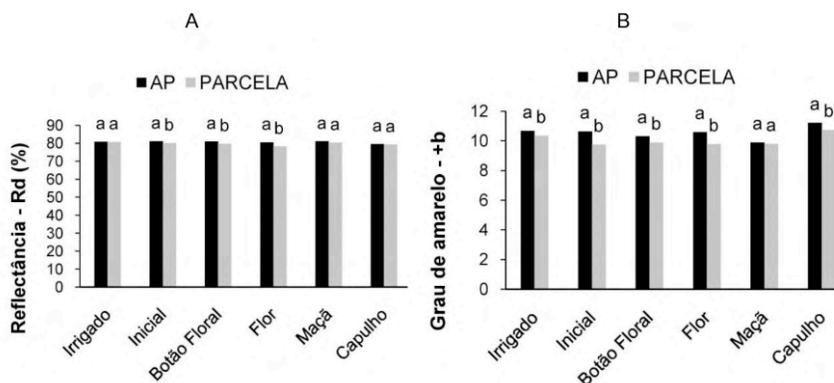


Figura 6. Refletância (A) e grau de amarelo (B) das fibras do algodoeiro em função do estresse hídrico e formas de coleta de amostras para análise da qualidade das fibras

Para as características relacionadas a cor da fibra, refletância (Figura 6A) e grau de amarelo (Figura 6B), os valores também seguiram a tendência de serem superestimados quando determinados a partir da AP se comparados aos valores determinados através de amostra de toda parcela de forma aleatória. A descoloração de uma amostra de algodão pode ser um indicativo de problemas, como exposição da fibra a condições que levam a redução da resistência da fibra, como a longa exposição ao clima em condições de campo, daí a importância de sua precisa determinação (EI MOGAHZY e CHEWNING, 2001).

4 | CONCLUSÕES

Os resultados apresentados demonstram que a análise de fibras realizada a partir de amostras coletadas do terço médio das plantas (AP- amostra padrão), tende a superestimar os parâmetros de qualidade das fibras se comparados os resultados *versus* a análise realizada com a amostra de fibra colhida de toda a planta. Esse resultado é agravado quando se trabalha com ensaios de estresse hídrico em diferentes fases do ciclo fenológico do algodoeiro, visto que a coleta de amostra padrão, coletando-se capulhos no terço médio da planta, pode mascarar a influência do estresse hídrico nas propriedades de qualidade da fibra, visto que no momento do estresse, capulhos que estavam sendo formados em outras posições frutíferas das plantas podem ter sido influenciados pelo estresse hídrico, e não os capulhos do terço médio. O contrário também é verdadeiro, visto que no momento do

estresse hídrico, os capulhos do terço médio poderiam estar sendo formados, e os demais não seriam afetados pelo estresse hídrico, o que também altera os resultados, neste caso, para pior. Desta forma, para análise da influência do estresse hídrico na qualidade da fibra do algodoeiro, o ideal é que sejam coletadas amostras de fibra que representem toda planta, e não somente as posições frutíferas do terço médio.

REFERÊNCIAS

ABIDI, N.; CABRALES, L.; HEQUET, E.F. **Fourier transform infrared spectroscopic approach to the study of the secondary cell wall development in cotton fiber**. *Cellulose*, v.17, n.2, p. 309-320. 2010.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, K.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements**. FAO Irrigation and Drainage Paper n.56. Rome, Italy, FAO-56. 1998. 326p.

BAUER, P.J.; FOULK, J.A.; GAMBLE, G.R.; SADLER, E.J.A. **Comparison of two cotton cultivars differing in maturity for within-canopy fiber property variation**. *Crop Science*, v.49, n.2, p. 651-657. 2009.

BELOT, J.L.; DUTRA, S.G. **Qualidade da fibra do algodão de Mato Grosso: variabilidade das características HVI das principais variedades cultivadas - Safra 2013/2014**. Circular Técnica 18. Cuiabá, Brazil: Instituto Mato-Grossense do Algodão. 2015.

BELTRÃO, N.E.M.; AZEVEDO, D.M.P. **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2ª Ed. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília. pp. 1099-1120.2008.

BRADOW, J.M.; DAVIDONIS, G.H. **Quantitation of fiber quality and the cotton production-processing interface: a physiologist's perspective**. *The Journal of Cotton Science*, v.4, p.34-64. 2000.

BRADOW, J.M.; WARTELLE, L.H.; BAUER, P.J.; SASSENATH-COLE, G.F. **Small-sample cotton fiber quality quantitation**. *The Journal of Cotton Science*, v.1, n.1, p. 48-60. 1997.

BRITO, G.G., SOFIATTI, V., LIMA, M.M.A., CARVALHO, L.P., SILVA FILHO, J.L. **Physiological traits for drought phenotyping in cotton**. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.33, n.1, p.117-125. 2011.

COOK, C.G.; EI-ZIK, K.M. **Fruiting of cotton and lint yield of cotton cultivars under irrigated and non-irrigated conditions**. *Field Crops Research*, v.33, n.4, p. 411-421. 1993.

CORDÃO SOBRINHO, F.P.; GUERRA, H.O.C; ARAÚJO, W.P.; PEREIRA, J.R.; ZONTA, J.H.; Bezerra, J.R.C. **Fiber quality of upland cotton under different irrigation depths**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, p.1057-1063. 2015.

DeTAR, W.R. **Yield and growth characteristics for cotton under various irrigation regimes on sandy soil**. *Agricultural Water Management*, v.95, p.69-76. 2008.

EI MOGAHZY, Y.E.; CHEWNING, C.H. *Cotton fiber to yarn manufacturing technology*. Cotton Incorporated, Cary, NC. 2001.

FENG, L.; BUFON, V.B.; MILLS, C.I.; HEQUET, E.F.; BORDOVSKY, J.P.; KEELING, W.; BEDNARZ, C.W. **Effects of irrigation, cultivar, and plant density on cotton within-boll fiber quality**. *Agronomy Journal*, v.103, n.2, p. 297-303. 2011).

GWATHMEY, C.O.; LEIB, B.G.; MAIN, C.L. **Lint Yield and Crop Maturity Responses to Irrigation in a Short-Season Environment**. *The Journal of Cotton Science*, v.15, n.1, p. 1-10. 2011.

KELLY, B.; ABIDI, N.; ETHRIDGE, D., HEQUET, E. F. **Fiber to Fabric**. In: FANG, D.D.; PERCY, R.G. (Ed) *Cotton*, 2nd Ed. Madison, USA: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America. p. 665-744. 2015.

KIM, H.J. **Fiber biology**. In Fang, D.D.; Percy, R.G. (Ed) *Cotton*, 2nd Ed. Madison, USA: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America. p. 97-127. 2015.

PETTIGREW, W. **Moisture deficit effects on cotton lint yield, yield components, and boll distribution**. *Agronomy Journal*, v. 96, n.2, p. 377-383. 2004.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. 2021. Disponível em: <<<http://www.R-project.org>>>.

BELTRÃO, N.E. de M.; AZEVEDO, D.M.P. **O agronegócio do algodão no Brasil**. 2nd Ed. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília. v. 1, p.1099-1120. 2008.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; OLIVEIRA, J.B.; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ndEd. Embrapa Solos, Rio de Janeiro. 2006. 286p.

SNOWDEN, C.; RITCHIE, G.L.; Simão, F.R.; BORDOVSKY, J.P. **Timing of episodic drought can be critical in cotton**. *Agronomy Journal*, v.106, n.2, p.452-458. 2014.

WEN, Y.; ROULAND, D.; PICCINNI, G.; WOODARD, J.D. **Lint yield, lint quality, and economic returns of cotton production under traditional and regulated deficit irrigation schemes in southwest Texas**. *The Journal of Cotton Science*, v.17, n.1, p. 10-22. 2013.

ZONTA, J.H.; SOFIATTI, V.; BEZERRA, J.R.C.; FARIAS, F.J.C; CARVALHO, L.P. **Efeito da irrigação no rendimento e qualidade de fibras em cultivares de algodoeiro herbáceo**. *Rev. Caatinga*, v.28, n.4, p. 43-52. 2015.

ZONTA, J. H., BRANDÃO, Z. N., RODRIGUES, J. I. S., VALDINEI SOFIATTI. **Cotton response to water deficits at different growth stages**. *Rev. Caatinga*, v. 30, n. 4, p. 980 – 990. 2017.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FRUTOS DE MAXIXE DO REINO

Data de aceite: 01/06/2022

Mariana Costa Rampazzo

Doutoranda em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Vitória da Conquista, BA
<http://lattes.cnpq.br/2864185372422736>

Fabício Vieira Dutra

Doutorando em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Vitória da Conquista, BA
<http://lattes.cnpq.br/9995833342707953>

Rita de Cássia Santos Nunes

Engenheira Agrônoma, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Vitória da Conquista, BA
<http://lattes.cnpq.br/4890882992628737>

Gabriela Leite Silva

Mestranda em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Vitória da Conquista, BA
<http://lattes.cnpq.br/8539985710691324>

Adriana Dias Cardoso

Docente do Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Vitória da Conquista, BA
<http://lattes.cnpq.br/0239642278514409>

RESUMO: As análises físicas e químicas em olerícolas são muito importantes pois através destas é possível determinar o ponto ideal de maturação, influenciando diretamente também

sobre a vida útil dos mesmo. . Dessa maneira, o trabalho foi realizado com o objetivo de verificar as características físico- químicas de frutos de maxixe do reino comercializados em Vitória da Conquista, Bahia. O experimento foi conduzido no Laboratório de Melhoramento e Produção Vegetal, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em setembro de 2018.Os frutos de maxixe do reino foram provenientes de feira livre, no município de Vitória da Conquista. Utilizou-se 18 frutos, distribuídos em 9 amostras para se fazer as seguintes avaliações física como massa, comprimento, textura do fruto, e as químicas como pH, Acidez titulável e Sólidos Solúveis.Os dados submetidos a análise descritiva determinando a média, o valor mínimo e máximo, o desvio padrão e o coeficiente de variação, utilizado o programa Microsoft Office Excel 2010. Os frutos de maxixe obtiveram massa 88,07g, comprimento 15,78 cm, Textura de 28,29 N, Sólidos Solúveis 1,70 °Brix e acidez titulável 0,72, considerados com maturidade ideal para consumo.

PALAVRAS-CHAVE: *Cyclanthera pedata* L., olerícolas, maturação.

PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF MAXIXE OF THE KINGDOM

ABSTRACT: Physical and chemical analyzes in vegetable crops are very important because through them it is possible to determine the ideal point of maturation, also directly influencing their shelf life. . In this way, the work was carried out with the objective of verifying the physicochemical characteristics of gherkin fruits sold in Vitória da Conquista, Bahia. The experiment was carried out

at the Laboratory of Plant Improvement and Production, at the State University of Southwest Bahia, in September 2018. 18 fruits were used, distributed in 9 samples to make the following physical evaluations such as mass, length, texture of the fruit, and chemical evaluations such as pH, Titratable Acidity and Soluble Solids. and maximum, the standard deviation and the coefficient of variation, using the Microsoft Office Excel 2010 program. The gherkin fruits obtained a mass of 88.07g, length 15.78 cm, Texture of 28.29 N, Soluble Solids 1.70 °Brix , titratable acidity 0.72, considered with ideal maturity for consumption.

KEYWORDS: *Cyclanthera pedata* L., olericules, maturation.

INTRODUÇÃO

O maxixe do reino (*Cyclanthera pedata* L.), também conhecido como maxixe paulista ou maxixe peruano, proveniente do cruzamento *Cucumis anguria* com o *Cucumis longipes*, é uma hortaliça de fácil crescimento, rústica, resistente às pragas e doenças, requer poucos tratos fitossanitários e culturais, e apresenta prolongado período de frutificação, podendo ser encontrada no Brasil, Bolívia, Chile, Colômbia, Argentina e no Peru. No território Brasileiro, no entanto, área de produção ocorre nas áreas de maior influência da cultura africana, ou seja, Regiões Norte, Nordeste e Sudeste (NASCIMENTO et al., 2011).

A planta se assemelha à do pepino, porém apresenta porte menor, seu fruto é globular- alongado, liso, quando imaturo é tenro, e em ponto de consumo, é esbranquiçado. Sua produção é tipicamente em clima quente, suportando temperatura e pluviosidade elevadas, inclusive durante o verão. Baixas temperaturas prejudicam todas as fases da cultura (PEPATO et al., 2011).

Segundo Gonçalves et al., (2009) as características físicas e químicas do fruto como tamanho, massa volume, firmeza, relação de açúcares redutores, teores de ácidos orgânicos e compostos fenólicos são muito importantes pois através dessas análises que é possível determinar o ponto ideal dos frutos exercendo também influência direta sobre a vida útil dos mesmo. No entanto, na literatura não se encontra trabalhos de pós-colheita com maxixe do reino, sendo de extrema importância que haja estudos dessa hortaliça.

Dessa maneira, o objetivo do presente trabalho foi verificar as características físico-químicas de frutos de maxixe do reino comercializados em Vitória da Conquista, Bahia.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As hortaliças possuem grande importância na alimentação humana, pois entre os alimentos de origem vegetal, esta possui um considerável valor nutritivo. Dentre essas, o maxixe do reino, pertencente à família Cucurbitaceae, é fonte de minerais (cálcio, fósforo, ferro, magnésio e zinco), vitaminas (vitamina C e do complexo B) e fornecem poucas calorias. No entanto, são escassos estudos sobre as características agrônomicas e químicas dessa curcubitácea (BENEVIDES et al.,2013).

Os alimentos de origem vegetal apresentam particularidades devido à sua composição

química. Devido ao conteúdo de ácidos orgânicos, os valores de pH em hortaliças variam de 2,0 a 5,0. Além deste ácido, tem forte influência sobre o pH, a quantidade elevada de carboidratos como a glicose, frutose várias pentoses e pectinas. E essa propriedade química constituem um ambiente favorável ao desenvolvimento de microorganismos, que alguns destes são deteriorantes, responsáveis por parte das perdas pós-colheita (FEITOSA et al.,2009).

O período de maturação dos frutos, está diretamente relacionado às alterações químicas que ocorrem nos mesmos, como a perda da firmeza devido à quebra enzimática da parede celular, a hidrólise do amido e de outras macromoléculas, alteração na relação dos açúcares, redução nos teores de ácidos orgânicos e compostos fenólicos. Também se observa degradação de clorofila e acúmulo de outros pigmentos, como carotenoides e antocianina, nas células da epiderme dos frutos, que estão associados à diminuição da qualidade. A clorofila pode ser degradada em compostos castanhos acinzentados indesejáveis tais como a feoforbida e feofitina, que posteriormente pode ser metabolizado em compostos incolores (SILVA et al.,2016).

Conforme Silva (2014), as características como peso comprimento, largura e espessura de um fruto refletem na aceitabilidade do produto pelo consumidor e no rendimento industrial, enquanto os teores de sólidos solúveis, acidez titulável, balanço sólidos solúveis/acidez (SST/AT), são indicadoras das características organolépticas, importantes tanto na industrialização como no consumo de frutas *in natura*.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Laboratório de Melhoramento e Produção Vegetal, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *campus* Vitória da Conquista – BA, em setembro de 2018.

Os frutos de maxixe do reino foram provenientes do Centro Econômico de Abastecimento Sociedade Anônima (CEASA), no município de Vitória da Conquista e encaminhados para análise ao Laboratório de Melhoramento e Produção Vegetal.

As amostras foram constituídas de dois frutos, com 9 repetições, totalizando 18 frutos. As características avaliadas foram: **a) Massa do fruto:** a partir da pesagem de cada fruto utilizando balança com precisão de 0,001g; **b) comprimento do fruto:** medido com o auxílio de uma régua milimetrada (mm); **c) número de sementes/fruto:** determinado por contagem manual; **d) Textura do fruto:** medida nos frutos *in natura* utilizando-se Texturômetro Stevens - LFRA Texture Analyser, com a ponta de prova-TA9/1000 tomando-se duas leituras na região longitudinal, em ambos os lados de um mesmo fruto. Os resultados foram expressos em N. **e) Sólidos solúveis:** determinado pelo método da AOAC (1992) em amostras de frutos *in natura*, utilizando-se um refratômetro manual. Os frutos foram triturados com 10 mL de água destilada, transferindo-se o suco celular para o prisma do

refratômetro. Os resultados foram expressos em °Brix. **f) pH dos frutos:** determinado pelo método da AOAC (1992), em amostras de frutos *in natura*, utilizando-se pHmetro Marte, modelo MB-10. **g) acidez total titulável (% de ácido cítrico.100g⁻¹ de polpa):** determinada por meio de titulação com solução de NaOH 0,1N e indicador fenolftaleína, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (1985).

Os dados submetidos a análise descritiva determinando a média, o valor mínimo e máximo, o desvio padrão e o coeficiente de variação, utilizado o programa Microsoft Office Excel 2010.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Observa-se que a média e o desvio padrão para comprimento, número de sementes e massa do fruto de maxixe do reino foram 15,68 ±3,69 mm, 14,78 ±2,10 e 88,07±38,20 mg, respectivamente (tabela1). Diferente dos resultados encontrados por Porto (2016), em trabalho com estádios de maturação de maxixe do reino no Norte de Minas Gerais, o qual obteve para comprimento médio dos frutos 12,75 (±2,32) mm e 51,70 mg (±25,43) para massa média do fruto.

Conforme Assis et al. (2015), essas características estão associadas à variabilidade da espécie e as condições edafoclimáticas em que está se encontra, podendo fornecer informações para o estabelecimento das plantas.

Características	Comprimento	Nº de sementes	Massa do fruto
Mínimo	8,40	11,00	31,16
Máximo	20,70	19,00	155,78
Média	15,68	14,78	88,07
Mediana	16,68	15,00	98,66
Variância	13,62	4,42	1459,27
Desvio Padrão	3,69	2,10	38,20
Coeficiente de variação (%)	23,54	14,22	43,38

Tabela 1. Valores máximo, mínimo, média, mediana, variância, desvio padrão e coeficiente de variação das características comprimento, número de sementes e massa do fruto de maxixe do reino. Vitória da Conquista, Ba, 2018.

Para a textura, pH, sólidos solúveis e Acidez titulável dos frutos a média encontrada foi 28,29 (±8,79) N, 6,14 (±0,11), 1,70 (±0,30) ° Brix e 0,72 (±0,19) g/100g de ácido cítrico respectivamente. Os valores não se assemelham aos encontrado por Silveira et al. (2015), para espécie *Cucumis anguria*, onde o valor médio de pH foi 5,1, sólidos solúveis 3,34° Brix

e acidez titulável 3,3 g/100g de ácido cítrico.

Segundo os mesmos autores a diminuição da acidez e o aumento do pH, são característicos da fase de senescência dos frutos e decorrentes do metabolismo de ácidos orgânicos, juntamente com os sólidos solúveis que representam os ácidos, os sais, as vitaminas, os aminoácidos, algumas pectinas e os açúcares presentes nos vegetais, são comumente utilizados como índice dos açúcares totais, indicando o grau de maturidade.

A firmeza de um fruto, também está associado a maturação do mesmo, pois dá uma idéia das transformações na estrutura celular, coesão das células e alterações bioquímicas, responsáveis pela textura do produto (BOTTEGA et al.,2014).

Características	Textura	pH	Sólidos solúveis	Acidez titulável
Mínimo	16,50	5,93	1,30	0,50
Máximo	45,06	6,31	2,00	1,20
Média	28,29	6,14	1,70	0,72
Mediana	26,24	6,12	1,90	0,70
Variância	76,31	0,01	0,09	0,04
Desvio Padrão	8,74	0,11	0,30	0,19
Coefficiente de variação (%)	30,88	1,83	1765	27,50

Tabela 2. Valores máximo, mínimo, média, mediana, variância, desvio padrão e coeficiente de variação da Textura, pH, sólidos solúveis e Acidez titulável dos frutos de maxixe do reino. Vitória da Conquista, Ba, 2018.

CONCLUSÃO

Os frutos de maxixe do reino comercializados no Ceasa de vitória da Conquista- BA possui maturidade ideal para consumo.

REFERÊNCIAS

AOAC - Association of Official Analytical Chemists - Official Methods of Analysis of the AOAC. 10.ed. Washington, 1992. 1115 p.

ASSIS, J.P.; SOUSA, R.P.; LINHARES, P.C.F.; PEREIRA, M.F.S.; MOREIRA, J.C. Avaliação biométrica de caracteres do melão de São Caetano (*Momordica charantia* L.). Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v.17, n.4, p.505-514, 2015.

BENEVIDES, C.M. de J.; SOUZA, R.D.B.; SOUZA, M.V. de; LOPES, M.V. Efeito do processamento sobre os teores de oxalato e tanino em maxixe (*Cucumis anguria* L.), jiló (*Solanum gilo*), feijão verde (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e feijão-andu (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.). Alimentos e Nutrição, v.24, n.3 p.321-327, 2013.

BOTTEGA,S.P.; RECH, J.; TANAKA , K. S.; BORELLI , A. B.; GORDIN, C. R. B.; SCALON, S. P. Q. Diferentes cortes e embalagens no processamento mínimo de chuchu. *Cultivando o Saber*, v. 7, n. 4, p. 312 - 322, 2014.

FEITOSA, T.; GARRUTI, D. S.; SILVA, Q. C. R.; LIMA, R. J.; BEZERRA, F. M. L.; AQUINO, B. F.; SANTOS, A.B. Qualidade de frutos de melancia produzidos com reuso de água de esgoto doméstico tratado. *Revista Tecnológica*, v. 30, n. 1, p. 53-60, 2009.

GONÇALVES, V. D.; MÜLLER, D. L.; FERREIRA, F.; CAMILI, E. C. Maturação fisiológica de sementes de pimenta. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 137-146, 2015. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3.ed. São Paulo: Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz, 1985. v. 1 ,553p.

NASCIMENTO A. M. C. B.; NUNES R. G. F. L.; NUNES, L. A. P. L. Elaboração e avaliação química, biológica e sensorial de conserva de maxixe (*Cucumis anguria* L.). *Revista ACTA Tecnológica*, v.6, n.1, p.123-136, 2011.

NASCIMENTO, R. S. M.; CARDOSO, J. A.; COCOZZA, F. D. M. Caracterização física e físico-química de frutos de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) no oeste da Bahia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.8, p.856–860, 2014.

PEPATO, H.; SILVESTRE, F.M.; BRUGNARO, C.; SALA, F.C. Avaliação de produção de maxixe paulista. *Horticultura Brasileira*, v.29, n. 2, p. 2338-2342,2011.

SILVA, F.C. Crescimento e alterações fisiológicas pós-colheita em frutos de maxixe (*Cucumis anguria*). Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, 78 f.,Viçosa, MG, 2016.

SILVA, K. C. R. Análise Físico-Química da melancia (*Citrullus lanatus*) na forma in natura do município de Buritis-Ro. Monografia (graduação em Licenciatura em Química) - Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA, Ariquemes-Ro,32 f.,2014.

SILVEIRA, P. T. S.; SILVA, N. M. C.; REIS, M. F. T.; LANDIM, L. B; AQUINO, A. A. Qualidade pós-colheita do maxixe (*Cucumis Anguria* L.) revestido com amido de milho adicionado do extrato de própolis. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v. 9, n.2: p. 1888-1899, 2015.

FITOTOXICIDADE DE RESÍDUOS VEGETAIS NO SOLO E SEU USO EM SEMENTES DE ARROZ

Data de aceite: 01/06/2022

Luiz Augusto Salles das Neves

<http://lattes.cnpq.br/6291209703922578>

Kelen Haygert Lencina

<http://lattes.cnpq.br/4928712279269846>

Raquel Stefanello

<http://lattes.cnpq.br/4476573588686746>

RESUMO: O presente artigo traz uma revisão de literatura referente a fitotoxicidade de resíduos vegetais que afetam a plantas, sobretudo as plantas de arroz. Os ácidos orgânicos produzidos pela decomposição dos resíduos que permanecem nas lavouras, principalmente o ácido acético e o ácido propiônico, afetam a germinação das sementes. Além disso, outros fatores como o índice de velocidade de germinação (IVG) e o índice de velocidade de emergência (IVE) são afetados pela presença desses ácidos orgânicos na solução de solo. Por fim, percebe-se que a presença desses ácidos no solo afetam principalmente as raízes das plantas, prejudicando a absorção de nutrientes e o desenvolvimento inicial das plântulas.

PALAVRAS-CHAVE: Ácidos orgânicos, ácido acético, ácido propiônico, arroz.

PHYTOTOXICITY OF PLANT RESIDUES IN THE SOIL AND ITS USE IN RICE SEEDS

ABSTRACT: This article presents a literature

review regarding the phytotoxicity of plant residues that affect plants, especially rice plants. Organic acids produced by the decomposition of residues that remain in crops, mainly acetic acid and propionic acid, affect seed germination. In addition, other factors such as germination velocity index (IVG) and emergence velocity index (IVE) are affected by the presence of these organic acids in the soil solution. Finally, it is noticed that the presence of these acids in the soil mainly affect the roots of the plants, impairing the absorption of nutrients and the initial development of the seedlings.

KEYWORDS: Organic acids, acetic acid, propionic acid, rice.

INTRODUÇÃO

Os estudos referentes às substâncias produzidas pela decomposição de matéria orgânica nos solos em condições anaeróbica principalmente, têm mostrado grande interesse há muito tempo. Há algum tempo atrás os cultivos agrícolas, sobretudo o arroz, tinham como preparo do solo a quase pulverização deste pelo intensivo uso de maquinário, a fim de que o solo não apresentasse torrões maiores e resíduos de plantas. Essa técnica aplicada na agricultura nas décadas até 1980 provocou uma perda de solo de forma significativa e, como consequência, a necessidade de aumento do uso de fertilizantes químicos. Praticamente, a partir daquela época a agricultura sofre uma grande modificação com a introdução

da tecnologia da semeadura direta e do cultivo mínimo. Ambas as técnicas preveem o mínimo de movimento do solo pelas máquinas e o plantio direto começou a se fazer mais presente nas lavouras de sequeiro. Soja, trigo, milho, principalmente, receberam essa nova tecnologia e tiveram grande sucesso. Já havia, de certa forma, a técnica do binômio trigo-soja ou trigo-milho, porém o objetivo era outro. Esse binômio era mais para quebrar os ciclos biológicos dos patógenos e não objetivava, efetivamente, o melhor uso da terra. Então surgiu a semeadura direta. Nesse caso a cultura principal, soja, por exemplo, era plantada sob a resteva do trigo sem que a palhada anterior fosse incorporada no solo pelo uso de gradeação. Ou ainda, o uso de plantas considerada pastagem e/ou de cobertura para proteger o solo durante o inverno e quando chegasse a semeadura da soja ou milho bastava passar uma grade para cortar a cultura que estivesse sobre o solo. A proteção desse ficou imensa e a produtividade aumentou a despeito do uso de mais fertilizante. Além disso, a estrutura física do solo melhorou muito, pois agora pode reter mais umidade e permitir melhor desenvolvimento das plantas.

A tecnologia nova de semeadura direta alcançou também a cultura do arroz. Todavia, a planta de arroz tem um comportamento diferenciado em relação às culturas de sequeiro citadas, por exemplo. As raízes do arroz respiram embaixo de uma lâmina de água, devido a meristemas específicos para isso. Para essa cultura, o arroz, a técnica da semeadura direta também foi aplicada, sobretudo para melhorar a estrutura física do solo. Entretanto, os resultados não foram os mesmos para as culturas de sequeiro, principalmente devido a decomposição dos resíduos vegetais anteriores e/ou de pastagens semeadas nessa terra para o engorde de animais durante o inverno.

A decomposição dos resíduos vegetais de forma anaeróbica produz componentes fitotóxicos que atuam sobre a cultura que será implementada, no caso o arroz. Esses produtos foram detectados e chamados de ácidos orgânicos de forma geral, embora se saiba que há outros componentes da decomposição que também são produzidos e atuam como estimulantes.

Como o estande da lavoura de arroz diminuía no início da emergência das plantas, a técnica da semeadura direta foi deixada de lado. Entretanto, ficou aberto um longo caminho de pesquisa a fim de identificar as substâncias fitotóxicas e seus efeitos em várias fases das culturas.

O objetivo dessa revisão é o de estudar os componentes fitotóxicos produzidos e seus efeitos na cultura do arroz, principalmente na sua segunda parte. O tema não se esgota, pelo contrário, abre oportunidades para a pesquisa no campo da alelopatia que, ultimamente tem crescido muito e não só sob o ponto de vista da decomposição anaeróbica de resíduos vegetais, mas também com o uso de técnicas da área da química que permitem conhecer quais produtos estão presentes nas mais diferentes partes dos vegetais e que possam ser usadas como inibidores de ervas daninhas e suas sementes.

Por fim, fez-se uma revisão de literatura dividida em duas partes. A primeira

objetivando a preocupação sobre o tema na década de 1960 e a segunda parte o uso de ácidos orgânicos sobre a fisiologia de sementes de cultivar de arroz, já que nessa cultura seus efeitos são mais expressivos.

PARTE I

SUBSTÂNCIAS FITOTÓXICAS ASSOCIADAS COM A DECOMPOSIÇÃO DE PLANTAS NO SOLO

Resíduos de plantas de várias fontes constituem um importante componente no solo. Esses materiais, na forma de tecidos mortos, com imensa diversidade química, são decompostos pela ação de agentes bióticos e abióticos. Durante a decomposição várias interações, transformações e sínteses ocorrem. Por isso, o solo e o ambiente das raízes das plantas contém uma variedade de componentes químicos, vários dos quais, sem dúvida, têm importantes efeitos em todas as fases do desenvolvimento das plantas. Como a maioria dos problemas associados com solo passam existir, estudos da decomposição de resíduos de plantas, frequentemente produzem resultados que são de difíceis interpretações ou que abrem possibilidades para interpretações controvertidas.

Uma das mais importantes questões associadas com resíduos de plantas é se as substâncias produzidas durante a decomposição possuem propriedades fitotóxicas. Devido ao possível impacto na produtividade do solo esta questão tem sido investigada nos últimos 200 anos. Considerável quantidade de literatura e muitas controvérsias têm-se acumulado sobre os efeitos benéficos e detrimenais dos resíduos de plantas e seus produtos resultantes da decomposição. Como é evidente na literatura citada (BONNER, 1950, BÖRNER, 1960, MARTIN, 1957) sob várias condições podem surgir substâncias tóxicas durante a decomposição de resíduos vegetais. Entretanto, várias questões ficam sem respostas ou são controversas. Entre essas questões estão os problemas de acumulação, estabilidade, persistência e concentração desses componentes no solo. Há considerável dúvida de como esses componentes são produzidos em condições de campo e acumulados em quantidade suficientes para produzir efeitos tóxicos. Há também questões referentes à natureza química dos componentes fitotóxico, seus efeitos específicos nas plantas, na ausência de outro fator causal, e sua significância no ambiente agroecológico.

PRODUÇÃO DE SUBSTÂNCIAS FITOTÓXICAS E SEUS EFEITOS DEVIDO AS CONDIÇÕES DE DECOMPOSIÇÃO

Como indicado (PATRICK et al., 1964) a toxicidade dos componentes no solo é devido, frequentemente, aos constituintes orgânicos associados a compactação, falta de aeração ou submersão dos solos.

A decomposição da matéria orgânica é complexa, pois nas condições, anaeróbicas

e aeróbicas, segue mecanismos diferentes de formação de componentes orgânicos simples que são, então, metabolizados. Sob condições anaeróbicas esses componentes desaparecem rapidamente e o material microbiológico é sintetizado. Quando o oxigênio é deficiente e grande quantidade de matéria orgânica decomposta está disponível, ácidos graxos voláteis e outros ácidos orgânicos se acumulam e durante muito tempo a síntese microbiana é inibida. Entre os componentes formados sob tais condições estão o metano, sulfato de hidrogênio, o etileno, os ácidos acético, láctico, butírico, fórmico e outros ácidos orgânicos. Componentes fenólicos incluindo siringaldeído, vanilina, p-hidroxibenzaldeído, ácido ferúlico, siríngico, vanílico, assim como vários aminoácidos e outros produtos intermediários resultantes da quebra dos citados (BÖRNER, 1960; MARTIN, 1957; SKINNER, 1918). Vários desses componentes têm-se mostrado fitotóxico em experimentos de laboratório. Não tem sido difícil demonstrar a decomposição dos componentes fitotóxicos durante a decomposição de resíduos em condições anaeróbicas. Nos estudos, por exemplo, encontram-se que extratos aquosos de solo com resíduos de centeio, cevada, capim Timóteo, milho, trigo, fumo e outras plantas demonstraram ser mais fitotóxicos em condições de alagamento do que em condições de baixa umidade. Não foi detectada toxicidade quando os resíduos foram retirados antes do solo ser submetido a umidade. As condições de saturação não têm se mantidos durante todo o tempo da decomposição.

Altos níveis de fitotoxicidade foram obtidos nos estágios iniciais da decomposição. A atividade fitotóxica se tornou evidente após cinco dias de decomposição, atingindo um máximo após três semanas, declinando após 5 a 7 semanas. Resultados similares foram encontrados por Welbank (1963) quando determinou que condições anaeróbicas, nos solos, durante a decomposição de resíduos de plantas foi muito importante para o desenvolvimento da toxicidade.

Em extensivos estudos foram reportados que enquanto a prática de manter resíduos de culturas sobre a superfície do solo foi efetiva no combate a erosão, o crescimento das plantas foi inibido em culturas de inverno. Foram obtidos pelos autores injúrias nas plantas com extratos retirados de tais resíduos (McCALLA e HASKIN, 1964)

Recentemente, Guenzi e McCalla (1966) identificaram os ácidos vanílico, p-cumárico, p-hidroxibenzoico, siríngico, protocatecoico, e ferúlico nos extratos derivados de palha. Ácidos fenólicos similares foram reportados por Börner (1960), quando estudava a decomposição de resíduos vegetais em solos. Foram identificados os ácidos benzoico, fenilacético, fenilpropionico e 4-fenilbutírico em extratos solúvel de cevada e resíduos de decomposição de outras plantas, em laboratório e no campo. Tais resultados conduziram investigadores a concluir que a formação de produtos fitotóxicos derivados da decomposição está associado, principalmente, com a real decomposição da matéria orgânica, sob condições adversas de aeração. Esses investigadores acreditaram que a ocorrência de tais substâncias sob condições normais de solo podem ser relativamente raras. Efeitos injuriosos nas plantas dessas substância, acreditam, ser insignificantes. Porém, estudos recentes

(McLAREN e SKUJINS, 1968) na aeração do solo e no relacionamento microecológico dentro do solo sugerem que flutuações entre condições aeróbicas e anaeróbicas ocorrem rapidamente. Isso é possível, pois há pequenos sítios de anaerobiose espalhados no solo. Por períodos temporários seguidos de chuvas e de irrigação essa situação pode aumentar nesses sítios. Essas são condições que ajudam a formação de altas concentrações de produtos fitotóxicos da decomposição e podem ser mais comuns do que geralmente se sabe e não necessariamente ficar condicionado ao alagamento dos solos.

Como indicado, os relatos de fitotoxicidade efetivamente existe e é importante sob as condições de campo. Como previsto (PATRICK et al., 1964) no solo temos uma distribuição de sistemas dinâmicos onde todos os efeitos são transitórios, onde a produção, transformação e destruição das substâncias passam de reação em reação. Tem sido difícil a detecção e identificação de fitotoxinas e de outros componentes biologicamente ativos, assim como da importância da correta extração e corretos procedimentos de bioensaios para determinar tais componentes. O ideal é que os procedimentos refletissem as condições ecológicas do solo que são encontradas pelas plantas. Por exemplo, se um solo tem relativa quantidade de resíduos de plantas, cerca de 10% de seu peso, o método utilizado deve mostrar tal valor. Isso pode estar desigualmente distribuído e ocorrer em locais que variam de tamanho e abundância. O solo é um meio uniforme, mas composto por grande variedade de microhabitats que contém variação nas atividades microbiológicas nos padrões de difusão de solutos (CHAPMAN, 1965; McLAREN e SKUJINS, 1968). Pesquisas na produção de fitotoxinas podem se sobrepor nesse sistema sem terem devida interpretação. É esperado que várias dessas substâncias que são produzidas durante a decomposição dos resíduos das plantas possam estar de conformidade com essas relações. Elas podem estar desigualmente distribuídas e associadas com locais de atividades biológicas vicinais aos resíduos. A decomposição desses resíduos das plantas ou qualquer substância orgânica está num processo contínuo e requer rápido e sensível método de ensaio que possa detectar substâncias fitotóxicas, que estão no intervalo entre a produção e o deprecimento. É evidente a obtenção de resultados contraditórios, pois nesse intervalo há substâncias altamente tóxicas, não tóxicas e estimulantes para as plantas, durante a decomposição. Devido à natureza efêmera de tais produtos e sua rápida transição de um tipo de ação fisiológica para outro, esses produtos podem ocorrer frequentemente misturados. Entretanto, durante sua fase ativa, podem, e frequentemente fazem, a indução de importantes efeitos na vida das plantas e podendo aparecer como estimulantes (BÖRNER, 1960; PATRICK, 1964). Todavia, o mais significativo caminho para a produção de fitotoxinas no campo está separada da decomposição de fragmentos residuais na maioria dos solos.

Patrick et al (1964) usaram um método de extração de substâncias fitotóxicas da maioria dos resíduos vegetais que estão em decomposição no campo em vários períodos. Tais substâncias podem ser extraídas somente dos resíduos que estão livres no solo, do

solo que está em contato com tais resíduos e de solos com alto conteúdo de resíduos de plantas. Mas a atividade não fitotóxica pode ser detectada em extratos de solo e de resíduos vegetais com relativa proporção.

As folhas de tabaco que foram amostradas cresceram em resíduos de centeio. A cultura de centeio no campo havia sido usada como adubo verde de 3 a 4 semanas antes. As amostras foram subdivididas em quatro categorias e extratos aquosos foram preparados de cada uma delas. As categorias foram (a) solo e resíduo na mesma proporção encontrada no campo; (b) resíduos de centeio em decomposição somente (esses foram obtidos pela separação dos resíduos das partículas do solo); (c) solo em direto contato com fragmentos de resíduos em decomposição; (d) solo livre dos resíduos em decomposição. Todos os procedimentos de extração foram realizados no dia da amostragem e conservados a frio (3 a 4 °C). Detalhes do bioensaio são similares descritos por Patrick et al. (1964). Os resultados revelaram que os extratos obtidos do solo com resíduos em relativa proporção encontrada no campo (método “a”) teve pequeno efeito na germinação das sementes e no crescimento das plântulas de alface e fumo, usadas no bioensaio. Sementes mortas, injúrias nas raízes e redução considerável em seu crescimento foram observados nos extratos obtidos dos fragmentos dos resíduos em decomposição (método “B”). Similar fitotoxicidade foi também exibida com extratos de solo que estava em contato com resíduos de centeio em decomposição (método “C”). Nenhuma fitotoxicidade foi verificada no método “d” no qual os resíduos foram removidos do solo.

Os extratos fitotóxicos foram purificados por extração com éter usando a técnica de cromatografia e vários solventes como descrito em Toussoun et al (1968). Por essa técnica foram identificadas as substâncias: ácidos acético, butírico, benzoico, fenilacético, hidrocinâmico, 4-fenilbutírico e ferúlico, nas zonas injuriadas. Foram encontrados 5 picos adicionais que não foram identificados, mas não parece ser dos ácidos graxos. Usando método similar foi possível mostrar que substâncias fitotóxicas frequentemente acompanham a decomposição de vários resíduos vegetais. Esses resultados podem explicar algumas das razões para os resultados inconsistentes que podem ser obtidos e as discrepâncias na literatura relevante concernente a produção e existência de tais substâncias em condições de campo. Essas referências bibliográficas também sugerem procedimentos experimentais bem convincentes para o estudo desse grupo de substâncias e para trabalhar somente com locais onde são produzidas. Isso é possível somente onde resíduos vegetais estão visíveis e durante os estágios precoces de decomposição.

A concentração de tais substâncias no solo e seus efeitos nas plantas pode ser considerada de aspecto microecológico. Por exemplo, as raízes crescem através do solo podem ser afetadas pelas substâncias fitotóxicas que foram produzidas em microhabitats. Por isso, a extensão das injúrias nas raízes ou outros efeitos é dependente da frequência casual do encontro com os sítios e as substâncias fitotóxicas. Sob condições de campo, os efeitos injuriosos nas plantas podem estar distribuídas desigualmente e a severidade está

relacionada com a quantidade dos resíduos imediatamente vicinais as raízes (PATRICK et al., 1971). Essa hipótese foi testada em intensivos estudos em condições de campo (PATRICK et al., 1964) e as raízes injuriadas foram similares as observadas em condições de laboratório. Quantidades grandes de resíduos de plantas foram adicionadas ao solo e os efeitos fitotóxicos foram aumentados com a decomposição e produção de toxinas.

EFEITO DAS FITOTOXINAS NAS RAÍZES

Os efeitos das injúrias nas plantas foram reportadas devido a fitotoxicidade dos produtos resultantes da decomposição (McCALLA e HASKINS, 1964; BÖRNER, 1960; BONNER, 1950; SKINNER, 1918). Isso inclui a morte ou completa inibição da germinação das sementes, parada do desenvolvimento, injúrias no sistema radicular, desarranjo na absorção de nutrientes, clorose, murcha e morte da planta. Nos estudos de Patrick et al (1958) e Patrick et al (1963) esses mesmos efeitos foram obtidos. Um dos mais interessantes efeitos notados foi a rápida inibição da respiração nas raízes e na parte aérea e isso ocorre quando plântulas de tabaco e alface foram expostas aos extratos durante uma hora. Outro fator notável foi a extrema sensibilidade das raízes aos extratos fitotóxicos. A raiz primária se mostrou muito sensível. A região do meristema apical da raiz apresentou anormalidades, descoloração e parecia estar morta. O efeito no meristema apical foi rápido e o aparecimento da cor marrom pode ser detectado com menos de uma hora de exposição. Injúrias no meristema apical foi um efeito consistente e característico das fitotoxinas nas raízes e serviu para diagnóstico correto da expressão fenotípica no campo.

Em laboratório, o crescimento dos pelos radiculares foi também inibido. Injúrias na forma de depressão e descolorações foram também notadas nas raízes das plantas quando essas entraram em contato com das doses dos fitotóxicos. As toxinas parecem, também, afetar a permeabilidade das células nas raízes, resultando no marcante incremento de exsudatos de ninhidrina-positiva e açúcares das áreas em contato com as fitotoxinas (PATRICK e KOCH, 1963). Como discutido por Whitehead (1964), Börner (1960) e Patrick et al. (1964) alterações significativas podem ser induzidas por condições bioquímicas e fisiológicas das plantas, podendo, então, ter relações significantes com a nutrição das plantas e a etiologia das doenças nas raízes.

A ESPECIFICIDADE DAS PLANTAS ASSOCIADAS COM FITOTOXINAS

Os efeitos fitotóxicos parecem ter uma característica inerente de várias espécies de plantas. Um dos melhores exemplos conhecidos de fitotoxicidade associada com plantas específicas é o efeito da noqueira nigra (*Juglans nigra*) em tomates e outras plantas (BÖRNER, 1960; PATRICK et al., 1964). Várias espécies de ervas daninhas e vegetação nativa têm sido implicadas em similares problemas de fitotoxicidade. Várias dessas têm

sido associadas com sucessões ecológicas de plantas com o fenômeno da alelopatia (TUKEY, 1969). Problemas de natureza similares onde importantes culturas econômicas estão envolvidas são as derivadas de solos empobrecidos. Nesse caso há um complexo de problemas onde vários fatores causais parecem estar envolvidos.

Como indicado há várias ramificações desse estudo que não podem ser consideradas no espaço limitado disponível. Há dúvidas, entretanto, que substâncias que são tóxicas para as plantas são produzidas durante a decomposição de resíduos vegetais no solo e isso pode afetar as plantas de várias formas. As substâncias fitotóxicas são produzidas mais abundantemente nos estágios precoces da decomposição e sob condições anaeróbicas. Há várias questões ainda que podem ser levantadas especialmente aquelas relacionadas com as condições de campo, como: como várias substâncias são produzidas, em qual sequência, qual gradiente de concentração deve ser necessário para produzir efeito fitotóxico. Há necessidade de se estabelecer técnicas e métodos especiais para melhores estudos. O uso da cromatografia oferece bons resultados para a separação e identificação das várias substâncias produzidas.

É evidente que embora os estudos dessa natureza envolvam grande técnica e dificuldades interpretativas é um campo excitante. Isso é a indicação das consequências biológicas da decomposição dos resíduos vegetais no solo que são imensas e demonstra várias fases no desenvolvimento das plantas afetadas.

PARTE II

APLICAÇÃO DOS ÁCIDOS ACÉTICO E PROPÍÔNICO SOBRE A QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ARROZ (CV BR IRGA-409)

Efeitos dos ácidos orgânicos

As plantas possuem compostos químicos, derivados do metabolismo secundário em sua maioria, que podem agir sobre sementes inibindo ou aumentando seu poder germinativo, além de poderem atuar sobre o desenvolvimento das plântulas estabelecidas no campo.

Com o advento do plantio direto como prática conservacionista estabelecida em culturas de milho, soja, trigo, principalmente, por serem cultivadas em encostas, por um lado e como prática revitalizadora do solo, por outro lado, os efeitos dos componentes químicos derivados das plantas começaram aparecer, pois suas concentrações aumentaram pela degradação contínua dos resíduos deixados sobre o solo ou nele incorporados antes da semeadura, principalmente em terras baixas.

Há então questões a serem respondidas referentes à acumulação, estabilidade, persistência e concentração dos componentes resultantes da degradação no solo. Há dúvidas concernentes as concentrações acumuladas que poderão causar efeitos tóxicos.

A decomposição dos resíduos vegetais no solo pode ocorrer em condições aeróbicas e anaeróbicas. Na primeira, as substâncias produzidas desaparecem rapidamente e os resíduos se transformam em material orgânico capaz de ser utilizado pelos microrganismos do solo. Porém quando o oxigênio é deficiente devido a irrigação, a síntese microbiana é impedida de degradar os resíduos, então o acúmulo desse produz ácidos orgânicos voláteis (Patrick, 1971). Entre os ácidos orgânicos produzidos dessa forma estão os ácidos acético, propiônico, butírico, fórmico e láctico e, ainda, componentes fenólicos incluindo a vanilina e o ácido ferúlico (PATRICK, 1971; LYNCH, 1980; BHOWMIK E DOLL, 1982; CAMARGO et al., 1993 a.).

Devido à presença desses compostos altos níveis de toxicidade foram obtidos nos estágios iniciais da decomposição até cerca de três semanas. A partir desse período até sete semanas houve redução da concentração dos ácidos e, conseqüentemente, do poder fitotóxico, relata Welbank (1963) quando estudou o comportamento da decomposição de *Agropyron repens* L. e Ponnamperuma (1972) quando analisou solos submersos sob o ponto de vista químico.

Estudos realizados entre aeração do solo, atividade microbiana no solo e a deposição de palhada, foram encontrados sítios de anaerobiose nos quais os componentes químicos citados estavam presentes, pois em solos altos as chuvas ou a água de irrigação, associada aos resíduos vegetais, propiciarão a formação desses sítios. Em solos irrigados, como o de várzeas, a quantidade de sítios de anaerobiose é maior e por isso maior é a possibilidade de formação dos ácidos orgânicos nesses solos (PATRICK, 1971; CAMARGO et al., 2001).

A concentração dos ácidos orgânicos no solo varia de acordo com a quantidade e qualidade do resíduo vegetal. Palha de arroz na quantidade de 100 mg Kg⁻¹ de solo produz 14 mmol Kg⁻¹ de ácido acético, com 14 dias de incubação; 1,3 mmol Kg⁻¹ de ácido propiônico, com 28 dias e 4,8 mmol Kg⁻¹ de ácido butírico com 3 dias de incubação; palha de azevém incorporada no solo produz, no total, 45,2 mmol Kg⁻¹ de ácidos orgânicos com 28 dias de incubação (CAMARGO et al., 2001). Percebe-se com isso que os ácidos orgânicos variam sua concentração em relação ao tempo.

A variação da concentração dos ácidos orgânicos tem como principal fator a temperatura. Estudos em condições anaeróbicas da decomposição da palha de trigo num sistema aquoso mostraram que os ácidos acético e butírico tiveram suas concentrações aumentadas quando a temperatura da solução aumentou de 10°C para 20°C (LYNCH, 1978; WALLACE e ELLIOTT, 1979).

Pelas mais diferentes metodologias de análise a concentração dos ácidos aplicados às plantas é variável, pois alguns autores relatam a aplicação de soluções aquosas de material vegetal incubado no solo de vasos ou sobre plantas emergidas. Rao e Mikkelsen (1976), nesse caso, realizaram a incorporação da solução aquosa de palha de arroz nas concentrações zero; 0,25% e 0,50% juntamente com os resíduos sólidos, em vasos, para analisar o crescimento e a nutrição de plântulas de arroz. Por sua vez, Rao e Mikkelsen

(1977) verificaram que concentrações de 0,5 mmol 100g⁻¹ de solo, os ácidos orgânicos prejudicaram as plantas de arroz.

Experimentos para a quantificação dos ácidos orgânicos foram realizados com a incorporação de palha de arroz em solo nas quantidades de zero; 5; 10; 20 e 40 t ha⁻¹ solos glei pouco húmico, coletado no Vale do rio São João, no Rio de Janeiro (CAMARGO et al., 1993 a). Utilizando desses solos os horizontes A e C_g a produção de ácidos orgânicos se deu inicialmente no horizonte A na quantidade de 220 mmol 100g solo⁻¹ nas primeiras 24 horas de inundação e alcançou o horizonte C_g somente 72 horas após e na quantidade de 100 mmol 100g solo⁻¹. Ao final da primeira semana os autores perceberam estabilização da produção dos ácidos.

Em meio de cultura, também os ácidos orgânicos foram estudados. A cultivar de arroz BR IRGA-409 semeada em meio de cultura, onde os ácidos acético e butírico foram adicionados nas concentrações de zero; 0,1; 1,0 e 10 mM (correspondente a zero; 0,057; 0,577 e 5,70 ml L⁻¹) (CAMARGO et al., 1993 b), enquanto que Sousa e Bortolon (2002) analisaram o cultivar BRS 7 “Taim” também em meio de cultura onde apenas o ácido acético foi adicionado nas concentrações de zero; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 e 15,0 mM (correspondente a zero. 1,24; 2,88; 4,33; 5,77 e 8,66 ml L⁻¹). Em ambos, o objetivo foi o de conhecer a dose fitotóxica desses ácidos na cultura do arroz. No primeiro os autores concluíram que a dose de 10 mM foi a mais fitotóxica, além do que o ácido butírico determinou variações mais acentuadas do que o acético. No segundo experimento as doses entre 2,5 e 15 mM do ácido acético mostraram-se fitotóxicas.

O efeito que os ácidos orgânicos produziram nas plântulas de arroz, desde a simples aplicação do extrato aquoso, com ou sem os resíduos sólidos em vasos, até a adição dos ácidos p.a. em meios de cultura, em laboratórios, foi o de redução no alongamento da parte aérea e da raiz e diminuição da matéria fresca e seca, de forma geral, em alface e fumo (PATRICK, 1971); em trigo (KIMBER, 1967); em trigo, milho e aveia (GUENZI et al., 1967); em milho e soja (BHOWMIK e DOLL, 1982); em trigo (WALLACE e WHITEHAND, 1980; WALLACE e ELLIOTT, 1979); em cevada (LYNCH, 1978); em arroz (CAMARGO et al., 1993b; SOUSA e BORTOLON, 2002). Resultados semelhantes foram encontrados por Colpas et al. (2003) quando analisou o ácido ferúlico, um dos componentes fenólicos de resíduos vegetais, na germinação da soja. A germinação foi reduzida com o aumento da dose, assim como o comprimento da raiz primária medida aos 8 dias de tratamento. Os autores concluíram que esse ácido é fitotóxico para as plantas de soja.

Particularmente lesões nos tecidos meristemáticos com a inibição da divisão celular foram verificadas (CAMARGO et al., 1993 a). Além disso, diversos autores (RADAMOSS, 1976; WOTJTZAK, 1976; CHAN e HIGGIN, 1978; MORRE e MOLLENHAUER, 1979) citados por Camargo et al. (1993 a) relatam que os ácidos orgânicos alifáticos são inibidores das funções mitocondriais, sendo que o desacoplamento da fosforilação oxidativa, transporte de metabólico e de enzimas glicolíticas solúveis no citossol e funções ligadas a

endomembranas, como as responsáveis pela síntese de polissacarídeos e a ATPase, são as mais afetadas.

Os efeitos dos ácidos orgânicos sobre a germinação de sementes são pouco estudados, pois se acredita que as raízes sejam as mais afetadas, haja vista que a produção dos ácidos em condições anaeróbicas ocorre durante a primeira semana, tempo suficiente para que as sementes tenham germinado, assim como a emergência das plântulas. Entretanto Lynch (1980) analisou os efeitos dos ácidos acético, butírico, propiônico e láctico em condições de anaerobiose e aerobiose em cevada, trigo, milho, *Brassica napus* (L.) e trevo. Na primeira condição, em seus resultados o autor descreveu que o mais fitotóxico foi o acético seguido do propiônico, butírico e láctico, apesar de que na germinação das sementes os dois primeiros ácidos não diferenciaram entre si. A elongação das raízes de cevada foi verificada pelo autor em baixas concentrações do ácido acético, ao que explica como sendo reparo promovido pelo próprio ácido às membranas no embrião da semente na sua rehidratação. Quando a solução de tratamento foi oxigenada, segunda condição houve aumento na porcentagem de germinação com o aumento da concentração de O₂ principalmente nas tratadas com ácido acético.

O arroz, por ser cultura adaptada para solos de várzea e ter maiores produções nessas áreas, desenvolveu espaços porosos no córtex (aerênquima) que são capazes de diminuir os efeitos drásticos dos ácidos orgânicos, evidenciados acima. O aerênquima é o tecido que forma uma camada com oxigênio na rizosfera capaz de oxidar elementos tóxicos como Fe²⁺, Mn²⁺, H₂S e ácidos orgânicos (LUXMOORE et al., 1970; ANDRADE et al., 2003).

A nutrição mineral das plantas, na forma de adubação, permite que quantidades razoáveis de N, P, K, Ca e Mg, além de micronutrientes permaneçam disponíveis na solução do solo para serem absorvidos pelas raízes. Quando os ácidos orgânicos estão presentes nesses solos há diminuição na disponibilidade desses nutrientes, pois quando o ácido se dissolve na solução do solo dissocia-se formando radicais livres RCOO⁻ que podem atrair cátions dos elementos minerais, indisponibilizando-os para as plantas. Por outro lado, elementos tóxicos como manganês pode ter sua concentração aumentada, principalmente em solos ácidos, devido sua redução causada pelos radicais livres formados na dissociação do ácido orgânico na solução do solo (LUXMOORE et al., 1970; CAMARGO et al., 1999; ANDRADE et al., 2003).

Os trabalhos existentes descrevem o efeito desses ácidos sobre o crescimento e desenvolvimento das plântulas, sendo omitidas as possíveis alterações ocorridas ao nível de semente, pois, para germinar, é necessário umidade, portanto é grande a possibilidade da presença de ácidos orgânicos no solo que venham a prejudicar também a germinação quando absorvidos juntamente com a água.

Com isso, o objetivo do trabalho foi descrever os efeitos dos ácidos acético e propiônico na qualidade fisiológica de semente e verificar seus possíveis prejuízos no

desenvolvimento das plântulas de arroz, cultivar BR IRGA-409, extensamente usada nas lavouras do Rio Grande do Sul.

A METODOLOGIA APLICADA PARA ANÁLISE

A metodologia aplicada para se analisar os efeitos dos ácidos acético e propiônico foi o da aplicação desses ácidos nas sementes de arroz de acordo com a metodologia desenvolvida por Neves (2006). Os parâmetros analisados foram germinação, primeira contagem da germinação, índice de velocidade de germinação e a condutividade elétrica. Os resultados estão nas tabelas abaixo descritas, juntamente com resultados e discussão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem de germinação de sementes de arroz BR IRGA-409 tratadas com diferentes concentrações do ácido acético variou de 94% a 37%, enquanto que as tratadas com ácido propiônico de 94% a 69% (Tabela 1).

No teste de primeira contagem da germinação das sementes submetidas ao ácido acético a variação foi de 88% a 31%, conforme a concentração do ácido, apesar de que as concentrações zero; 1 e 2 ml L⁻¹ não variaram estatisticamente. As tratadas com ácido propiônico a variação ocorreu entre 88% a 50%, decrescendo com o aumento da concentração. Nesse caso as concentrações 1; 2; 4 e 8 ml L⁻¹ não variaram entre si, estatisticamente (Tabela 1). Comparativamente o ácido acético reduziu significativamente tanto a germinação e a primeira contagem da germinação, analisado pelas médias dos tratamentos, em relação ao propiônico, demonstrando maior efeito fitotóxico.

A ação dos ácidos orgânicos sobre a germinação das sementes tem sido pouco descrito, haja vista que a maior preocupação está voltada para o estágio de plântula, quando os ácidos orgânicos estão em alta concentração no solo (CAMARGO et al. 1993a). Patrick (1971) verificou que altos níveis de fitotoxicidade foram obtidos nos estágios iniciais da decomposição da matéria orgânica no solo, tornando-se evidente nos três primeiros dias, o que culmina com a germinação das sementes, atingindo a máxima concentração na terceira semana e declinando após uma semana.

Tratamentos**	Ácido acético				Ácido Propiônico				
	(ml L ⁻¹)	TG (%)	PCG (%)	IVE	E (%)	TG (%)	PCG (%)	IVE	E (%)
Zero	94 a*	88 a	13 a	95 a	94 a	88 a	13 a	95 a	
1	87 a	86 a	12 a	91 a	86 b	85 b	12 a	89 a	
2	87 a	86 a	11 b	85 b	85 b	82 b	11 a	86 a	
4	76 b	73 b	6 c	72 c	84 b	82 b	10 b	85 a	
8	64 c	54 c	5 d	70 c	84 b	82 b	7 c	82 a	
16	37 d	31 d	2 e	25 d	69 c	50 c	5 d	61 b	
<i>Média</i>	<i>74</i>	<i>69</i>	<i>8,1</i>	<i>73</i>	<i>83</i>	<i>79</i>	<i>9,6</i>	<i>83</i>	
<i>CV (%)</i>	<i>6,81</i>	<i>2,50</i>	<i>4,29</i>	<i>5,29</i>	<i>3,49</i>	<i>8,07</i>	<i>9,89</i>	<i>2,57</i>	
<i>F</i>	<i>112,75</i>	<i>152,65</i>	<i>12,17</i>	<i>43,16</i>	<i>37,08</i>	<i>67,23</i>	<i>3,74</i>	<i>30,94</i>	

* Valores com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Adaptado de Neves, L. A. S. (2005).

TABELA 1. Germinação (TG), primeira contagem da germinação (PCG); emergência de plântulas (E) e índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de arroz BR IRGA-409, submetidas as concentrações zero; 1; 2; 4; 8 e 16 ml L⁻¹ dos ácidos acético e propiônico

Esse mesmo autor observou redução da germinação de sementes de alface colocadas sobre papel germitest umedecido com solução aquosa derivada da decomposição anaeróbica, por 3 semanas, da palha de centeio. Igualmente Lynch (1980) descreve que o ácido acético reduziu em 77% a germinação das sementes de cevada, enquanto que o ácido propiônico as reduziu em apenas 35%.

Quanto ao índice de velocidade de emergência (Tabela 1) houve decréscimo com o aumento da concentração dos ácidos acético e propiônico, entretanto verifica-se que o ácido propiônico mostrou-se menos fitotóxico, pois as concentrações zero; 1 e 2 ml L⁻¹ não variaram entre si, enquanto que com o ácido acético somente a concentração de 1 ml L⁻¹ é estatisticamente igual ao controle.

No teste de emergência de plântulas (Tabela 1) o ácido acético induziu decréscimo significativo com o incremento da concentração do ácido, apenas as concentrações zero e 1 ml L⁻¹ não diferem entre si, mas diferem das demais, demonstrando maior fitotoxicidade, enquanto que com o ácido propiônico as concentrações zero; 1; 2; 4 e 8 ml L⁻¹ não diferem entre si, apesar de haver redução com o aumento da concentração do ácido. Apenas a concentração 16 ml L⁻¹ foi a que reduziu a emergência das plântulas, significativamente.

Poucas são as referências sobre a emergência de plântulas sob ação de ácidos orgânicos. As que relatam utilizam-se de palhadas em incubação anaeróbica onde os ácidos orgânicos são produzidos. Guenzi et al. (1967) verificaram que palhadas de trigo, cevada, sorgo e milho em incubação produziram diferentes quantidades de ácidos orgânicos. Em vista disso testaram suas fitotoxicidades na cultura do trigo, analisando a emergência de plântulas durante dois anos consecutivos. Dentre os resíduos vegetais, o de trigo foi o

mais fitotóxico, pois apresentou inibição de até 90%, na emergência das plântulas sendo considerado pelos autores como autotoxicidade. A palhada do sorgo foi a menos fitotóxica, pois somente 52% das sementes não emergiram.

Análises contidas na tabela 1 são comumente empregadas em laboratório e casa de vegetação para fazerem estudos de diferenciação de lotes assim como analisar a qualidade fisiológica das sementes, além disso, estudos como efeitos do déficit hídrico, da ação de fitohormônios vegetais, de inseticidas aplicados em grãos armazenados e alelopatia podem produzir alterações no vigor das sementes. É com base nessas verificações que serão feitas as comparações com os dados aqui obtidos.

Crocomo et al., (1989) verificaram o IVE para algodão, amendoim e feijão tratadas com carbofuran, enquanto Pasin et al. (1991) utilizaram-se também do IVE para verificar o comportamento das sementes de feijão ao déficit hídrico e Aragão et al. (2001) avaliaram o efeito da citocinina no vigor de plântulas de milho. Em todos os autores perceberam redução do IVE com o aumento da concentração dos compostos nos tratamentos das sementes. Por fim, Medeiros e Luchesi, (1993) verificaram que componentes alelopáticos, como extrato aquoso de *Vicia faba* L. aplicado sobre sementes de alface reduziu drasticamente a germinação no período de 48 horas, e no período de 96 horas, apenas 27% das sementes germinaram, demonstrando efeito fitotóxico desse extrato e Rimando et al. (2001) verificaram que extratos aquosos de raízes de arroz mostraram efeitos fitotóxicos na germinação do milho, alface e plantas daninhas.

O teste da condutividade elétrica permite a medição da quantidade de exsudatos liberados para a água de embebição durante o processo de germinação. Essa liberação se deve a velocidade pela qual as membranas fosfolipídicas se reorganizam. Quanto maior a velocidade de reorganização das membranas maior será o vigor das sementes. Os exsudatos tais como íons inorgânicos, açúcares, aminoácidos, enzimas, nucleosídeos e ácidos graxos, possuem cargas elétricas, portanto são passíveis de medição por um condutímetro (DIAS e MARCOS FILHO, 1995).

No presente trabalho, a condutividade elétrica das sementes tratadas com os ácidos acético e propiônico foi analisada nos períodos de 3 e 24 horas a partir do início do teste (Tabela 2).

No período de 3 horas, nas sementes tratadas com ácido acético, as concentrações zero; 1; 2 e 4 ml L⁻¹ não diferiram entre si, porém diferiram das concentrações 8 e 16 ml L⁻¹, apesar de que essas últimas não diferiram entre si. No período de 24 horas as concentrações zero; 1; 2 ml L⁻¹ não diferiram entre si, mas diferiram das demais, enquanto que as concentrações 4; 8 e 16 ml L⁻¹ não diferiram entre si. Percebe-se que com o aumento da concentração e do tempo de incubação houve aumento da liberação de eletrólitos para a água de embebição.

Para o ácido propiônico, na terceira hora as concentrações 1; 2; 4 e 8 ml L⁻¹ não diferiram entre si, mas diferiram das demais. A concentração zero diferiu da 16 ml L⁻¹,

enquanto que na vigésima quarta hora as concentrações zero e 1 ml L⁻¹ não diferiram entre si, mas diferiram das demais, porém essas não diferiram entre si.

Tratamentos** (ml L ⁻¹)	Acido acético ($\mu\text{S m}^{-1} \text{g}^{-1}$)		Acido propiônico ($\mu\text{S m}^{-1} \text{g}^{-1}$)	
	3º hora	24º hora	3º hora	24º hora
Zero	650 b*	2250 b	650 c	2250 b
1	650b	2240 b	840 b	2570 b
2	690b	2190 b	810 b	2930 a
4	880b	2700 a	880 b	2980 a
8	1250 a	2960 a	890 b	2970 a
16	1300 a	3070 a	1040 a	2960 a
<i>Média</i>	<i>903,3</i>	<i>2568,3</i>	<i>851,6</i>	<i>2776,6</i>
<i>CV (%)</i>	<i>15,1</i>	<i>16,5</i>	<i>8,5</i>	<i>7,9</i>
<i>F</i>	<i>7,0</i>	<i>8,4</i>	<i>12,6</i>	<i>11,1</i>

* Valores com a mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

** Adaptado de NEVES, L. A. S., (2005).

TABELA 2. Condutividade elétrica de sementes da cultivar BR-IRGA 409 tratadas com concentrações (zero; 1; 2; 4; 8 e 16 ml L⁻¹) de ácido acético e propiônico em dois períodos (3 e 24 horas)

É possível dizer que, pelos valores observados, houve acréscimo da 3ª hora para a 24ª hora, como era de se esperar, pois ambos os ácidos provocaram aumento de eletrólitos na água de incubação.

O teste da condutividade elétrica é realizado com frequência nas análises de sementes com a finalidade de determinar o seu vigor. É usado também para a pesquisa de tratamentos de sementes com fitohormônios, com soluções salinas, além de medirem diferenças genotípicas entre cultivares e variedades. Não há descrição com referência aos ácidos orgânicos.

Para se realizar uma comparação entre os dados aqui obtidos e os descritos na bibliografia existente, utilizou-se Aragão et al. (2002) que verificaram aumento de exsudação na água de embebição de sementes de feijão quando submeteram essas sementes a vários ciclos de hidratação-secagem, assim como Bittencourt et al. (2000) quando trataram sementes de milho com inseticidas sistêmicos. Silveira et al. (2000a) analisando o vigor de sementes de arroz com ácido salicílico perceberam que as concentrações menores permitiram mais rápida organização do sistema de membranas da semente, entretanto das concentrações maiores essa reorganização foi mais lenta e, por fim, Roveri-José et al. (2001) utilizaram a condutividade elétrica para diferenciar cultivares de pimentão.

Relacionando a condutividade elétrica (Tabela 2) com o teste padrão de germinação (Tabela 1) percebe-se que ambos os ácidos causaram efeitos fitotóxicos e que as maiores

doses determinaram menor germinação e maior liberação de exsudatos, portanto reduzindo a qualidade das sementes.

CONCLUSÕES

Nessa revisão foi possível se verificar os efeitos fitotóxicos que os ácidos orgânicos provocam sobre as sementes e plântulas de arroz, principalmente.

Em sementes de arroz, na cultivar BR IRGA-409, submetidas aos efeitos dos ácidos acético e propiônico, a germinação, a primeira contagem da germinação, a emergência das plântulas e o índice de velocidade de emergência de plântulas foram reduzidas.

O efeito dos ácidos acético e propiônico foi o de aumentar a lixiviação de metabólitos com o aumento da concentração, medido pela condutividade elétrica.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, F. V.; MENDONÇA, E. S.; ALVAREZ, V. H. et al. Adição de ácidos orgânicos e húmicos em latossolo e adsorção de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.27, n.6, p.1003-1011, 2003.

ARAGÃO, C. A.; LIMA, M. W. P.; MORAIS, O. M. et al. Fitorreguladores na germinação de sementes e no vigor de plântulas de milho super doce. **Revista Brasileira de Sementes**. Londrina, v.23, n.1, p.62-67, 2001.

ARAGÃO, C. A.; DANTAS, B. F.; ALVES, E. et al. Sementes de feijão submetidas a ciclos de período de hidratação-secagem. **Scientia Agrícola**. Piracicaba, v.59, n.1, p.87-92, 2002.

BHOWMIK, P. C.; DOLL, J. D. Corn and soybean to allelopathic effects of weed and crop residues. **Agronomy Journal**. Madison, v.74, p.601-606, 1982.

BITTENCOURT, S. R. M.; FERNANDES, M. A.; RIBEIRO, M. C. E. et al. Desempenho de sementes de milho tratadas com inseticidas sistêmicos. **Revista Brasileira de Sementes**. Brasília, v.22, n.2, p.88-93, 2000.

BONNER, J. The role of toxic substances in the interactions of higher plants. **Botanical Review**, v. 51, n.16, p.51-65, 1950.

BRÖRNER, H. Liberation of organic substances from higher plants and their role in the soil sickness problem. **Botanical Review**, n.26, p.393-424, 1960.

CAMARGO, F. A. O.; ZONTA, E.; SANTOS, G. A. et al. Aspectos fisiológicos e caracterização da toxidez de ácidos orgânicos voláteis em plantas. **Ciência Rural**, v.31, n.3, p.523-529, 2001.

CAMARGO, F. A. O.; SANTOS, G. A.; ROSSIELLO, R. O. P. et al. Efeito dos ácidos acético e butírico sobre o crescimento de plântulas de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.9, p.1011-1018, 1993 a.

CAMARGO, F. A. O.; SANTOS, G. A.; ROSSIELLO, R. O. P. et al. Produção de ácidos orgânicos voláteis com adição de palha de arroz em glei sob condições anaeróbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, n.3, p.337-342, 1993 b.

CHAPMAN, H. D. Chemical factors of the soil as they affect microorganisms. In: BAKER, J. F.; SNYDER, W.C.(Eds) **Ecology of soil-borne plant pathogens**. University of California Press: Berkeley. p.120-141. 1965.

COLPAS, F. T.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; et al. Effects of some phenolic compounds on soybean seed germination and an seed-borne fungi. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.46, n.2, p.155-161, 2003.

CROCOMO, W. B.; GUASSÚ, C. M. O.; NAKAGAWA, J. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de algodão, amendoim e feijão tratadas com inseticidas sistêmicos. **Científica**. São Paulo, v.17, n.1, p.157-167, 1989.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. Testes de vigor baseado na permeabilidade das membranas celulares. I. Condutividade elétrica. **Informativo ABARATES**. Londrina, v.5, n.1, p.26-36, 1995.

GUENZI, W. D.; McCALLA, T. M. Phytotoxic substances extracted from soil. **Soil Science Society American Proceedings**, v.30, n.2, p.214-216, 1966.

GUENZI, W. D.; McCALLA, T. M.; NORSTADT, F. A. Presence and persistence of Phytotoxic substances in wheat, oat, corn, and sorghum residues. **Agronomy Journal**. Madison, v.59, n.2, p.163-165, 1967.

KIMBER, R. W. Phytotoxicity from plant residues. I. The influence of rotted wheat straw on seedling growth. **Australian Journal Agriculture Research**. Collingwood, v.18, p.361-374, 1967

LYNCH, J. M. Effects of organic acids on the germination of seeds and growth of seedlings. **Plant Cell and Environment**, v.3, p.255-259, 1980.

LUXMOORE, R. J.; STOLZY, L. H.; LETEY, J. Oxygen diffusion in the soil-plant system. **Agronomy Journal**, v.62, p.317-332, 1970.

MARTIN, H. Chemical aspects of ecology in relation to agriculture. **Canadian Department of Agriculture**, Publicacion 1015. 1957. 96p.

McLAREN, A. D.; SKUJINS, J. The physical environment of microorganism in soil. In: GRAY, T. R. G.; PARKINSON, D. (Eds) **The ecology of soil bacteria**. University of Toronto Press. p. 3-24. 1968.

McCALLA, T. M.; HASKINS, F. A. Phytotoxic substances from soil microorganisms and crop residues. **Bacteriological Review**, v. 28, n.2, p.181-207, 1964.

MEDEIROS, A. R. M.; LUCCHESI, A. A. Efeitos alelopáticos da ervilhaca (*Vicia faba* L.) sobre a alface em teste de laboratório. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.1, p.9-14, 1993.

NEVES, L.A.S. Efeito dos ácidos acético e propiônico sobre a qualidade de sementes e o crescimento de plântulas de arroz (cv Br Irga-409). **Tese**. Doutorado em Agronomia – Área de concentração Produção Vegetal. UFPEL. Pelotas. 2005.

- PATRICK, Z. A.; KOCH, L.W. The adverse influence of phytotoxic substances from decomposing plant residues on resistance of tobacco to black root rot. **Canadian Journal of Botany**, v.41, n.6, p.747-758. 1963.
- PATRICK, Z. A.; TOUSSOUN, T. A.; KOCH, L.W. Effect of crop-residue decomposition products on plant roots. **Annual Review Phytopatology**, v.2, p.267-292, 1964.
- PATRICK, Z. A. Phytotoxic substances associated with the decomposition in soil of plants residues. **Soil Science**. USA, v.3, n.1, p.13-18, 1971.
- PASIN, N. H.; SANTOS FILHO, B. G.; SANTOS, D. S. B.; et al. Desempenho de sementes de feijão provenientes de plantas submetidas a déficit hídrico em dois estádio de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.2, p.183-192, 1991.
- PONNAMPERUMA, F. N. The chemistry o submerged soils. **Advances in Agronomy**, v.24, p.29-96, 1972.
- RAO, N.; MIKKELSEN, D. S. Effect of acetic, propionic and butyric acids on Young rice seedling growth. **Agronomy Journal**, v.69, n.4, p.923-928, 1977.
- RAO, N.; MIKKELSEN, D. S. Effect of rice straw incorporation on rice plant growth and nutrition. **Agronomy Journal**, v.68, n.3, p.752-755. 1976.
- RIMANDO, A. M.; OLOFSDOTTER, M.; DAYAN, F. E. et al. Searching for rice allelochemicals an example of bioassay-guided isolation. **Agronomy Journal**, v.93, n.1, p.16-20, 2001.
- ROVIERI-JOSÉ, S. C. B.; CARVALHO, M. L. M.; RODRIGUES, R. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, n.1, p.35-61, 2001.
- SILVEIRA, M. A. M.; MORAES, D. M.; LOPES, N. F. Germinação e vigor de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) tratadas com ácido salicílico. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, n.2, p.145-152, 2000 a.
- SKINNER, J.J. Soil aldehydes, a scientiic study of a new class do soil constiutents unfavorable to crops, their occurrence, properties and elimination in practical agriculture. **Journal Franklin Institute**, v.186, n°s 2,3,4,5,6, p.165- 741, 1918.
- SOUSA, R. O.; BORTOLON, L. Crescimento radicular e da parte aérea do arroz (*Oryza sativa* L.) e absorção de nutrientes em solução nutritiva com diferentes concentrações de ácido acético. **Revista Brasileira de Agrociências**, v.8, n.3, p.231-235. 2002.
- TOUSSOUN, T. A.; WEINHOLD, A. R.; LINDERMAN, R. G.; PATRICK, Z.A. Nature of phytotoxic substances produced during plant residue decomposition in soil. **Phytopatology**, v.58, p.41-45, 1968.
- TUKEY, H. B. Implications of allelopathy in agricultural plant science. **Botany Review**, v.35, n.1, p.1-16, 1969.
- WALLACE, J. M.; ELLIOTT, L. F. Phytotoxins from anaerobically decomposing wheat straw. **Soil Biology and Biochemistry**, v.11, n.4, p.325-330, 1979.

WALLACE, J. M.; WHITEHAND, L. C. Adverse synergistic effects between acetic, propionic, butyric and valeric acids on the growth of wheat seedling roots. **Soil Biology and Biochemistry**, n.12, p.445-446, 1980.

WELBANK, D. C. Toxin production during decay of *Agropyron repens* (conch grass) and other species. **Weed Research**, n.3, p.205-214, 1963.

CAPÍTULO 7

IMPACTOS DE PLANTAS DE COBERTURA NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 09/05/2022

João Pedro Novais Queiroz Guimarães

Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul
Cassilândia - Mato Grosso do Sul
<http://lattes.cnpq.br/2124195097372154>

Rayanne Soeiro da Silva

Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul
Cassilândia - Mato Grosso do Sul
<http://lattes.cnpq.br/0660801184236652>

Gabriel Brom Vilela

Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul
Cassilândia - Mato Grosso do Sul
<http://lattes.cnpq.br/3127100645721937>

Thaise Dantas

Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul
Cassilândia - Mato Grosso do Sul
<http://lattes.cnpq.br/8826030900568566>

Tassila Aparecida do Nascimento de Araújo

Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul
Cassilândia - Mato Grosso do Sul
<http://lattes.cnpq.br/2857262062118398>

Rafaella de Paula Pacheco Noronha

Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul
Cassilândia - Mato Grosso do Sul
<http://lattes.cnpq.br/4174385032802580>

João Batista Medeiros Silva

Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul
Cassilândia - Mato Grosso do Sul
<http://lattes.cnpq.br/4777392158154531>

Maria Ingrid de Souza

Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul
Cassilândia - Mato Grosso do Sul
<http://lattes.cnpq.br/0718033120788123>

Carlos Augusto Reis Carmona Júnior

Senac
São Paulo – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/9528404724804328>

Jamilly Verônica Santos dos Santos

Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém - Pará
<http://lattes.cnpq.br/0710520468400964>

RESUMO: Com os avanços nos sistemas agrícolas de produção, sem planejamento e manejo adequados do uso do solo, aliado a intensa mecanização agrícola, tem promovido a degradação do solo e ocasionando alterações nos atributos físicos do solo. Essas alterações vão desde a redução e perda da funcionalidade do sistema poroso do solo, redução da condutividade e do acúmulo de água e o aumento na resistência do solo em relação à penetração das raízes resultante pela compactação do solo. A metodologia usada nesta pesquisa consiste na revisão de literatura, analisando publicações associadas ao tema. Dentro deste contexto, o objetivo deste estudo foi analisar as influências ocasionadas pelas plantas de cobertura nos atributos físicos do solo. O uso de culturas de cobertura, tem apresentado resultados convenientes, proporcionando uma ferramenta na produção mais sustentável com menor degradação ambiental, e tem sido fundamental

em minimizar as alterações físicas do solo, criando uma camada de proteção aos processos erosivos, melhorando a estrutura e a aeração do solo, desta forma proporcionando condições mais adequadas ao desenvolvimento das culturas. As plantas de cobertura auxiliam, na incorporação de matéria orgânica, descompactação biológica, agregação, manutenção da temperatura, evitando oscilações de temperatura no solo, e melhorias na relação massa-volume do solo oferecendo um meio viável economicamente para resolver os problemas existentes em relação a compactação do solo. Por meio da revisão realizada observou-se a importante influência existente no uso de plantas de cobertura nos diversos sistemas de produção atualmente usados, pois proporcionam alterações positivas nos atributos físicos do solo, e favorecem o desenvolvimento das culturas. É imprescindível a realização de mais pesquisas, que analisem a interação das plantas de cobertura com os atributos físicos do solo, demonstrando todos os impactos positivos que essa prática pode proporcionar aos produtores e ao meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Conservação do solo. Manejo. Propriedades do solo.

IMPACTS OF COVERAGE PLANTS ON ATTRIBUTES SOIL PHYSICS

ABSTRACT: With advances in agricultural production systems, without adequate planning and management of land use, combined with intense agricultural mechanization, it has promoted soil degradation and causing changes in the physical attributes of the soil. These changes range from the reduction and loss of functionality of the porous soil system, reduction of conductivity and water accumulation, and increase in soil resistance in relation to root penetration resulting from soil compaction. The methodology used in this research consists of a literature review, analyzing publications associated with the theme. Within this context, the objective of this study was to analyze the influences caused by cover crops on the physical attributes of the soil. The use of cover crops has shown convenient results, providing a tool for more sustainable production with less environmental degradation, and has been fundamental in minimizing physical changes to the soil, creating a layer of protection against erosion, improving the structure and soil aeration, thus providing more suitable conditions for crop development. Cover plants help, in the incorporation of organic matter, biological decompaction, aggregation, temperature maintenance, avoiding soil temperature fluctuations, and improvements in the soil mass-volume ratio, offering an economically viable way to solve the existing problems in relation to soil compaction. Through the review carried out, it was observed the important influence existing in the use of cover crops in the various production systems currently used, as they provide positive changes in the physical attributes of the soil, and favor the development of cultures. It is essential to carry out more research to analyze the interaction of cover plants with the physical attributes of the soil, demonstrating all the positive impacts that this practice can provide to producers and the environment.

KEYWORDS: Soil conservation. Management. Soil properties.

INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional global houve o aumento da necessidade de alimentos, que exige aumento da produção agrícola que, por sua vez, coloca muitas

demandas sobre o solo, causando degradação e alterações (HARUNA et al., 2020).

Inúmeras pesquisas apontam para alterações consideráveis nos atributos físicos do solo, causadas pelo intenso tráfego de máquinas e implementos de preparo do solo, proporcionando impactos consideráveis à estrutura do solo (VALICHESKI et al. 2012; GUIMARÃES JUNNYOR, et al., 2019). À medida que o solo vai sendo submetido ao uso agrícola, as propriedades físicas passam por alterações, geralmente desfavoráveis ao desenvolvimento vegetal (SPERA et al., 2004).

De acordo com Ren et al. (2019), a compactação do solo tem sido considerada com a principal degradação física do solo sendo uma ameaça à produção agrícola devido à expansão do tráfego da mecanização agrícola. Dentre as consequências diretas da compactação do solo pode se citar o aumento da resistência mecânica do solo à penetração das raízes (RALISCH et al., 2008).

O uso racional do solo tem sido amplamente discutido em função da busca por alternativas tecnológicas que possibilitem o manejo adequado do solo, tornando-se uma agricultura sustentável (STEFANOSKI et al., 2003). De acordo com Nascente et al. (2016), o uso de tecnologias como sistema de plantio direto (SPD), utilizando culturas de cobertura e rotação de culturas, pode representar uma alternativa viável para reduzir o impacto no uso intensivo da terra e pode promover a melhoria das propriedades químicas e físicas do solo. Os sistemas de plantio direto são capazes de reduzir os efeitos negativos da intensificação da agricultura nas propriedades do solo (SOKOLOWSKI et al., 2020).

O uso de práticas de conservação do solo, como culturas de cobertura e o sistema plantio direto, podem servir como uma abordagem de gestão para promover a saúde do solo e a sustentabilidade agrícola (ACHARYA et al., 2019). De acordo com Silva et al. (2017), a cultura de cobertura é um dos fatores fundamentais que auxiliam no êxito com o sistema de plantio direto, introduzindo também os cultivos rotacionais ou sequenciais.

O cultivo de plantas de cobertura com sistema radicular vigoroso em rotação de culturas pode melhorar a qualidade física de solos compactados (FOLONI, LIMA e BÜLL 2006). Dentre as práticas conservacionistas, a rotação de cultura e adubação verde são essenciais para manutenção e recuperação dos solos degradados, buscando melhorar as propriedades químicas, biológicas e físicas, visando ter sustentabilidade no sistema agrícola, e menores impactos no meio ambiente (CRUZ et al., 2021).

A metodologia usada nesta pesquisa consiste na revisão de literatura, analisando trabalhos existentes associadas ao tema. Dentro deste contexto, o objetivo deste estudo foi analisar as influências ocasionadas pelas plantas de cobertura nos atributos físicos do solo.

CULTURAS DE COBERTURA

As plantas de cobertura têm por finalidade cobrir e proteger o solo, contra a lixiviação de nutrientes e processos erosivos, porém não se limitando a isso, já que muitas são

usadas para pastoreio, produção de grãos e sementes, silagem, feno e como fornecedoras de palha para o sistema de plantio direto (LAMAS, 2017).

Não existe uma espécie de planta de cobertura que se adeque a toda e qualquer condição ecológica (ACHARYA et al., 2017). Para cada ambiente e dependendo da cultura sucessora, deverá haver um conjunto de espécies mais adequadas (FRASCA et al., 2021).

Dentre as plantas de coberturas utilizadas como alternativa de manejo sustentável, as gramíneas proporcionam grau elevado pois, oferece maior acúmulo de biomassa, atuam como reguladoras de temperatura e umidade do solo e na diminuição dos riscos de erosão pela alta relação C/N e menor velocidade de degradação de matéria verde (PEREIRA et al., 2017).

INFLUÊNCIAS DAS PLANTAS DE COBERTURA NO SOLO

O uso das plantas de cobertura tem sido fundamental em minimizar as alterações físicas do solo, criando uma camada de proteção aos processos erosivos, promovendo incrementos de matéria orgânica, melhorando a estrutura e a aeração do solo, desta forma proporcionando condições mais favoráveis para o desenvolvimento das culturas. Com a utilização de culturas de cobertura, que é uma prática conservacionista, são cultivadas espécies vegetais e mantida palha na superfície do solo de forma a garantir ou aumentar a capacidade produtiva do solo (NASCENTE et al., 2013).

A utilização de plantas de cobertura nos sistemas agrícolas pode proporcionar sustentabilidade ao sistema, além de redução dos custos de produção, aumento da diversidade biológica na área, quebra de ciclos de pragas, doenças e plantas daninhas (PIERANGELI et al., 2017). A presença de resíduos vegetais tem sido relacionada à qualidade física, principalmente por atuar na estabilidade de agregados do solo (VASCONCELOS et al., 2010). As culturas de cobertura podem melhorar a estabilidade do rendimento da cultura, principalmente aumentando a infiltração de água no solo e a capacidade de armazenamento de água no perfil do solo (WILLIAMS et al., 2016). As culturas de cobertura podem influenciar diretamente as propriedades físicas do solo por meio da ação mecânica devido ao crescimento e desenvolvimento do sistema radicular (VEIGA et al. 2017).

De acordo com Reicosky e Fork (1998), as plantas de cobertura desempenham um papel importante na ciclagem dos nutrientes, e a disponibilização de carbono orgânico ao sistema, oferecendo benefícios econômicos com menores impactos ao solo, água e ar. Para Nascente et al. (2013), as espécies de plantas de cobertura escolhidas tendo alta capacidade de produção de biomassa, juntamente com a palha, podem ter impacto na superfície do solo e capacidade de promover ciclagem significativa de nutrientes.

As plantas cobertura proporcionam benefícios como maior conservação da umidade do solo, aumentos significativos na fertilidade do solo e colaboraram no manejo integrado de pragas, doenças e ervas daninhas (FAGERIA; BALIGAR, 2005).

A introdução de plantas de cobertura em sistemas agrícolas sob plantio direto tem sido importante na estruturação e remediação do solo (CALONEGO et al., 2017). Segundo Blanco-Canqui e Ruis (2018), o uso de coberturas proporciona um melhor desempenho ao plantio direto, podendo ter efeitos positivos sobre as propriedades físicas do solo, conforme a classe de textura e a duração adequada de manejo.

Foi observado por Debiasi et al. (2010), melhorias nos atributos físicos, em um Argissolo Vermelho pelo uso de plantas de cobertura, onde os principais efeitos do uso, ocorreram na camada superficial de 0,03-0,06 com a aveia preta e a associação ervilhaca com aveia preta em rotação com nabo forrageiro. A densidade apresentou redução e a macroporosidade houve diferença positiva nos sistemas com plantas de cobertura em relação a área com pousio, observou também influência na produtividade com melhor rendimento das culturas da soja e de milho na safra de 2005/2006.

Após aplicarem sete diferentes sistemas de cultura em Argissolo Vermelho por 16 anos, Lanzanova et al. (2010), observaram que as plantas de cobertura, apresentaram eficiência manter os atributos físicos do solo favoráveis ao desenvolvimento das culturas, principalmente na camada de 0,0–0,10 de profundidade, as leguminosas mucuna e feijão-de-porco foram destaque dentre as culturas de cobertura analisadas. Em relação a densidade do solo, porosidade total e macroporosidade, apresentaram diferenças entre as plantas de cobertura utilizadas até a camada de 0,0–0,10, nas camadas de 0,10–0,15 e 0,15–0,20 não houve diferença significativa, os autores concluíram que os efeitos dos sistemas de culturas ficaram restritos aos primeiros 0,10 m de profundidade, e a taxa de infiltração de água no solo mostrou relação linear e diretamente proporcional com os macroporos do solo.

Costa et al. (2019), avaliaram em um Latossolo Amarelo, a ação de cinco espécies de braquiária, observando a influência na formação e estabilidade dos agregados com e sem fertilizante mineral. Os autores constataram ainda que dentre as gramíneas avaliadas, a *brachiaria ruziziensis* foi a que mais reduziu a densidade do solo, enquanto a *Brachiaria brizantha* apresentou melhores resultados em relação ao aumento da matéria orgânica no solo sem fertilizante mineral.

Silva et al. (2017), investigaram em Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso, a influência de plantas de cobertura nos atributos químicos e físicos do solo. As plantas de cobertura avaliadas resultaram em alterações nas propriedades químicas e físicas do solo. O milheto + mucuna preta apresentou os maiores valores de P e Ca, sobre milheto maiores valores de matéria orgânica, o com guandu maiores valores de K, e aqueles sob o consórcio milheto + guandu maiores concentrações de Mg. O solo mantido com milheto apresentou menores valores de densidade e maiores valores de porosidade.

No experimento de Chioderoli et al. (2012), analisaram em Latossolo Vermelho Distroférico, o consórcio de cobertura milho e braquiária é foi observado o aumento da macroporosidade nas camadas de 0,0-0,10 m, e a porosidade total 0,0-0,10 e 0,20-0,30

m. A *brachiaria brizantha* e a *Brachiaria decumbens*, promoveram maiores valores de produtividade de grãos de soja, ambos tratamentos se apresentaram satisfatórios para a produção de palha adequada para a estabilidade do sistema de plantio direto.

Fontana et al. (2021), avaliaram os efeitos combinados das plantas de cobertura e com e sem uso de fertilizantes nas propriedades do solo, relacionando as propriedades do solo com a produtividade de grãos da soja. As combinações que incluíram as culturas de cobertura e uso de fertilizantes melhoraram os indicadores de qualidade do solo. O uso de fertilizantes e plantas de cobertura de inverno melhorou a produtividade da soja em 15%, em comparação com a monocultura. O rendimento da soja foi positivamente relacionado aos indicadores de qualidade do solo medido na profundidade de 0–5 cm. Os autores concluíram que é importante combinar a alta intensidade de cultivo com o uso adequado de fertilizantes e associação com as plantas de cobertura para manter ou melhorar a qualidade do solo.

A INFLUÊNCIA DAS CULTURAS DE COBERTURA NO CULTIVO DA SOJA

Tokura et al. (2021) avaliou efeitos de plantas de cobertura nas características físicas de um Latossolo Vermelho, e efeitos na produção de soja. As variáveis densidade aparente, porosidade total, micro e macroporosidade e condutividade hidráulica saturada do solo foram as variáveis mais influenciadas pelos períodos do ano nas três camadas do solo, os resíduos culturais da cobertura de aveia apresentou dentre os tratamentos maior altura da planta. O rendimento de grãos, teor de óleo, peso de mil sementes, altura de planta e número de plantas por metro foram influenciados pelos períodos do ano.

Calonego et al. (2017), analisaram a influência das culturas de cobertura, e escarificação ocasional em solo compactado, e os efeitos causados na estrutura do solo e na produtividade de soja ao longo de 10 anos. Os resultados obtidos com o uso de plantas de cobertura foram iguais ou melhores do que por escarificação ocasional em relação às melhorias proporcionadas a estrutura do solo, apresentando aumento da macroporosidade do solo pela crotalária e uma diminuição na densidade do solo por crotalária e milho. Os autores concluíram que dentre as plantas de cobertura avaliadas, a crotalária apresentou melhores resultados, pois aumenta a macroporosidade em solos argilosos e o uso de plantas de cobertura resultou em um aumento médio de 183 kg/ha¹ na produtividade da soja em 10 safras.

Acharya et al. (2019), avaliaram em um solo franco-arenoso muito fino, durante o inverno de 2015 ao verão de 2018, os efeitos das plantas de cobertura em diferentes sistemas de preparo, analisando a dinâmica de umidade do solo, nutrientes de plantas, e crescimento e produção de soja (*Glycine max*). Os resultados obtidos mostraram efeito significativo em ambos os sistemas de preparo e coberturas na umidade do solo e nas taxas de infiltração durante a produção de soja. O plantio direto aumentou a taxa de percolação

em 20 a 30% na profundidade de 20 a 40 cm em comparação com o plantio convencional. Em relação à produtividade, o preparo do solo, as plantas de cobertura ou sua interação não tiveram efeito significativo sobre a produtividade da soja.

Em seu experimento Gimenez et al. (2021), observaram as plantas de cobertura de outono/inverno e o impacto no desempenho agrônômico da soja cultivada em sucessão em Latossolo Vermelho Eutrófico. O cultivo do nabo solteiro proporcionou a cobertura de solo mais rápida, com 90,0%, o consórcio centeio + nabo proporcionou os maiores acúmulos de fitomassa da parte aérea seca, superiores a 7,0 Mg ha⁻¹. As maiores produtividades da soja foram obtidas em sucessão ao cultivo da aveia-preta e centeio em solitário, rendendo aproximadamente 3.300 kg ha⁻¹, 50% maior em comparação com os tratamentos de pousio e capina.

A INFLUÊNCIA DAS CULTURAS DE COBERTURA NO CULTIVO DE ARROZ

Foi observado por Denardin et al. (2019), durante 16 safras, os impactos de diferentes tipos de preparo nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo e a influência desses atributos na produtividade do arroz ao longo do tempo. A produtividade de grãos de arroz foi avaliada, e após 14 safras a produtividade do arroz foi maior (3,4%) no sistema de plantio direto em comparação ao plantio convencional, o aumento da produtividade do arroz ao longo do tempo resultou em um teor de matéria orgânica do solo (MO) 67% maior. Concluíram que a falta de perturbação do solo associada à alta entrada de resíduos de colheita e as condições do solo favoreceu as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo através do teor de MO do solo, melhorando a produtividade do arroz.

Nascente et al. (2013), observaram em Latossolo Vermelho, o efeito de cinco tipos de plantas de cobertura em SPD, sobre a produtividade de grãos do arroz de terras altas. O milho como cultura de cobertura permitiu a liberação rápida de N, reduziu a densidade do solo e melhorou a produtividade do arroz, o manejo das culturas de cobertura melhoraram a liberação de N e a produtividade do arroz de terras altas. O arroz de sequeiro em sistema de plantio direto é uma alternativa para produzir arroz economizando mais água.

Silva et al (2020), analisaram em um Latossolo Vermelho-Amarelo, o efeito do uso isolado e combinado de plantas de cobertura e uréia na cultura do arroz de terras altas, cultivado em sistema de plantio direto. O arroz de sequeiro em plantio direto apresentou resposta positiva à fertilização com N na semeadura e quando é cultivado em rotação com o uso de milho e pousio. O arroz de terras altas também apresentou resposta à fertilização com N aplicada em cobertura. O milho reciclou grandes quantidades de K, Mg, S e micronutrientes, mas influenciou negativamente a produtividade de grãos de arroz cultivados em sucessão.

Pacheco et al. (2013), avaliaram em Latossolo Vermelho distroférrico a ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e a sua influência sobre o desempenho da rotação entre

arroz de terras altas e soja, sob o sistema de plantio direto. Dentre as plantas de cobertura analisadas a *Urochloa ruziziensis* e *U. brizantha* apresentaram maior eficiência no acúmulo e na liberação de nutrientes, principalmente quanto ao potássio. *Urochloa ruziziensis* é a espécie mais indicada como planta de cobertura antecessora à cultura do arroz de terras altas, em plantio direto. No entanto, nenhuma espécie de cobertura afeta significativamente a produtividade de grãos da soja.

Nascente et al. (2016), analisaram em um Latossolo Vermelho sob sistema de plantio direto, o efeito do milheto consorciado com outras plantas de cobertura e a influência exercida sobre o rendimento de grãos do arroz de terras altas. Os autores concluíram com os resultados que o uso do milheto, como cultura de cobertura, sendo isolado ou consorciado com a braquiária (*B. ruziziensis*) ou crotalária (*C. spectabilis*), se mostrou uma opção prática de manejo para proporcionar alto rendimento de grãos de arroz.

CONCLUSÕES

Por meio da revisão realizada observou-se a importante influência existente no uso de plantas de cobertura nos diversos sistemas de produção atualmente usados, pois proporcionam alterações positivas nos atributos físicos do solo, e favorecem o desenvolvimento das culturas.

A rotação e sucessão de culturas são essenciais e possibilitam assim, cobertura mínima necessária ao solo, diminuindo sua exposição. É imprescindível a realização de mais pesquisas, que analisem a interação das plantas de cobertura com os atributos físicos do solo, demonstrando todos os impactos positivos que essa prática pode proporcionar aos produtores e ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ACHARYA, B. S.; DODLA, S.; GASTON, L. A.; DARAPUNENI, M.; WANG, J. J.; SEPAT, S.; BOHARA, H. Winter cover crops effect on soil moisture and soybean growth and yield under different tillage systems. **Soil And Tillage Research**, [S.L.], v. 195, p. 104430, dez. 2019.

ACHARYA, J.; BAKKER, M. G.; MOORMAN, T. B.; KASPAR, T. C.; LENNSEN, A. W.; ROBERTSON, A. E.. Time Interval Between Cover Crop Termination and Planting Influences Corn Seedling Disease, Plant Growth, and Yield. **Plant Disease**, [S.L.], v. 101, n. 4, p. 591-600, abr. 2017.

BLANCO-CANQUI, H.; MIKHA, M. M.; PRESLEY, D. R.; CLAASSEN, M. M. Addition of Cover Crops Enhances No-Till Potential for Improving Soil Physical Properties. **Soil Science Society Of America Journal**, [S.L.], v. 75, n. 4, p. 1471-1482, jul. 2011.

BLANCO-CANQUI, H.; RUIS, S. J. No-tillage and soil physical environment. **Geoderma**, [S.L.], v. 326, p. 164-200, set. 2018.

CALONEGO, J. C.; RAPHAEL, J. P. A.; RIGON, J. P. G.; OLIVEIRA, L.; ROSOLEM, C. A.. Soil compaction management and soybean yields with cover crops under no-till and occasional chiseling. **European Journal Of Agronomy**, [S.L.], v. 85, p. 31-37, abr. 2017.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M.; GRIGOLLI, P. J.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, J. O. R.; CESARIN, A. L. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 16, n. 1, p. 37-43, jan. 2012.

COSTA, C. R. G.; PRAZERES, S. S.; SILVA, P. V.; SOARES, K. O.; MARQUES, A. L.; MOURA, D. C. Utilization of Brachiarias in the Improvement of Physical and Chemical Attributes of a Yellow Oxisol. **Journal Of Experimental Agriculture International**, [S.L.], p. 1-8, 18 maio 2019

CRUZ, V. D.; MONTEL, L. V.; SOUZA, J. D. S. D.; MAIA, C. S. L. Rotação de culturas e adubação verde no manejo e conservação dos solos. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, [S. I.], v. 2, n. 3, p. 21, 2021.

DEBIASI, H; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CONTE, O; KAMIMURA, K. M. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.L.], v. 45, n. 6, p. 603-612, jun. 2010.

DENARDIN, L. G. O.; CARMONA, F. C.; VELOSO, M. G.; MARTINS, A. P.; FREITAS, T. F. S. de; CARLOS, F. S.; MARCOLIN, É.; CAMARGO, Flávio A. O.; ANGHINONI, I. No-tillage increases irrigated rice yield through soil quality improvement along time. **Soil And Tillage Research**, [S.L.], v. 186, p. 64-69, mar. 2019.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing Nitrogen Use Efficiency in Crop Plants. **Advances In Agronomy**, [S.L.], p. 97-185, 2005. Elsevier. [http://dx.doi.org/10.1016/s0065-2113\(05\)88004-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0065-2113(05)88004-6).

FOLONI, J. S. S.; LIMA, S. L.; BÜLL, L. T. Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 30, n. 1, p. 49-57, fev. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832006000100006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/rbcs/a/9n7tpgSpgpWSzdphw5VFdsz/?lang=pt>. Acesso em: 16 nov. 2021.

FONTANA, M. B.; NOVELLI, L. E.; STERREN, M. A.; UHRICH, W. G.; BENINTENDE, S. M.; BARBAGELATA, P. A. Long-term fertilizer application and cover crops improve soil quality and soybean yield in the Northeastern Pampas region of Argentina. **Geoderma**, [S.L.], v. 385, p. 114902, mar. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114902>.

FRASCA, L. L. M.; SILVA, M. A.; REZENDE, C. C.; FARIA, D.R.; LANNA, A. C.; FERREIRA, E. P. B.; LACERDA, M. C.; NASCENTE, A. S.. UTILIZAÇÃO DE PLANTAS DE COBERTURA COMO ALTERNATIVA DE MANEJO SUSTENTÁVEL. **Revista Científica Multidisciplinar**, ISSN 2675-6218, [S.L.], v. 2, n. 7, p. 1-14, 15 ago. 2021. <http://dx.doi.org/10.47820/recima21.v2i7.571>.

GIMENEZ, G. S.; ALMEIDA, J. H. V.; SABBATTI, V. C.; NASCIMENTO, V.; DALAZEN, G. Evolução da cobertura do solo e acúmulo de fitomassa da parte aérea seca de plantas de cobertura de outono / inverno e seu efeito no desempenho agrônomo da soja cultivada em sucessão. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. I.], v. 10, n. 4, pág. e3310413797, 2021. DOI: 10.33448 / rsd-v10i4.13797.

HARUNA, S. I.; ANDERSON, S. H.; UDAWATTA, R. P.; GANTZER, C. J.; PHILLIPS, N. C.; CUI, S.; GAO, Y. Improving soil physical properties through the use of cover crops. **Agrosystems, Geosciences & Environment**, [S.L.], v. 3, n. 1, p. 1-18, ago. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/agg2.20105>.

LAMAS, F. M. Plantas de cobertura: O que é isto? Embrapa - Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/28512796/artigo---plantas-de-cobertura-o-que-e-isto>. Acesso em: 25 nov. 2021.

LANZANOVA, M. E.; ELTZ, F. L. F.; NICOLOSO, R. S.; AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J.; ROCHA, M. R. Atributos físicos de um argissolo em sistemas de culturas de longa duração sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 34, n. 4, p. 1333-1342, ago. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832010000400030>.

NASCENTE, A. S.; LACERDA M. C.; LANNA, A. C.; FILIPPI, M. C. C.; SILVA D. M. Cover crops can affect soil attributes and yield of upland rice. **Australian Journal of Crop Science** [S.L.] v.10. p. 176-184, 2016.

NASCENTE, A. S.; CRUSCIOL, C. A. C.; COBUCCI, T. The no-tillage system and cover crops— Alternatives to increase upland rice yields. **European Journal Of Agronomy**, [S.L.], v. 45, p. 124-131, fev. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2012.09.004>.

PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e produtividade de soja e arroz em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.L.], v. 48, n. 9, p. 1228-1236, set. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2013000900006>

PEREIRA, A. P.; SCHOFFEL, A.; KOEFENDER, J.; CAMERA, J. N.; GOLLE, D. P.; HORN, R. C. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de verão. **Revista de Ciências Agrárias**, [S.L.], v. 40, n. 4, p. 799-807, dez. 2017. Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal. <http://dx.doi.org/10.19084/rca17065>.

REICOSKY, D. C.; FORCELLA, F. Cover crop and soil quality interactions in agroecosystems. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.53, n.3, p.224-229, 1998.

REN, L.; NEST, T. V.; RUYSSCHAERT, G.; D'HOSE, T.; CORNELIS, W. M. Short-term effects of cover crops and tillage methods on soil physical properties and maize growth in a sandy loam soil. **Soil And Tillage Research**, [S.L.], v. 192, p. 76-86, set. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2019.04.026>.

SILVA, M. P.; ARF, O.; SÁ, M. E.; ABRANTES, F. L.; BERTI, C.L.F.; SOUZA, L. C. D. Plantas de cobertura e qualidade química e física de Latossolo Vermelho distrófico sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal Of Agricultural Sciences**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 60-67, 30 mar. 2017. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v12i1a5424>.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BASTOS, A. V. S.; FRANZIN, V. I.; BUZETTI, S.; SOARES, F. A. L.; TEIXEIRA, M. B.; BENDASSOLLI, José Alberto. Biomass and Nutrient Accumulation by Cover Crops and Upland Rice Grown in Succession Under No-Tillage System as Affected by Nitrogen Fertilizer Rate. **Journal Of Crop Science And Biotechnology**, [S.L.], v. 23, n. 2, p. 117-126, 7 fev. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12892-019-0288-0>.

SOKOLOWSKI, A. C.; MCCORMICK, B. P.; GRAZIA, J.; WOLSKI, J. E.; RODRÍGUEZ, H. A.; RODRÍGUEZ-FRERS, E.P.; GAGEY, M. C.; DEBELIS, S. P.; PALADINO, I. R.; BARRIOS, M. B. Tillage and no-tillage effects on physical and chemical properties of an Argiaquoll soil under long-term crop rotation in Buenos Aires, Argentina. **International Soil And Water Conservation Research**, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 185-194, jun. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.02.002>.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 17, n. 12, p. 1301-1309, dez. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662013001200008>.

TOKURA, L. K.; SECCO, D.; ZANÃO, L. A.; SIQUEIRA, J. A. C.; ALOVISI, A. M. T.; BARISON, A.; TOKURA, W. I.; VILLA, B.; SILVEIRA, L.; GUEDES, F. A.; ROEHRS, S. A.; CELANTE, L. S.; SAVIOLI, M. R.; ZIN, Z. Uso de plantas de cobertura em Latossolo Vermelho e seus efeitos na produtividade e teor de óleo de soja. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 10, n. 12, pág. e353101220514, 2021. DOI: 10.33448 / rsd-v10i12.20514. '

VALICHESKI, R. R.; GROSSKLAUS, F.; STÜRMER, S. L. K.; TRAMONTIN, A. L.; BAADE, E. S. A. S. Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 16, n. 9, p. 969-977, set. 2012.

VASCONCELOS, R. F. B.; CANTALICE, J. R. B.; OLIVEIRA, V. S.; COSTA, Y. D. J.; CAVALCANTE, D. M. Estabilidade de agregados de um latossolo amarelo distrocoeso de tabuleiro costeiro sob diferentes aportes de resíduos orgânicos da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 34, n. 2, p. 309-316, abr. 2010..

VEIGA, M.; FELDBERG, N. P.; NAVA, G.; BETTONI, J. C. Winter cover crops affecting physical and chemical soil attributes in a commercial vineyard. **Ciência Rural**, [S.L.], v. 47, n. 12, p. 1-7, 17 nov. 2017.

WILLIAMS, A.; HUNTER, M. C.; KAMMERER, M.; KANE, D. A.; JORDAN, N. R.; MORTENSEN, D. A.; SMITH, R. G.; SNAPP, S.; DAVIS, A. S. Soil Water Holding Capacity Mitigates Downside Risk and Volatility in US Rainfed Maize: time to invest in soil organic matter?. **Plos One**, [S.L.], v. 11, n. 8, p. 1-11, 25 ago. 2016.

ANÁLISE DE IMAGEM APLICADA AO MONITORAMENTO DA FERRUGEM DA SOJA

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 08/04/2022

Aguinaldo Soares de Oliveira

Universidade Federal de Rondonópolis,
Engenharia Mecânica
Rondonópolis – MT
<http://lattes.cnpq.br/7771470538635423>

Alexandra de Oliveira França Hayama

Universidade Federal de Rondonópolis,
Engenharia Mecânica
Rondonópolis – MT
<http://lattes.cnpq.br/6333256547674137>

RESUMO: Novas técnicas de controle de pragas relacionadas às diversas culturas cultivadas tem-se tornado essencial para reduzir custos de produção e para melhorar a qualidade do produto obtido. Utilizando técnicas de análise de imagens, é possível realizar o controle de pragas em diversas culturas, como plantações de soja, por meio da obtenção de imagens aéreas utilizando, por exemplo, drones. Uma imagem quando digitalizada possui, dependendo de seu formato, ou seja, seu método de construção, três camadas chamadas RGB (*Red - Green - Blue*) que antecedem a imagem final a ser demonstrada em monitores, *displays* e impressoras. Conceitos de que a construção da imagem depende do tipo de sensor utilizado e considerando um sensor de imagem digital capaz de captar a luminosidade das imagens que nele são projetadas continuamente, tem-se o início do

processo de captura de um momento do tempo, denominado fotografia, ou para uma sequência de imagens ao longo do tempo. Para a captura de imagens em núcleos, é comum as câmeras de vídeo utilizarem três tipos de sensores, conhecidos como sistema 3CCD, onde cada sensor possui um filtro tri-cônico, e as câmeras fotográficas geralmente possuem um único sensor de imagem que agrupa a fotografia obtida sob um mosaico de filtros de luminosidade e cor. Dentro deste escopo procurou-se desenvolver uma rotina computacional que permita ao sojicultor monitorar e identificar o aparecimento de ferrugem asiática da soja nas fases iniciais, evitando assim o uso desnecessário de fungicidas, tendo como resultados a redução de custos e dos impactos ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de imagens, Monitoramento, Soja.

IMAGE ANALYSIS APPLIED TO THE MONITORING OF SOYBEAN RUST

ABSTRACT: New pest control techniques related to different crops have become essential to reduce production costs and to improve the quality of the product obtained. Using image analysis techniques, it is possible to carry out pest control in various crops, such as soybean plantations, by obtaining aerial images using, for example, drones. An image when digitized has, depending on its format, three layers called RGB (*Red - Green - Blue*) that precede the final image to be demonstrated on monitors, *displays* and printers. Concepts that the construction of the image depends on the type of sensor used

and considering a digital image sensor capable of capturing the luminosity of the images that are continuously projected on it, there is the beginning of the process of capturing a moment of time, called photography, or for a sequence of images over time. For capturing images in cores, it is common for video cameras to use three types of sensors, known as the 3CCD system, where each sensor has a tri-conical filter, and still cameras usually have a single image sensor that groups the photograph obtained under a mosaic of luminosity and color filters. In this context, an attempt was made to develop a computational routine that allows soybean farmers to monitor and identify the appearance of Asian soybean rust in the early stages, thus avoiding the unnecessary use of fungicides, resulting in reduced costs and environmental impacts.

KEYWORDS: Image analysis, Monitoring, Soybean.

1 | INTRODUÇÃO

O cérebro humano, este possui duas áreas distintas, uma destinada à interpretação e criação de imagens e outra voltada para a linguagem. A área relacionada à interpretação e criação das imagens realiza o processamento das informações em paralelo, ou seja, capta, correlaciona e interpreta dados instantaneamente, essa zona cerebral é também responsável pelo pensamento criativo. A área voltada para a linguagem trabalha de forma sequencial, realizando a análise de uma única informação por vez, nessa zona cerebral são realizados os raciocínios lógicos. Antes de vir a manipular imagens, o computador atingia apenas a área da linguagem, ou seja, somente a zona do cérebro humano onde se realizam os raciocínios lógicos (JAIN, 1995).

O termo “computação gráfica” engloba todos os métodos e técnicas relacionados com a conversão de dados para dispositivos gráficos. Dessa forma, qualquer aplicação computacional que envolva imagens utiliza técnicas da computação gráfica. A computação gráfica é uma área bastante abrangente, já que a imagem pode ser tratada de inúmeras formas dependendo do método de análise aplicado, sendo possível utilizar esta ferramenta no controle de pragas em diversas culturas, como por exemplo, na cultura da soja.

A cultura da soja sofreu perdas de produtividade, devido ao ataque da ferrugem asiática da soja. Esta doença é causada por um fungo chamado *Phakopsora Pachyrhizi*. As perdas são estimadas em 8,5 milhões de toneladas de grãos no período de 2001 a 2004, segundo a EMBRAPA Soja (EMBRAPA, 2002). O monitoramento constante e a aplicação de fungicidas são as ferramentas utilizadas para seu controle.

Sabe-se que os herbicidas têm uma participação considerável na quantidade de agrotóxicos, chegando a 50% do valor das vendas totais e 49,6% da quantidade de produtos comerciais (TSUNECHIRO, FERREIRA, 2000), representando cerca de 10% do custo total de produção do milho e 24,8% dos custos relacionados à produção de soja. O faturamento da indústria de defensivos agrícolas em 2014 foi de US\$ 12,249 bilhões, dos quais US\$ 3,90 bilhões foram destinados à compra de herbicidas, ou seja, 31,9% do faturamento de 2014; desse montante, 53,7% foi destinado à cultura da soja para o controle de plantas

daninhas (SINDIVEG, 2016).

Segundo Miranda e colaboradores (2007), o uso generalizado desses produtos, o desconhecimento dos riscos associados ao seu uso, o conseqüente desrespeito às normas básicas de segurança, o livre comércio, a grande pressão comercial por parte de distribuidores e produtores e a os problemas sociais encontrados no meio rural são causas importantes que levam ao agravamento da contaminação humana e ambiental observada no Brasil.

Dessa forma, a utilização de computação gráfica, em específico, técnicas de análise de imagens, é possível identificar o fungo da ferrugem asiática nas lavouras de soja, pois a ferrugem se destaca da folha da soja por apresentar uma coloração diferente desta, sendo possível identificá-los por uma escala de cores. López-Garcia e colaboradores (2010), utilizaram metodologia matemática para identificar alterações no padrão de imagem considerado buscando identificar defeitos em cascas de frutas cítricas.

Bom desempenho e baixo custo são as vantagens dos processadores de sinal modernos. Esforços são aplicados para desenvolver sofisticados sistemas automatizados em tempo real com a finalidade de emular as habilidades humanas. Uma dessas habilidades é a visão, a energia contida no mundo tridimensional real em que vivemos é convertida em uma entidade bidimensional, chamada de imagem por um sensor eletrônico, como uma câmera de vídeo (SCHALKOFF, 1989).

Uma imagem quando digitalizada possui, dependendo de seu formato, ou seja, seu modo de construção, três camadas chamadas RGB (*Red – Green – Blue*) que constituem a imagem final a ser demonstrada em monitores, *displays* e impressoras. Considerando que a construção da imagem depende do tipo de sensor utilizado e considerando um sensor de imagem digital capaz de captar o brilho das imagens que nele são projetadas continuamente, tem-se o início do processo de captura de um momento no tempo, denominado fotografia, ou para uma sequência de imagens no tempo (BEER-SHEVA, 1996).

Dessa forma, o desenvolvimento de técnicas de processamento digital nos últimos anos possibilitou a implementação de muitas aplicações em diversas áreas de atuação e o objetivo deste trabalho é utilizar esses recursos disponíveis, atualmente a custos acessíveis, para identificar o fungo da ferrugem asiática na cultura da soja em sua fase inicial. Neste contexto, objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema que identifique a ferrugem asiática da soja alterando a cor das folhas. Essa alteração é reconhecida por um sistema digital de aquisição e processamento de imagens que identifica alterações na cor do espécime por meio da análise de matrizes RGB.

2 | METODOLOGIA

Para capturar imagens coloridas, é comum que as câmeras de vídeo utilizem três tipos de sensores, conhecidos como sistema 3CCD, onde cada sensor possui um filtro

tricônico. As câmeras fixas geralmente possuem um único sensor de imagem que agrupa seus *photosites* sob um mosaico de luminosidade e filtros de cor. Considerando que as informações contidas em um arquivo digital representam uma imagem e buscando analisar as informações matemáticas contidas neste arquivo digital, foram propostas técnicas para identificar alterações nas propriedades físicas mediante a utilização deste registro fotográfico.

De acordo com Jain (1995), os sistemas de visão artificial fornecem medidas e abstrações de propriedades geométricas por meio da seguinte equação.

$$\text{Visão} = \text{Geometria} + \text{Medições} + \text{Interpretações} \quad (1)$$

A matriz da imagem é composta por três camadas e deve ser decomposta para obter camadas RGB (*Red - Green - Blue*) (LÓPEZ-GARCIA *et al.*, 2010). A matriz RGB está na forma de uma matriz tridimensional. Nessa matriz, o número de linhas e colunas corresponde à resolução da imagem, ou seja, o número de *pixels* na imagem, portanto, quanto maior a dimensão da matriz, mais preciso será o resultado. Cada plano deve incluir os planos de cores vermelho, verde e azul. Dessa forma, a imagem [F] é composta por:

$$[F] = \begin{bmatrix} F_{11} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & & & \\ \vdots & & & \\ 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & F_{12} & \dots & 0 \\ 0 & & & \\ \vdots & & & \\ 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & & & \\ \vdots & & & \\ 0 & 0 & \dots & F_{NN} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Cada elemento $F(x_1, x_2)$ é chamado de “unidade de *pixel*” ou simplesmente “*pixel*”. A matriz [F] não é necessariamente uma matriz quadrada. Cada cor no sistema RGB é identificada por uma ordem tripla (R, G, B). Segundo Jain (1995), tem-se:

$$0 \leq R \leq 255, 0 \leq G \leq 255, 0 \leq B \leq 255 \quad (3)$$

No sistema RGB cada cor é definida pela quantidade de vermelho, verde e azul, usando números inteiros entre 0 e 255 para especificar essas quantidades. A Figura 1 apresenta a estrutura de três camadas RGB.

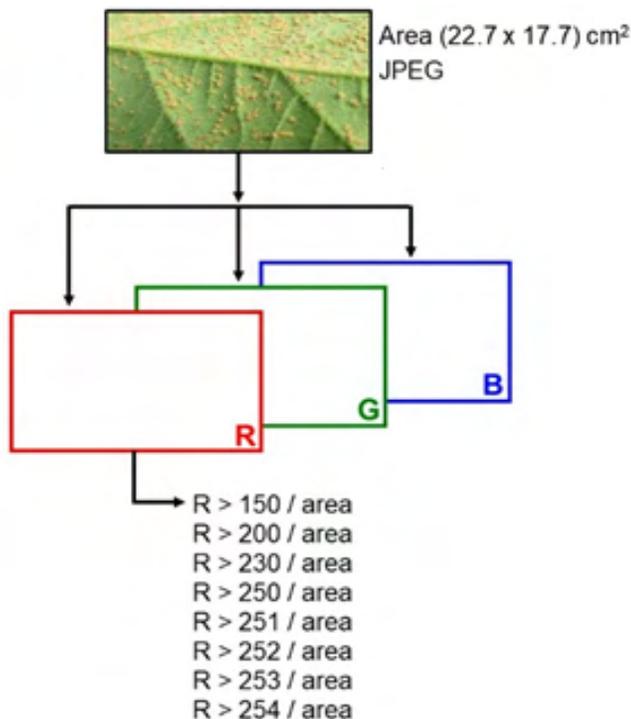


Figura 1. Camadas RGB.

Fonte: Imagem de folha de soja infestada pelo fungo *Phakopsora Pachyrhizi*; EMBRAPA (2002).

2.1 Resultados

Utilizando uma imagem de uma folha de soja infestada com o fungo *Phakopsora Pachyrhizi*, causador da Ferrugem da Soja Asiática, é possível realizar uma análise utilizando ferramentas computacionais, onde é possível diferenciar este fungo por uma escala de cores, sendo a mais clara correspondente a este. Para isso um arquivo JPEG com a imagem de uma folha infestada por este fungo, foi importado para o ambiente do programa computacional matemático utilizado, gerando uma matriz de 1325 x 1700 x 3 unidades de *pixels*.

A matriz da imagem foi decomposta em três camadas e cada camada foi vetorizada. A Figura 2a mostra um espécime já infestado pelo fungo *Phakopsora Pachyrhizi*, em estado avançado. A Figura 2b mostra o gráfico da camada vermelha com os valores de intensidade de cor relativos aos *pixels* 1325 x 1700 e a variação dos números inteiros de acordo com a tonalidade da cor vermelha. A Figura 2c é o complemento *bit a bit* da matriz da camada vermelha, onde é possível identificar as regiões com infestação do fungo em questão. Verifica-se que os resultados obtidos com a cor complementar da matriz da camada vermelha apresentaram boa concordância com a imagem do espécime já infestado

pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, sendo, portanto, possível identificar o fungo citado por este método.

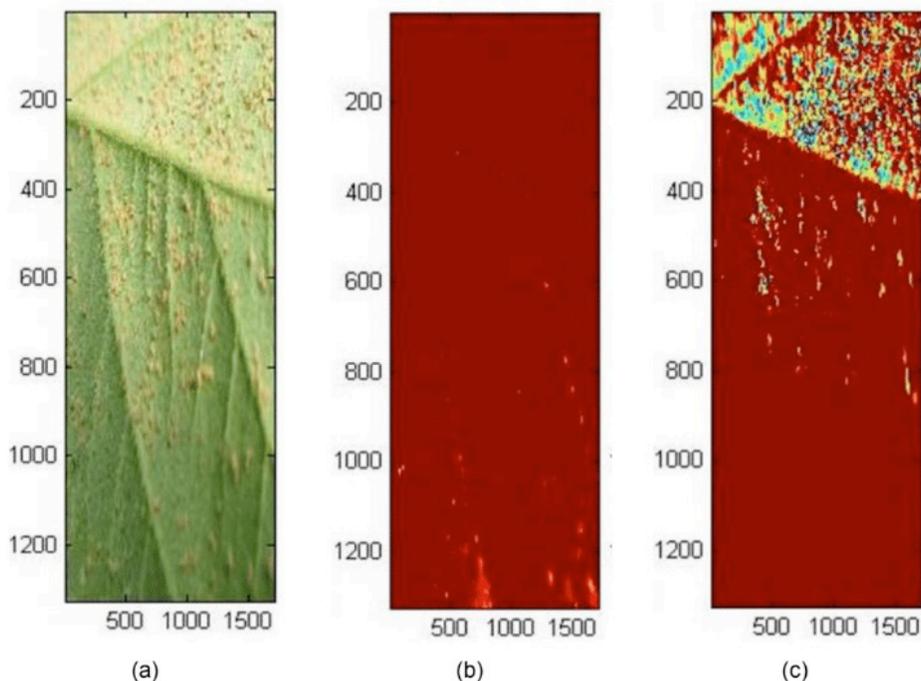


Figura 2. Ferrugem asiática da soja: (a) Espécime infestado pelo fungo *Phakopsora Pachyrhizi* (EMBRAPA, 2002); (b) Mapa de cor vermelha; (c) Mapa de cor complementar.

A Figura 3a mostra um mapa de cor azul e a Figura 3b mostra o mapa de cores complementares verdes para as mesmas espécies infestadas de fungos da Figura 2a. A Figura 3b é o complemento *bit a bit* da matriz da camada verde, sendo este o mapa de cores que apresentou melhores resultados na identificação do fungo. Devido às barreiras sanitárias não foi possível obter imagens da infestação em vários estágios *in loco*, sendo utilizadas imagens disponíveis na página da EMBRAPA na internet, conforme referenciado.

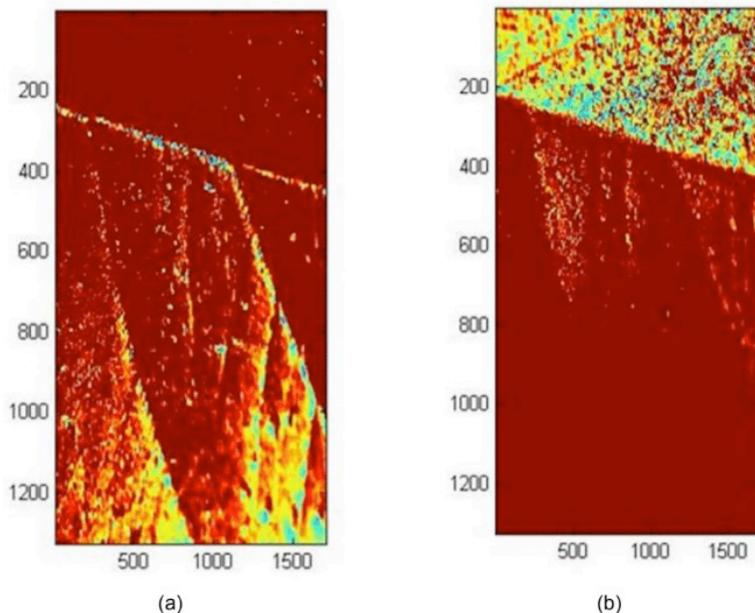


Figura 3. (a) Mapa de cor azul; (b) Mapa de cor complementar verde.

A Figura 4 apresenta resultados obtidos para um outro espécime de soja também infestado com o fungo *Phakopsora Pachyrhizi*. Verifica-se que utilizando a metodologia apresentada é possível identificar a presença do referido fungo sobre a folha da soja em diferentes imagens, o que demonstra que a procedimento aqui descrito é eficaz nesta identificação.

Com relação ao mapa de cores, verifica-se que devem ser examinados os mapas das 3 cores (vermelho, verde e azul) para verificar qual apresenta melhores resultados na identificação. No exemplo citado na Figura 4, o mapa de cores azul foi o que demonstrou o fungo citado com mais nitidez em relação à vizinhança não infestada. Os mapas de cores vermelho e verde, neste caso, não foram eficazes na identificação do fungo.

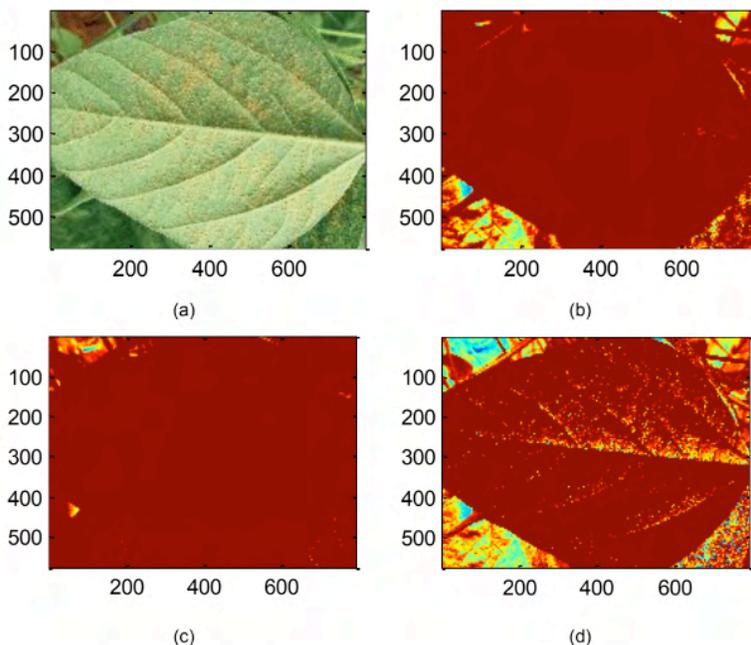


Figura 4. (a) Imagem original de folha de soja infestada com o fungo *Phakopsora Pachyrhizi* (GODOY, 2020); (b) Mapa de cor Vermelha; (c) Mapa de cor verde; (d) Mapa de cor azul.

A Tabela 1 apresenta os valores de R (matriz vermelha) de pontos por unidade de área ($22,7 \times 17,7$) cm^2 , vetorizados maiores que 150 a 255. A camada vermelha foi utilizada porque, de acordo com Navarini (2007), a cor da lesão causada pelo fungo ferrugem asiático se aproxima da cor bronze, sendo o vermelho a cor mais proeminente.

Segundo Jain (1995), a cor bronze tem o valor de 205 para o vermelho e outros valores para o verde e o azul. Os resultados mostram que o número de *pixels* por unidade de área (*pixels/cm²*) diminui muito quando se aproxima do vermelho 255.

R>	Número de Pontos	<i>Pixels/cm²</i>
150	845810	2.1×10^3
200	358375	891.94
230	66101	164.5
250	5052	12.5
251	4240	10.5
252	3529	8.78
253	2889	7.19
254	2340	5.8

Tabela 1. Valores do vetor R (camada vermelha).

O número de lesões causadas pelo *Phakopsora Pachyrhizi* é de cor bronze, portanto foram calculados vários valores de R por área para identificação de quando a infestação atinge o limite para o uso de fungicida.

Como o fungicida causa problemas ambientais, deve ser usado na hora certa. Segundo Navarini (2007), esse ponto é de 5,58 pústulas por cm², que é aproximadamente o mesmo valor considerando *pixel* por cm², considerando uma capacidade de aquisição de imagem utilizada de 800 x 600 *pixels* e resolução de aproximadamente 0,17 mm por *pixel* (JAIN, 1995), suficiente para capturar pequenas lesões em uma amostra bem abaixo de 2 mm (EMBRAPA, 2002).

Desse modo, de acordo com os resultados obtidos, verifica-se que o valor de R próximo a 200 mostra que a infestação, neste caso, é muito alta e o agrotóxico deve ser utilizado.

3 | CONCLUSÕES

As barreiras sanitárias impedem de se desenvolver experimentos em campo com vários estágios de infestações, pois poderia disseminar o fungo entre espécimes sadios. Entretanto, é possível obter imagens de instituições de pesquisas com vários níveis de infestação. Poderiam também ser obtidas imagens áreas captadas por drones, em campo de espécimes já infestados em vários níveis e ainda não submetidos a aplicações de fungicidas.

Verificou-se que o mapa de cores vermelho não se mostrou eficaz na identificação do fungo *Phakopsora Pachyrhizi*, uma vez que a lesão causada por este se aproxima da cor bronze, tendo o vermelho a cor mais acentuada. Verificou-se também que devem ser elaborados diferentes mapas de cores para analisar qual apresenta melhores resultados na identificação deste fungo.

Diante do apresentado, verifica-se que o método proposto mostrou-se capaz de detectar pequenos esporos no espécime e identificar esses pontos variando a intensidade da camada de matriz vermelha, que difere da cor de um espécime sem a doença. Assim, o método utiliza o número de pontos por área para verificar a quantidade de infestação e tomar a decisão de usar o fungicida no momento certo. Para melhores resultados seria recomendável monitorar a evolução de vários espécimes em diferentes graus de infestação em campo.

REFERÊNCIAS

BEER-SHEVA, Israel. **Image motion restoration from a sequence of images**. Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, n. 35, p. 2898-2904, 1996.

EMBRAPA. **Ferrugem da soja: Phakopsora Pachyrhizi Sydow**. In: Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2003 Londrina: EMBRAPA Soja, 2002.

GODOY, Cláudia Vieira *et al.* **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2019/2020: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** EMBRAPA, Londrina – PR, 2020.

JAIN, R. **Machinevision.** Estados Unidos, McGraw-Hill, 1995.

LÓPEZ-GARCIA, Fernando; ANDREU-GARCIA, Gabriela; BLASCO, José; ALEIXOS, Nuria; VALIENTE, José-Miguel. **Automatic detection of skin defects in citrus fruits using a multivariate image analysis approach.** Computers and Electronics in Agriculture, p. 189-197, 2010.

NAVARINI, Lucas. **Controle Químico da Ferrugem Asiática (*Phakopsora Pachyrhizi* Sydow) na cultura da soja.** Summa Pytopathol, Boutucatu, v. 33, n. 2, p.182-186, 2007.

SCHALKOFF, R. J. **Digital image processing and computer vision.** Singapore: John Wiley & Sons Inc., 1989.

SINDIVEG. **Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal**, Disponível em: <<http://www.sindiveg.org.br/sindiveg.php>. > Acesso em: 30 jun 2016.

TSUNECHIRO, A.; FERREIRA, C. R. R. P. T. **Mercado em alta.** Cultivar, Pelotas, v. 22, p. 22-24, 2000.

MIRANDA, Ary Carvalho de; MOREIRA, Josino Costa; CARVALHO, René de; PERES, Frederico. **Neoliberalismo, uso de agrotóxicos e a crise da soberania alimentar no Brasil.** Ciência & Saúde Coletiva, v. 12, n. 1, 2007.

DIAGNÓSTICO SOBRE A OCORRÊNCIA DO TEMA CÂNCER NOS CURRÍCULOS DAS UNIVERSIDADES PARANAENSES E UMA PROPOSTA DE CURSO ONLINE PARA A FORMAÇÃO INICIAL DE LICENCIANDOS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Data de aceite: 01/06/2022

Camila Machado Ferreira Siqueira

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, UNICENTRO, campus Cedeteg Guarapuava - PR

Elaine Maria dos Santos

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, UNICENTRO, campus Cedeteg Guarapuava - PR

Rosilene Rebeca

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, UNICENTRO, campus Cedeteg Guarapuava - PR

RESUMO: Estima-se que o câncer seja a segunda maior causa de morte em todo o mundo e, que é superado apenas pelas doenças do aparelho circulatório. Mais de metade das mortes provocadas pelo câncer podem ser atribuídas às práticas comportamentais de risco. Desse modo, a prevenção assume um papel de destaque na preservação da qualidade de vida dos cidadãos. O objetivo deste trabalho foi analisar as ementas e programas das disciplinas do curso de Ciências Biológicas-Licenciatura, das sete Universidades Estaduais do Estado do Paraná, para verificar se existe alguma abordagem e/ou conteúdo relacionados à prevenção do câncer e, posteriormente apresentar uma estratégia de capacitação para professores na formação

inicial docente sobre esse tema. Após analisar as ementas e programas foi possível perceber que nenhuma das universidades apresentou nas ementas das disciplinas itens ou temas sobre o câncer nos conteúdos programáticos das disciplinas ofertadas aos futuros professores de ciências e biologia. Essa lacuna curricular é preocupante, já que o professor é a primeira conexão direta com o aluno para o esclarecimento de dúvidas com relação à saúde. Assim, pretendeu-se dar continuidade a essa investigação com a elaboração de um curso *online* intitulado “Noções básicas sobre o câncer”, a ser elaborado com recursos apreendidos nas aulas de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) do Programa Pós-Graduação Profissional em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da Unicentro- PR. O curso de extensão foi ofertado aos graduandos como um recurso complementar para auxiliar na formação dos futuros professores de ciências e biologia.

PALAVRAS-CHAVE: Câncer, prevenção, formação de professores.

1 | INTRODUÇÃO

Nosso corpo é formado por células que se organizam em tecidos e órgãos. As células normais se dividem, amadurecem e morrem, renovando-se a cada ciclo celular. Quando células anormais, ditas transformadas, não seguem esse processo, desenvolve-se o câncer, devido às mutações que provocam danos em um ou mais genes da célula que, de algum modo, possam interferir no controle do

ciclo celular (BRASIL, 2006).

As doenças cardiovasculares e o câncer assumem um papel de destaque quando se trata de indicadores de mortalidade no Brasil (INCA, 2020). O número de casos e óbitos por câncer em todo o mundo deve dobrar ao longo dos próximos 20 a 40 anos. Para o período de 2020 a 2022, a estimativa do Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (INCA) é a ocorrência de cerca de 625 mil casos novos de câncer no Brasil por ano. Menciona-se ainda que, mais de metade das mortes provocadas pelo câncer podem ser atribuídas as práticas comportamentais de risco (NOONAN *et al.*, 2016; KLEIN *et al.*, 2021). Assim, a prevenção assume, por consequência, um papel de destaque na manutenção da qualidade de vida dos indivíduos e da coletividade.

Embora educar para a saúde seja responsabilidade de diferentes segmentos da sociedade, a escola é instituição privilegiada porque pode se transformar num espaço importante de promoção da saúde (Brasil, 1998). Sabe-se ainda que mais de metade das mortes provocadas pelo câncer podem ser atribuídas as práticas comportamentais de risco (Colditz *et al.*, 2012) e, a prevenção assume cada vez mais um papel de destaque na preservação da qualidade de vida dos cidadãos.

Considerando esta realidade, sente-se a necessidade de informar a população sobre os riscos relacionados ao câncer e de efetivar uma estratégia de diagnóstico precoce e prevenção dessa doença que tem aumentado o índice de mortalidade a cada ano. Nesse sentido, conscientizar os alunos do ensino fundamental e médio sobre o assunto, seria uma boa estratégia de prevenção e informação, já que muitas vezes esses alunos, podem partilhar em casa os conhecimentos adquiridos na escola.

Segundo o Ministério da Educação (2006), a disciplina de biologia deve proporcionar ao aluno a compreensão de como as informações genéticas codificadas no DNA definem a estrutura e o funcionamento das células e determinam as características dos organismos, além de conhecer o princípio básico de duplicação do DNA e saber que esse processo está sujeito a erros, chamados mutações, que originam novas versões do gene afetado e podem ser causadores de problemas para os diferentes organismos. Um desses problemas é o câncer. Apesar dos discursos oficiais afirmarem a necessidade e importância da educação para a saúde, isso não será possível se o professor de ciências e biologia não obtiver em sua formação uma capacitação necessária para tal, principalmente referindo-se a um assunto tão complexo e de extrema importância como o câncer.

Diante disso, esse trabalho teve como objetivo, analisar as ementas e programas das disciplinas do curso de Ciências Biológicas-Licenciatura, das universidades: Universidade Estadual de Maringá(UEM), Universidade Estadual de Ponta Grossa(UEPG), Universidade Estadual do Centro Oeste(UNICENTRO), Universidade Estadual de Londrina(UEL), Universidade Estadual do Paraná(UNESPAR), Universidade Estadual do Norte do Paraná(UENP) e Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), que são as sete Universidades estaduais do Estado do Paraná, verificando se existe alguma

abordagem/conteúdo relacionada a prevenção do câncer, e posteriormente apresentar uma estratégia de capacitação para professores se aperfeiçoarem no neste assunto.

A formação do professor de ciências e biologia e a educação para a saúde

É comum durante as aulas de ciências e biologia, situações em que os estudantes apresentam dúvidas e curiosidades relacionadas a conteúdos ligados ao processo saúde-doença. Porém, muitos professores relatam que trabalhar temas de educação em saúde (ES) nunca foi uma tarefa fácil, visto que as dificuldades surgem de todos os lados, desde a falta de auxílio por parte do livro didático até a falta de incentivo da escola. Outro fator importante é a deficiência na formação inicial dos professores que os tornam inaptos para lidar com a diversidade das doenças, com a falta de informação sobre as mesmas e por fim, por falta de ferramentas pedagógicas (Vieira e Moro, 2017). Em relação ao câncer, o conhecimento específico e a atualização tecnológica da etiologia da doença atrelada aos preconceitos culturais enraizados nos indivíduos, dificultam ainda mais a prevenção. Segundo Precioso (2004) essas dificuldades existem pelo fato de não existir um currículo transversal de saúde na forte tradição de organização curricular vertical, associadas a falta de sensibilização dos professores em uma formação inicial e continuada.

Educação em saúde, segundo Mohr (2002) é a expressão empregada para indicar as atividades realizadas como parte do currículo escolar relacionadas ao processo de ensino e aprendizagem que tenham uma intenção pedagógica definida. A intenção deve estar vinculada a um assunto ou tema que estabeleça relações com a saúde individual ou coletiva.

Segundo Ortega e Cátalan (2007) para que os alunos aprendam de maneira ativa e crítica é necessário que os professores tenham conhecimento sobre as questões básicas de saúde e habilidade para desenvolvê-las em sala de aula. Acredita-se que o currículo de formação de licenciandos em Ciências Biológicas deva possuir disciplinas que discutam estratégias metodológicas sobre o trabalho com ES (VIEIRA E MORO, 2017).

Mohr (2002), em sua tese de doutorado, menciona que um curso de graduação precisa de um currículo que proporcione na formação do professor não somente a integração do conhecimento de diversas áreas, mas que esse conhecimento seja transmitido de maneira significativa e não como um estaque de conhecimentos. Para a autora,

O problema é de, no mínimo, duas ordens intrinsecamente relacionadas: os conhecimentos propriamente ditos e as estratégias didáticas utilizadas para desenvolvê-los. No que diz respeito ao conteúdo, um dos pontos problemáticos reside no fato de a formação universitária precisar capacitar o licenciando com um conhecimento aprofundado na sua área de especialização, ao mesmo tempo em que precisa desenvolver, com este aluno, a capacidade de transformar tal conhecimento bruto em tópicos e assuntos de aula (MOHR, 2002 p. 98).

Nesse cenário, pode-se dizer que o quadro da ES nas escolas de nível fundamental

e médio é complexo. Observa-se uma vacuidade na ES nas universidades nos cursos de licenciatura quando da formação inicial docente, além da falta de incentivo das escolas. (ZANCUL E COSTA, 2012). O despreparo dos professores do ensino básico pode, pelo menos em parte, ser atribuído às deficiências da formação inicial. Segundo Gavídia (2009), esse déficit pode ser suprido com uma boa formação continuada.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho é uma pesquisa – ação e tem como objetivo contribuir com a formação inicial dos professores de ciências e biologia em educação em saúde. O tema central a ser abordado é o câncer.

Segundo Tripp (2005), a pesquisa – ação educacional é uma estratégia utilizada por professores e pesquisadores de modo que eles possam utilizar suas pesquisas para aprimorar seu conhecimento e dessa forma facilitar o aprendizado de seus alunos. Nesse caso, a pesquisa irá auxiliar os futuros professores de ciências e biologia para que os mesmos sejam capazes de transmitir o assunto de forma significativa. A maioria dos processos de pesquisa-ação segue o mesmo ciclo. A solução de problemas, começa com a identificação do problema, o planejamento de uma solução, sua implementação, seu monitoramento e a avaliação de sua eficácia.

Neste artigo serão descritas as etapas de identificação do problema e planejamento da solução. Inicialmente foi realizada a análise das ementas e programas das disciplinas dos cursos de Ciências Biológicas- Licenciatura das 7 universidades estaduais do estado do Paraná, acessadas nas páginas oficiais das universidades. Nesta análise buscou-se detectar a presença do tema Câncer nos nas ementas e programas das disciplinas elencadas nos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas. Essa busca foi feita no ano de 2018. O intuito do diagnóstico, uma vez detectada a deficiência na formação inicial dos licenciandos, foi a elaboração de um curso online intitulado “Noções Básicas Sobre o Câncer”, que foi ofertado como um recurso complementar, visando suprir as dificuldades que os professores enfrentam para tratar esse assunto. A partir do diagnóstico o curso foi elaborado e ministrado na modalidade extensão cujos resultados e eficácia estão descritos na dissertação e produto educacional disponíveis na página oficial do PPGEN(Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática), da UNICENTRO.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante da análise realizada nas ementas e conteúdos programáticos foi possível perceber que nenhuma das universidades apresentou qualquer item relacionado à etiologia, origem, fisiologia ou tratamento do câncer. Tampouco houve itens relativos à prevenção. Este resultado confirmou o estudo de Zancul e Costa (2012), que afirmaram que

os professores não estão sendo preparados para debater assuntos relacionados à saúde na escola, e muitas vezes não sabem como abordar esse tema com alunos, deixando de debater esses assuntos por serem denominados polêmicos, como é o caso do câncer.

A deficiência na formação inicial docente sobre o tema câncer não é exclusividade dos professores brasileiros. Em Portugal, Barros e colaboradores (2014) relataram que existe uma falta de preparo para o professor de ciências e biologia para tratar de temas relacionados à saúde, em específico o câncer. Esses autores desenvolveram um projeto inovador, intitulado “*Cancro, educar para prevenir*”. O projeto consistiu em um programa de prevenção de câncer destinado a professores de biologia do ensino básico e secundário de maneira formativa com objetivo de transferir conhecimentos e sensibilizar sobre o câncer e sua prevenção. Além de ações formativas foram feitas ações interventivas, convidando os professores para a implementação de projetos de prevenção do câncer nas escolas. O curso de formação aconteceu em regime *e-learning*, em sessões online utilizando a plataforma *Moodle*, e também algumas sessões em regime presencial. Os resultados obtidos através do pré e pós teste com os professores participantes, demonstrou que as percepções a respeito do câncer em geral, aumentaram depois de concluído o curso, e com isso foi possível a implementação de projetos de prevenção do câncer nas escolas em que atuam, com resultados positivos com relação ao interesse e aumento de conhecimento dos alunos. (BARROS et al ,2014).

Diante disto, com intuito de preencher a lacuna de conhecimentos acerca do câncer, foi desenvolvido um curso com o título “Noções básicas sobre o câncer”, totalmente *online*, com objetivo de complementar o currículo dos futuros professores de ciências e biologia. O curso foi iniciado durante as aulas da disciplina de TIC's (Tecnologia, Informação e Comunicação) sob a supervisão da professora da disciplina no programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da UNICENTRO e aplicado na modalidade extensão aos acadêmicos do Curso de Ciências Biológicas. A carga horária correspondeu a 20 horas aulas, divididas em três módulos. Os objetivos foram explorar a percepção geral dos estudantes sobre a ES, Temas Transversais e a nova BNCC e os conhecimentos básicos sobre o câncer.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as análises realizadas nas ementas e programas das disciplinas elencadas nas grades dos cursos de licenciatura em Ciências Biológicas nas Universidades públicas do Estado do Paraná e na revisão bibliográfica pode-se concluir que os licenciados saem da universidade com pouca ou nenhuma formação para ensino da saúde, e isso inclui o tema câncer. Tal fato é preocupante, especialmente em relação ao câncer, por ser a segunda maior causa de morte em todo o mundo perdendo apenas para doenças cardíacas. A ES e a formação inicial docente não parecem dialogar em prol da alfabetização

para prevenção, uma vez que é o professor, a primeira conexão direta entre o aluno e o conhecimento necessário para assegurar mudanças comportamentais em relação à saúde e a qualidade de vida.

Esperava-se que esse curso *online* “Noções básicas sobre o câncer” pudesse contribuir de maneira significativa para a formação dos futuros professores de ciências e biologia, e, obtivemos resultados promissores que acreditamos serão viáveis no cotidiano da escola para que os professores possam atuar de forma eficiente e criativa. O professor precisa ser capaz de estimular o aprendente à compreensão da complexidade do câncer para que o aluno possa incorporar novas atitudes que contribuam para prevenção.

REFERÊNCIAS

ABC do câncer: abordagens básicas para o controle do câncer / Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva; organização Mario Jorge Sobreira da Silva. – 6. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro: Inca, 2020. 114 p. Disponível em: <<https://www.inca.gov.br/publicacoes/livros/abc-do-cancer-abordagens-basicas-para-o-controle-do-cancer>> Acesso em: 25 nov. 2021.

BARROS, A., SANTOS, H., MOREIRA, L., SANTOS-SILVA, F. **Cancro, educar para prevenir – apresentação de um estudo de prevenção primária para a saúde**. VIII Congresso Português de Sociologia. Portugal, 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília, 2006. 135p. Disponível em: <portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf>. Acesso em 19 junho.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Fundamental. (1998). **Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos: apresentação dos temas transversais**. Brasília, DF.

COLDITZ, G. A., WEI, E. K. (2012). **Preventability of cancer: the relative contributions of biologic and social and physical environmental determinants of cancer mortality**. Annual review of public health, 33, 137.

GAVIDIA, V. (2009). **El profesorado ante la educación y promoción de la salud em la escuela**. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*. 23, 171-180.

KLEIN, W.M.P, O'CONNELL, M. E, BLOCH, M.H, CZAJKOWSKI, S.M, GREEN, P.A, HAN, P.K.J, MOSER R.P, NEBELING, L.C, VANDERPOOL, R.C. **Behavioral Research in Cancer Prevention and Control: Emerging Challenges and Opportunities**. J Natl Cancer Inst. 2021 Jul 7:djab139. doi: 10.1093/jnci/djab139. Epub ahead of print. PMID: 34240206; PMCID: PMC8344826. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jnci/advance-article/doi/10.1093/jnci/djab139/6317682>> Acesso em: 04 dez.2021.

MOHR, A. **A natureza da educação em saúde no ensino fundamental e os professores de ciências**. 2002. Tese de Doutorado-Centro de Ciências da Educação, UFSC. Florianópolis: 2002.

ORTEGA, T, M.; CATALAN, V. **Dificultades para el desarrollo de la educación para la salud en la escuela. Opiniones del profesorado.** Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. n. 21, p. 119-128, 2007.

PRECIOSO, J. **Educação para a saúde na universidade: um estudo realizado em alunos da Universidade do Minho.** Revista Electrónica Enseñanza de las Ciencias. , Vol. 3, Nº 2, 161-170 (2004)

TRIPP, D. **Pesquisa ação: Uma introdução metodológica.** Universidade de Murdoch. Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005

VIEIRA, B. F.; MORO, L.; **Educação em saúde na formação inicial de professores de biologia: Relato de experiência.** Rev. Docência Ens. Sup., Belo Horizonte, v. 7, n. 2, p. 34-49, jul./ dez. 2017

ZANCUL, M.S, COSTA, S.S. **Concepções de professores de ciências e de biologia a respeito da temática educação em saúde na escola.** Experiências em Ensino de Ciências v.7, n. 2, p.67-75, 2012.

DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA DETERMINAR AS PRESSÕES EM SILOS MULTICELULAR COM DESCARGA CONCENTRICA E EXCÊNTRICA

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 24/05/2022

Hellen Pinto Ferreira Deckers

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, ICA/UFVJM
Unaí – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/0066067112109904>

Francisco Carlos Gomes

Universidade Federal de Lavras, – DEA/UFLA
Lavras – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/9656483363249006>

RESUMO: Desenvolveu-se um programa computacional para determinar as pressões, horizontal e de atrito, em silos esbeltos prismáticos, de seção quadrada, com tremonha excêntrica e fluxo de massa, tomando como base as normas internacionais: AS 3774 (1996), DIN 1055-6 (2005) e BS EN 1991-4 (2006) e as teorias propostas por SAFARIAN (1969) e WALKER (1966). O desenvolvimento do aplicativo foi viabilizado pela elaboração de um algoritmo computacional em ambiente de programação “Borland Delphi”. O programa foi realizado para cinco projetos de silos com tremonha de formato tronco-piramidal, considerando as seguintes excentricidades: 25%, 30%, 35% e 43% e um modelo concêntrico para comparação. O programa computacional SILOEXCENTRIC permitiu, de forma fácil e rápida, ser aplicável para silos esbeltos prismáticos com geometria das tremonhas concêntrica e excêntrica. Os

resultados demonstraram a eficiência do programa computacional para os objetivos propostos. Assim, no SILOEXCENTRIC são gerados resultados de pressões que são armazenadas em arquivos no formato “Bloco de Notas” que podem ser acessados posteriormente. Além dos arquivos, são apresentadas várias informações na forma de gráfico, facilitando a avaliação das pressões horizontais e de atrito, que se mostraram adequados às normas internacionais, considerados os Estados Limites.

PALAVRAS-CHAVE: Estruturas de armazenamento, descarga excêntrica, pressões horizontais e de atrito.

DEVELOPMENT OF SOFTWARE TO DETERMINE PRESSURES IN MULTICELULARSILOS WITH CONCENTRIC AND ECCENTRIC DISCHARGE

ABSTRACT: A computer program for determining the pressures, horizontal and friction, in prismatic slender silos, with square section, eccentric hopper and mass flow, international codes taken as basis were: AS 3774 (1996), DIN 1055-6 (2005) and BS EN 1991-4 (2006) and the theories proposed by Safarian (1969) and Walker (1966). The development application was made possible by the development of a computational algorithm in programming “Borland Delphi”. The program was carried out for five silos projects with truncated pyramid form hopper considering the following eccentricities: 25%, 30%, 35% and 43%, as well as a concentric model for comparison. The computer program allowed SILOEXCENTRIC easily and quickly be

applied to slender prismatic geometry of silos with concentric and eccentric hoppers. The results demonstrated the efficiency of the computer program for the proposed objectives. So SILOEXCENTRIC results in pressures that are stored in files in “Notepad” format that may be accessed are generated. Besides files, various data are presented in graphical form, facilitating the assessment of horizontal pressures and friction, which proved adequate to international standards, considering the limit states.

KEYWORDS: Eccentric discharge, prismatic slender silos, horizontal pressure and friction.

1 | INTRODUÇÃO

Um dos setores que tem crescido nos últimos anos é a produção de alimentos industrializados, tanto para consumo humano quanto para o animal, como as rações. Com o desenvolvimento dos projetos, as plantas verticais necessitam de estruturas multicelulares, para armazenamento de matéria-prima, adequadas à produção, considerando as propriedades físicas do produto.

Segundo Brown e Nielsen (1998), o desenho e o comportamento dos silos retangulares e quadrados são muito diferentes dos silos cilíndricos. Grandezas como pressões e deslocamentos, sua interação e importância no comportamento dos silos prismáticos, ainda pouco compreendidas. Segundo Calil Júnior et al. (1997), os silos em forma de parede prismática são mais econômicos devido à rigidez das placas. No estudo pioneiro de Ravenet (1992), foram executadas duas conformações de parede: trapezoidal e ziguezague, que ainda hoje são utilizadas nas indústrias.

A descarga excêntrica permite a otimização do uso de transportadores e facilita o acesso de caminhões e trens na descarga dos produtos. A desvantagem é que, nesta situação, surgem pressões não uniformes, ao longo do perímetro do silo, considerado a maior causa de colapsos (Molenda et al., 2001). Apesar dessas vantagens, os silos prismáticos verticais ainda são pouco utilizados, em parte, pelo simples desconhecimento de seus benefícios. E, em parte, pela falta de conhecimento técnico necessário para seu projeto e construção (Lopes Neto et al., 2008).

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um programa computacional para determinar a pressão horizontal e o atrito, em silos prismáticos esbeltos, de seção quadrada, com tremonha excêntrica, com tremonha excêntrica e fluxo de massa, com base nas normas internacionais: AS 3774 (1996), DIN 1055-6 (2005) e BS EN 1991-4 (2006) e as teorias propostas por Safarian (1969) e Walker (1966).

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do programa foi realizado para cinco silos prismáticos com tremonha de formato tronco-piramidal, considerando as seguintes excentricidades: 25%, 30%, 35% e 43% e um modelo concêntrico para comparação. A interface do software é simples para interação entre os dados fornecidos pelo usuário, tais como propriedades dos

produtos armazenados, propriedades geométricas do silo e da tremonha, e os resultados obtidos das pressões para fluxo de massa, sendo estruturado em três etapas:

Etapa 1: Determinação da geometria do silo:

Primeiramente, é importante os ensaios, para a caracterização do produto dos produtos a ser armazenado, sempre que possível, recomendado pela norma BS EN 1991-4 (2006), que usar os valores médios, tabelas pelas normas, para determinar a geometria do silo. Para a avaliação das pressões, em razão do produto armazenado, foram utilizados, como exemplo, os valores obtidos das propriedades físicas, obtidas por Lopes Neto e Nascimento (2013). Além das diferentes geometrias, como dados de entrada do programa computacional, para fluxo de massa, os produtos foram classificados como granular, pulverulento e pulverulento coesivo.

Para o cálculo dimensional dos cinco silos prismáticos foi adotado uma capacidade de 100 toneladas de produto. A capacidade da célula adotada trata do limite entre a classe de avaliação das ações para as normas DIN 1055-6 e BS EN 1991-4, podendo, assim, ser observado o comportamento das pressões nas Classes 1 ou 2 e 3.

Para o cálculo das pressões, foi adotada uma inclinação de tremonha determinada pela Equação 1 sugerida por Mclean (1986), para garantir o fluxo de massa nos cinco silos com tremonha.

$$\beta_{\text{crit}} = 0,5 \cdot \left[180 - \cos^{-1} \left(\frac{1 - \text{sen } \phi_e}{2 \cdot \text{sen } \phi_e} \right) - \left(\phi_w + \text{sen}^{-1} \frac{\text{sen } \phi_w}{\text{sen } \phi_e} \right) \right] \quad (1)$$

sendo: β_{crit} é o ângulo crítico da tremonha com a vertical ($^\circ$), ϕ_e é o efetivo ângulo de atrito interno ($^\circ$) e ϕ_w é o ângulo de atrito do produto com a parede ($^\circ$).

Os ângulos críticos calculados entre a parede da tremonha com a vertical (β_{crit}) para cada produto foram de: $\beta_{\text{crit}} (\text{milho}) = 34^\circ$, $\beta_{\text{crit}} (\text{milho triturado}) = 27^\circ$ e $\beta_{\text{crit}} (\text{farelo de soja}) = 25^\circ$. Como se trata de células quadradas utilizadas em silos multicelulares adotou-se a situação mais desfavorável de 25° . Essa escolha atende aos três produtos, dada a maior inclinação da parede da tremonha, o que possibilita garantir o fluxo de massa.

Para fins de análise, foram adotadas cinco geometrias: silo com tremonha concêntrica e silos com tremonha excêntrica. Para o silo com tremonha concêntrica, aplicaram-se as metodologias de cálculo propostas pelas normas analisadas (Figura 1). A segunda geometria corresponde a um silo com tremonha excêntrica, ou seja, são tremonhas com a relação e_0/a (excentricidade da boca de descarga/largura da parede do corpo do silo) de 25%, 30%, 35% e 43% de excentricidade (Figura 2). A escolha da geometria excêntrica permite o estudo de Safarian (1969), chamado de silo imaginário, adotada pela norma ACI 313 (1977).

A altura efetiva do silo (H) foi determinada considerando a norma AS 3774, onde está prescrita que para silos prismáticos a altura equivalente é resultante da soma da metade da altura do repouso (h_{rp}), a altura do corpo do silo (h_c) e a altura da tremonha (h_t).

Os cinco silos estudados foram classificados como esbeltos, de acordo com as três normas analisadas, conforme a relação H/a.

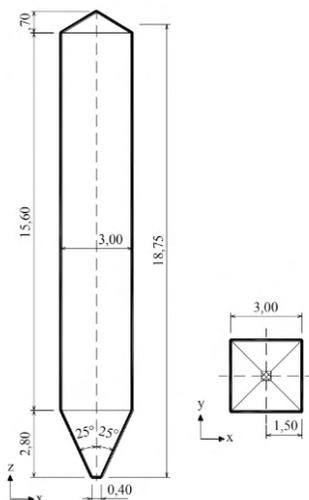


Figura 1: Schematic drawing and dimensions, in meters, of the silo with a concentric hopper.

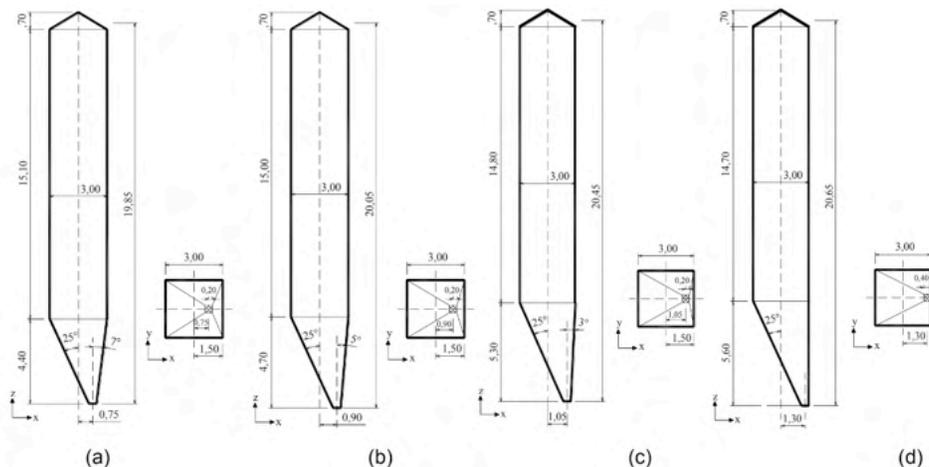


Figura 2: Desenho esquemático e dimensões, em metros, dos silos com tremonha excêntrica: (a) 25% de excentricidade, (b) 30% de excentricidade, (c) 35% de excentricidade e (d) 43% de excentricidade.

Etapa 2: Cálculo das pressões:

Foram calculadas as pressões horizontais e de atrito em silos esbeltos prismáticos, seção quadrada, com descarga excêntrica e concêntrica conforme a formulação das principais normas (BS EN 1991-4, DIN 1055-6 e AS 3774) e teorias de Safarian (1969) e Walker (1966) possibilitando compará-las, para pressões estáticas e dinâmicas, no corpo do silo e na tremonha.

Etapa 3: Desenvolvimento do programa computacional:

O programa desenvolvido, denominado SILOEXCENTRIC, para sistematizar os procedimentos em silos esbeltos, de seção quadrada, com tremonha excêntrica (25%, 30% 35% e 43%) e concêntrica, para cálculo das pressões de carregamento e descarregamento, concêntrico e excêntrico para o corpo do silo e tremonha, conforme o fluxograma ilustrado na Figura 3.

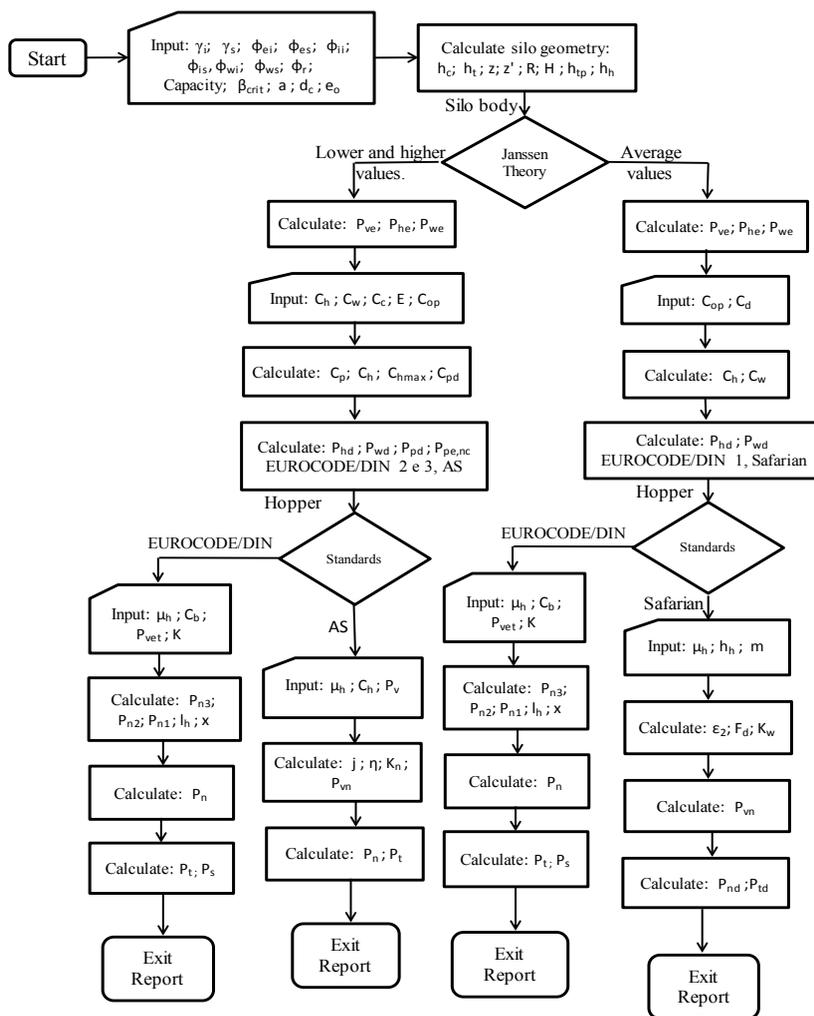


Figura 3: Fluxograma simplificado do programa computacional.

Nota: γ_i = peso específico do produto armazenado inferior, γ_s = peso específico do produto armazenado superior, ϕ_{ii} = ângulo de atrito interno inferior, ϕ_{is} = ângulo de atrito interno superior, ϕ_{ei} = efetivo ângulo de atrito interno inferior, ϕ_{es} = efetivo ângulo de atrito interno superior, ϕ_{wi} = ângulo de atrito com a parede inferior, ϕ_{ws} = ângulo de atrito com a parede superior, a = largura da parede da célula do silo, H = altura efetiva do silo (da boca de saída à superfície equivalente), h_t = altura da tremonha, h_n = altura da tremonha (do seu eixo até a transição), h_{tp} = altura do repouso do produto armazenado, e_o = excentricidade da boca de descarga, b_f = largura da boca de saída, β_{crit} = ângulo crítico da

tremonha com a vertical, β = ângulo da tremonha com a vertical, h_c = altura do corpo do silo, P_{ve} = pressão vertical estática, P_{he} = pressão horizontal estática, P_{we} = pressão de atrito vertical estática, μ = coeficiente de atrito do produto com a parede, γ = peso específico do produto armazenado, K = relação entre pressão horizontal e vertical, P_{pe} = pressão adicional estática, C_{pe} = coeficiente de pressão adicional estática, E = relação entre a excentricidade do canal de fluxo (e) e o diâmetro inscrito (d_c), C_{op} = coeficiente do produto armazenado, $P_{pe,nc}$ = pressão adicional estática para silos não circulares, P_{hd} = pressão horizontal dinâmica, P_{wd} = pressão de atrito vertical dinâmica, C_h = coeficiente de sobrepressão para pressões horizontais, C_w = coeficiente de sobrepressão para pressão de atrito, C_c = coeficiente de geometria do produto, P_{pd} = pressão adicional dinâmica, C_{pd} = coeficiente de pressão adicional dinâmica, $P_{pd,nc}$ = pressão adicional dinâmica para silos não circulares, P_{n1} = pressão na tremonha em virtude da pressão vertical causada pelo armazenamento do produto na região da transição, P_{n2} = pressão na tremonha em virtude da pressão vertical causada pelo armazenamento do produto na saída da tremonha, P_{n3} = pressão na tremonha em razão do peso do produto na mesma, C_b = coeficiente de sobrepressão para tremonha, C_h = coeficiente de sobrepressão para pressões horizontais, P_i = pressão de atrito vertical, por unidade de perímetro da tremonha, P_s = pressão aplicada na transição em silos com fluxo de massa.

O software foi desenvolvido no ambiente Delphi XE 32Bits, denominado de SILOEXCENTRIC. Para a determinação das pressões devido ao produto armazenado, tomaram-se como base as formulações das normas estudadas e teorias de Safarian (1969) e de Walker (1966).

A estrutura do programa baseia-se em uma primeira tela com os dados de entrada das propriedades físicas dos produtos armazenados (Figura 4). Existe uma planilha na parte inferior da tela, sendo módulo de cadastro de dados, para inserir as propriedades físicas de vários produtos com sua característica. Como exemplo, podem ser observadas as propriedades físicas dos produtos: milho, milho triturado e farelo de soja, por se tratar de produtos com propriedades diferenciadas. Sendo o milho classificado como produto granular, o milho triturado como produto pulverulento coesivo, enquanto o farelo de soja é um produto pulverulento.

Cadastro de Produtos

Pesquisa: Procurar Fechar

Código	Nome	Característica									
1	Milho	Produtos Granulares									
01) Peso Especifico		02) Âng.Atr. Interno		03) Efe. Âng.Atr. Interno		04) Âng.Atr.Parede		05) Ângulo Repouso			
yi (kN/m³)		Pii (°)		Pei (°)		Pwi (°)		Pr (°)			
ys (kN/m³)		Pis (°)		Pes (°)		Pws (°)					
ym (kN/m³)		Pim (°)		Pem (°)		Pwm (°)					
7,40		21,10		23,90		13,20		30,00			
7,41		22,90		25,00		15,80					
7,41		22,00		24,45		14,50					

Código	Nome	Característica	yi (kN/m³)	ys (kN/m³)	ym (kN/m³)	Pii (°)	Pis (°)	Pim (°)	Pei (°)	Pes (°)
1	Milho	Produtos Granulares	7,40	7,41	7,41	21,10	22,90	22,00	23,90	25
2	Milho Triturado	Produtos Pulverulentos	7,44	7,64	7,54	25,30	33,30	29,30	34,30	38
3	Farelo de Soja	Produtos Pulverulentos	6,56	6,64	6,60	32,80	35,10	33,95	34,10	35

Figura 4: Tela de cadastro das propriedades físicas dos produtos armazenados, por exemplo: produto milho.

Na Figura 5, está apresentada a tela pertinente aos dados de entrada da capacidade da célula e as características geométricas do silo para cada tremonha excêntrica ou concêntrica. A Figura 6 tem-se os dados de entrada dos coeficientes para o corpo do silo e a tremonha, para o cálculo das pressões dinâmicas, de acordo com as normas estudadas e a teoria de Safarian (1969).

Geometria do Silo

Pesquisa: Procurar Fechar

Excentricidade: EX35%

Produto: Milho

Cap. Armazenamento

Capacidade Celula (tV)

Volume Total (m³)

Relação

H/a

Geometria da Tremonha

Ângulo Inclinação (°)

Largura (m)

Largura Boca (m)

Altura Apice (m)

Altura (m)

Volume (m³)

Geometria Repouso

Ângulo Repouso (°)

Altura (m)

Volume (m³)

Geometria Corpo Silo

Volume (m³)

Altura Util Corpo (m)

Resumo das Alturas

Altura Tremonha (m)

Altura Repouso (m)

Altura Util Corpo (m)

Altura Corpo (m)

Altura Total (m)

Excentricidade

Boca de Descarga (m)

eo/a (m)

Hipotenusa (m)

Código	Excentricidade	Produto	Cap.Total Celula (tV)	Volume Total	Ângulo Inclinação (°)	Largura (m)	Largura Boca (m)	Altura Apice (m)	Altura (m)
1	4	1	1.000,0	151,5	25,0	3,0	0,4	0,9	5,6
2	5	2	1.000,0	151,5	25,0	3,0	0,4	0,9	5,6
3	5	3	1.000,0	151,5	25,0	3,0	0,4	0,9	5,6
7	2	1	1.000,0	151,5	25,0	3,0	0,4	0,7	4,4
8	2	2	1.000,0	151,5	25,0	3,0	0,4	0,7	4,4
9	2	3	1.000,0	151,5	25,0	3,0	0,4	0,7	4,4

Figura 5: Tela da capacidade e as características geométricas do silo, por exemplo: excentricidade de 35% e produto milho.

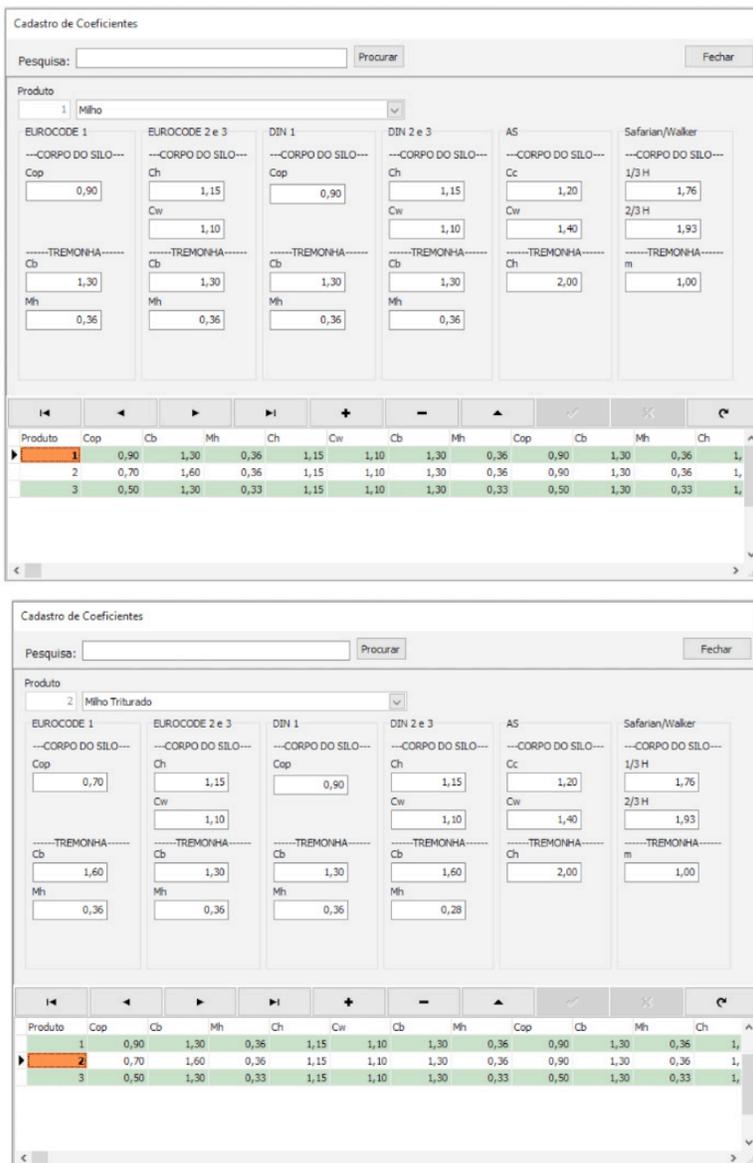


Figura 6: Tela de cadastro dos coeficientes para o corpo do silo e tremonha, por exemplo: produto milho e milho triturado.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

O programa desenvolvido, denominado SILOEXCENTRIC, apresenta na tela intitulada de “Cálculos das Pressões”, os parâmetros de cálculo, sendo o tipo de produto armazenado e a excentricidades, para tremonha concêntrica e excêntricas, conforme Figura 7, para os diferentes procedimentos de cálculos, com seus códigos de 1 a 6. A estimativa

do padrão de fluxo foi realizada pelo equacionamento proposto por Mclean (1986).

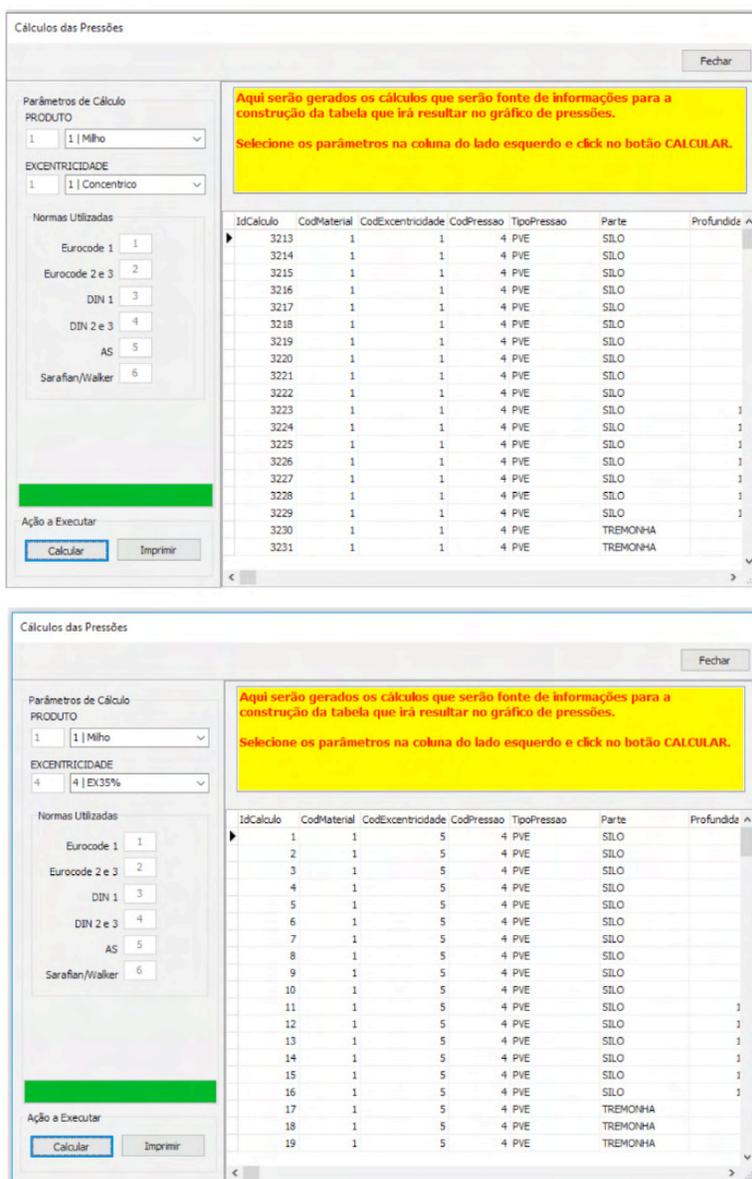


Figura 7: Tela de cálculo da pressão, selecionando a opção do produto armazenado e o tipo de tremonha, por exemplo: produto milho e excentricidade: concêntrico e 35%.

A saída de resultados é realizada por meio de bloco de notas, com a apresentação dos resultados das pressões: pressão vertical estática, pressão horizontal estática, pressão horizontal dinâmica e pressão de atrito dinâmica (Figura 8). Além do traçado dos gráficos

em função da altura do corpo do silo e da tremonha, na tela “Visualização dos Gráficos” tendo como parâmetros o produto, a excentricidade e a pressão.

Calculos.Txt - Bloco de Notas

Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda

MATERIAL : Milho

EXCENTRICIDADE: Concêntrico

PROFUNDIDADE	PRESSAO	PARTE	EURO 1	EURO 2/3	DIN 1	DIN 2/3	AS	sw
0,00	PVE	SIL0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,00	PVE	SIL0	6,64	6,73	6,57	6,68	6,92	6,90
2,00	PVE	SIL0	11,96	12,27	11,73	12,07	12,94	12,89
3,00	PVE	SIL0	16,22	16,84	15,78	16,44	18,18	18,09
4,00	PVE	SIL0	19,64	20,59	18,96	19,97	22,74	22,59
5,00	PVE	SIL0	22,37	23,68	21,45	22,82	26,71	26,50
6,00	PVE	SIL0	24,56	26,22	23,40	25,13	30,17	29,89
7,00	PVE	SIL0	26,31	28,31	24,93	26,99	33,18	32,84
8,00	PVE	SIL0	27,72	30,04	26,14	28,50	35,80	35,39
9,00	PVE	SIL0	28,84	31,45	27,08	29,72	38,08	37,60
10,00	PVE	SIL0	29,75	32,62	27,82	30,71	40,06	39,52
11,00	PVE	SIL0	30,47	33,58	28,40	31,51	41,79	41,19
12,00	PVE	SIL0	31,05	34,37	28,86	32,15	43,29	42,63
13,00	PVE	SIL0	31,51	35,02	29,21	32,67	44,60	43,89
14,00	PVE	SIL0	31,88	35,56	29,49	33,09	45,73	44,98
15,00	PVE	SIL0	32,18	36,00	29,71	33,43	46,73	45,92
15,60	PVE	SIL0	32,33	36,22	29,82	33,61	47,26	46,43
0,00	PVE	TREMONHA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,56	PVE	TREMONHA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,12	PVE	TREMONHA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,68	PVE	TREMONHA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,24	PVE	TREMONHA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,80	PVE	TREMONHA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	PHE	SIL0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,00	PHE	SIL0	4,25	4,28	4,60	4,63	3,12	2,83
2,00	PHE	SIL0	7,65	7,80	8,21	8,37	5,84	5,29
3,00	PHE	SIL0	10,38	10,69	11,05	11,39	8,21	7,42
4,00	PHE	SIL0	12,57	13,08	13,27	13,83	10,27	9,26

Calculos.Txt - Bloco de Notas

Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda

MATERIAL : Milho

EXCENTRICIDADE: EX35%

PROFUNDIDADE	PRESSAO	PARTE	EURO 1	EURO 2/3	DIN 1	DIN 2/3	AS	sw
0,00	PVE	SIL0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,00	PVE	SIL0	6,64	6,73	6,57	6,68	6,92	6,90
2,00	PVE	SIL0	11,96	12,27	11,73	12,07	12,94	12,89
3,00	PVE	SIL0	16,22	16,84	15,78	16,44	18,18	18,09
4,00	PVE	SIL0	19,64	20,59	18,96	19,97	22,74	22,59
5,00	PVE	SIL0	22,37	23,68	21,45	22,82	26,71	26,50
6,00	PVE	SIL0	24,56	26,22	23,40	25,13	30,17	29,89
7,00	PVE	SIL0	26,31	28,31	24,93	26,99	33,18	32,84
8,00	PVE	SIL0	27,72	30,04	26,14	28,50	35,80	35,39
9,00	PVE	SIL0	28,84	31,45	27,08	29,72	38,08	37,60
10,00	PVE	SIL0	29,75	32,62	27,82	30,71	40,06	39,52
11,00	PVE	SIL0	30,47	33,58	28,40	31,51	41,79	41,19
12,00	PVE	SIL0	31,05	34,37	28,86	32,15	43,29	42,63
13,00	PVE	SIL0	31,51	35,02	29,21	32,67	44,60	43,89
14,00	PVE	SIL0	31,88	35,56	29,49	33,09	45,73	44,98
14,80	PVE	SIL0	32,12	35,91	29,67	33,37	46,54	45,74
0,00	PVE	TREMONHA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,66	PVE	TREMONHA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,32	PVE	TREMONHA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,98	PVE	TREMONHA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,64	PVE	TREMONHA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3,30	PVE	TREMONHA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3,96	PVE	TREMONHA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4,62	PVE	TREMONHA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5,30	PVE	TREMONHA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	PHE	SIL0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,00	PHE	SIL0	4,25	4,28	4,60	4,63	3,12	2,83
2,00	PHE	SIL0	7,65	7,80	8,21	8,37	5,84	5,29

Figura 8: Tela de relatório dos cálculos de pressão para normas e teoria de Safarian e Walker, por exemplo: produto milho e excentricidade: concêntrico e 35%.

a) Pressão horizontal estática no silo

Com as pressões horizontais estáticas calculadas no fundo do corpo do silo com saída excêntrica, observam-se valores médios iguais a 21,11 kN.m⁻² para o milho, 13,33

kN.m^{-2} para o milho triturado e $11,00 \text{ kN.m}^{-2}$ para o farelo de soja. Esses valores foram em média 1% inferiores aos valores observados nos silos com saída concêntrica cujos valores médios são iguais a $21,39 \text{ kN.m}^{-2}$ para o milho, $13,53 \text{ kN.m}^{-2}$ para o milho triturado e $11,13 \text{ kN.m}^{-2}$ para o farelo de soja, pelas normas e teoria de Safarian (1969).

Para as pressões horizontais estáticas calculadas na transição das tremonhas excêntricas observam-se valores médios iguais a $45,32 \text{ kN.m}^{-2}$ para o milho, $39,36 \text{ kN.m}^{-2}$ para o milho triturado e $31,56 \text{ kN.m}^{-2}$ para o farelo de soja. Esses valores foram em média 12% superiores à tremonha concêntrica com valores médios iguais a $40,02 \text{ kN.m}^{-2}$ para o milho, $34,57 \text{ kN.m}^{-2}$ para o milho triturado e $27,71 \text{ kN.m}^{-2}$ para o farelo de soja, pelas normas EUROCODE e DIN.

A teoria de Safarian é a que apresentou menores valores de pressões, em média, para todos os produtos, seguido das normas AS 3774 e EUROCODE/DIN da Classe 1, que é menor à pressão média da EUROCODE/DIN da Classe 2 e 3, localizada no fundo do corpo do silo.

Madrone e Calil Júnior (2009), no cálculo para silos cilíndricos com tremonha concêntrica, obtiveram pressão horizontal estática para a soja superior à pressão horizontal estática com o farelo de soja, tanto no corpo quanto na tremonha do silo. Na transição, as pressões dadas pelas normas (EUROCODE, DIN e AS) são em média iguais a 28 kN.m^{-2} para o farelo de milho e 32 kN.m^{-2} para a soja.

Com o emprego da teoria de Walker (1966), as tremonhas excêntricas apresentaram, em média, valores de pressões horizontais estáticas iguais a $71,08 \text{ kN.m}^{-2}$ para o milho, $58,27 \text{ kN.m}^{-2}$ para o milho triturado e $50,14 \text{ kN.m}^{-2}$ para o farelo de soja. Esses valores foram em média 5% menores em relação à tremonha concêntrica que apresentou valores médios iguais a $74,57 \text{ kN.m}^{-2}$ para o milho, $61,14 \text{ kN.m}^{-2}$ para o milho triturado e $52,60 \text{ kN.m}^{-2}$ para o farelo de soja. Entre as diferentes excentricidades para um mesmo produto não se constatou diferença na pressão horizontal estática.

No cálculo das pressões horizontais estáticas na tremonha, foram observados valores superiores, quando adotada a teoria de Walker (1966), por adotar a profundidade com base na superfície equivalente do silo. Conforme constatado por Gaylord Junior e Gaylord (1984), a teoria de Walker (1966) superestima as pressões iniciais na tremonha. Palma (2008) obteve, utilizando a teoria de Walker (1966), valores superiores em torno de 50% à teoria de Jenike, para as pressões horizontais em silos cilíndricos, em aço, com tremonha cônica para os produtos painço e soja.

Nas Figuras 9 a 13, são apresentadas as curvas de pressões horizontais estáticas conforme as normas e teorias para os três produtos analisados.

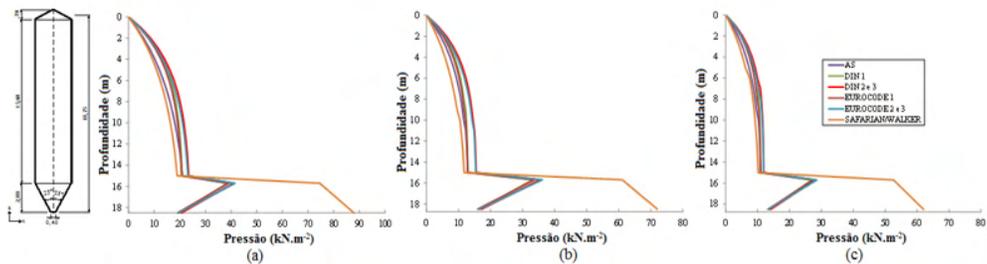


Figura 9: Pressão horizontal estática (ou carregamento) no silo com tremonha concêntrica para: (a) milho, (b) milho triturado e (c) farelo de soja.

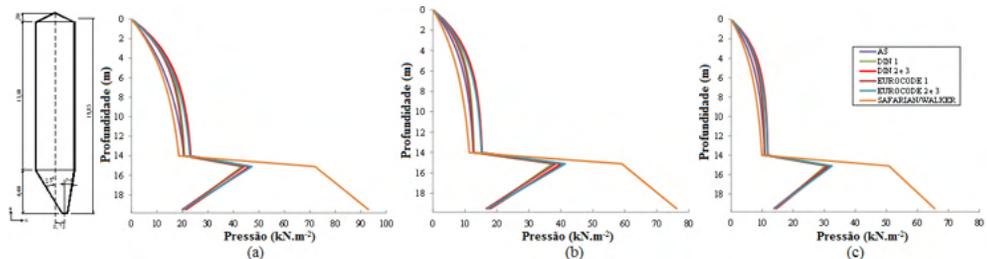


Figura 10: Pressão horizontal estática (ou carregamento) no silo com tremonha excêntrica ($e_0/a = 25\%$) para: (a) milho, (b) milho triturado e (c) farelo de soja.

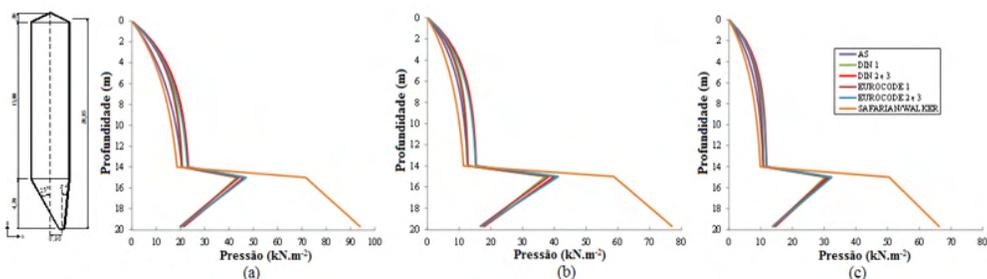


Figura 11: Pressão horizontal estática (ou carregamento) no silo com tremonha excêntrica ($e_0/a = 30\%$) para: (a) milho, (b) milho triturado e (c) farelo de soja.

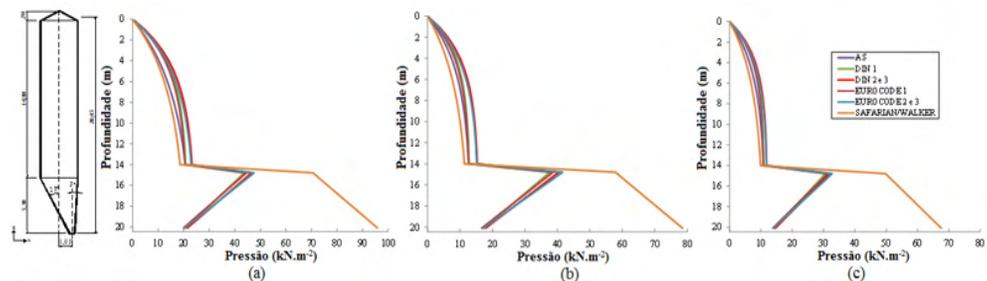


Figura 12: Pressão horizontal estática (ou carregamento) no silo com tremonha excêntrica ($e_0/a = 35\%$) para: (a) milho, (b) milho triturado e (c) farelo de soja.

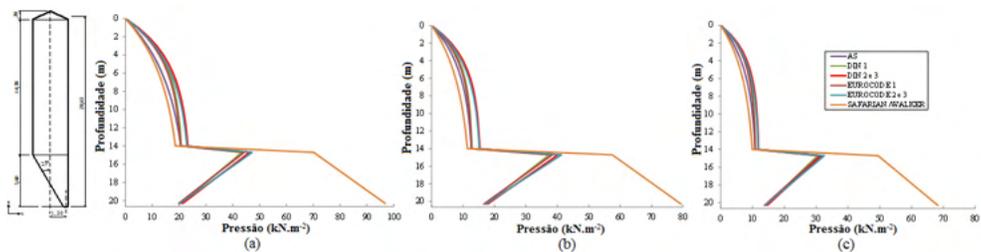


Figura 13: Pressão horizontal estática (ou carregamento) no silo com tremonha excêntrica ($e_0/a = 43\%$) para: (a) milho, (b) milho triturado e (c) farelo de soja.

b) Pressão horizontal dinâmica no silo

Nas pressões horizontais dinâmicas, calculadas no fundo do corpo do silo com saída excêntrica, observam-se valores médios iguais a $45,20 \text{ kN.m}^{-2}$ para o milho, $26,50 \text{ kN.m}^{-2}$ para o milho triturado e $20,93 \text{ kN.m}^{-2}$ para o farelo de soja. Comparando-se com as mesmas pressões de saída concêntrica, observam-se valores médios são iguais a $39,70 \text{ kN.m}^{-2}$ para o milho, $23,24 \text{ kN.m}^{-2}$ para o milho triturado e $18,34 \text{ kN.m}^{-2}$ para o farelo de soja, pelas normas e teoria de Safarian o que representa a diferença de 12% entre os valores.

Para as pressões horizontais dinâmicas, calculadas na transição das tremonhas excêntricas e concêntrica, observam-se valores médios iguais a $77,81 \text{ kN.m}^{-2}$ para o milho. Constatou-se que, para as tremonhas excêntricas, os valores médios são iguais a $58,53 \text{ kN.m}^{-2}$ para o milho triturado e $46,88 \text{ kN.m}^{-2}$ para o farelo de soja. Esses valores foram em média 5% superiores à tremonha concêntrica com valores médios são iguais a $55,45 \text{ kN.m}^{-2}$ para o milho triturado e $44,46 \text{ kN.m}^{-2}$ para o farelo de soja, pelas normas e teoria de Walker.

As normas EUROCODE e DIN (Classe 2 e 3) são as que apresentam em média menores pressões horizontais dinâmicas no fundo do corpo do silo para ambos os produtos. Isso ocorre em função do menor valor do coeficiente de sobrepressão ser 1,15. Madrona e Calil Júnior (2009) apresentou o mesmo resultado para silos cilíndricos com tremonha excêntrica. Enquanto para as normas EUROCODE e DIN (Classe 1) apresentam os valores que variam entre 1,98 até 2,73 para o coeficiente de sobrepressão, calculado em função do tipo de produto e da excentricidade. Palma (2008) calculou as pressões em silo cilíndrico concêntrico tendo obtido os valores de 1,47 para o produto soja e de 1,35 para o produto painço para as normas EUROCODE e DIN. O coeficiente de sobrepressão calculado por Madrona e Calil Júnior (2009), para o armazenamento de soja, em silos cilíndricos com tremonha excêntrica (25% de excentricidade) da Classe 1, foi inferior a 1, sendo adotados 1,15, mas em compensação, a norma AS 3774 para soja e milho triturado apresentou as maiores pressões usando um coeficiente de sobrepressão igual a 1,9.

Lopes Neto et al. (2008) encontrou os valores de coeficientes de sobrepressão de 1,5 (DIN), 1,55 (EUROCODE) e 1,72 (AS) e, também, valores de K iguais a 0,53 (DIN), 0,49 (EUROCODE) e 0,35 (AS) ao utilizar silo prismático de seção retangular, com paredes em

conformação ziguezague com 70° de inclinação com a horizontal, usando a soja peletizada. Esses valores de coeficientes de sobrepressão são inferiores aos calculados e para valores de K houve semelhança aos valores obtidos para milho triturado e farelo de soja.

Analisando-se os coeficientes de sobrepressão, observa-se, que para silo concêntrico, o coeficiente de sobrepressão é menor para todos os produtos em comparação com silo excêntrico. A fórmula empírica para determinação do coeficiente de sobrepressão leva em conta a excentricidade e quanto maior a excentricidade maior será o coeficiente.

A teoria de Safarian emprega coeficientes de sobrepressão e considera que, para fluxo de massa, deve ser acrescido de 10 a 25% o valor do coeficiente de sobrepressão.

Nas Figuras 14 a 18 são apresentadas as curvas de pressões horizontais dinâmicas conforme as normas e teorias para os três produtos analisados.

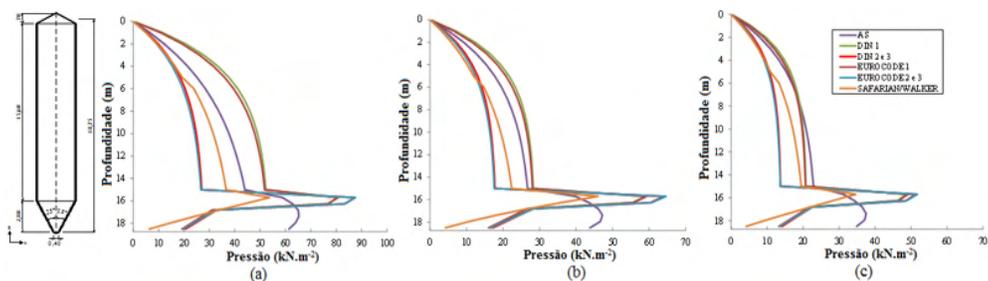


Figura 14: Pressão horizontal dinâmica (ou descarregamento) no silo com tremonha concêntrica para: (a) milho, (b) milho triturado e (c) farelo de soja.

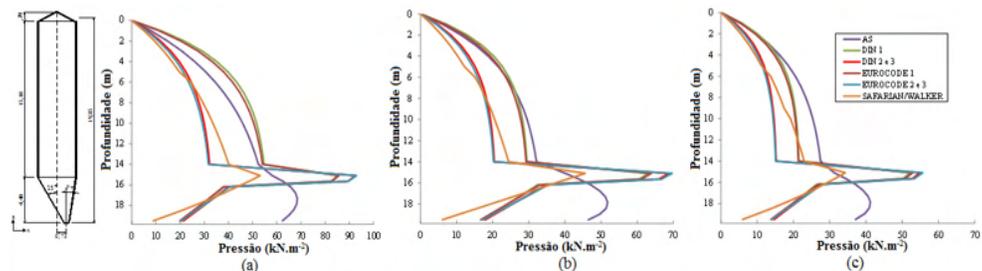


Figura 15: Pressão horizontal dinâmica (ou descarregamento) no silo com tremonha excêntrica ($e_0/a = 25\%$) para: (a) milho, (b) milho triturado e (c) farelo de soja.

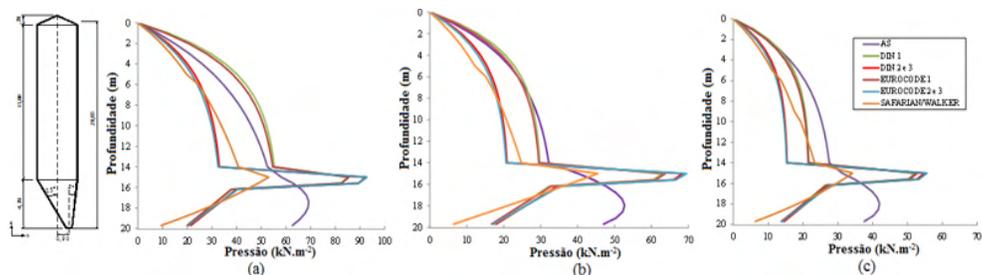


Figura 16: Pressão horizontal dinâmica (ou descarregamento) no silo com tremonha excêntrica ($e_0/a = 30\%$) para: (a) milho, (b) milho triturado e (c) farelo de soja.

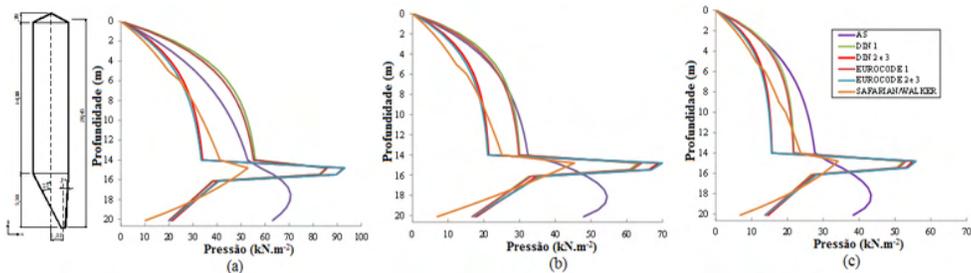


Figura 17: Pressão horizontal dinâmica (ou descarregamento) no silo com tremonha excêntrica ($e_0/a = 35\%$) para: (a) milho, (b) milho triturado e (c) farelo de soja.

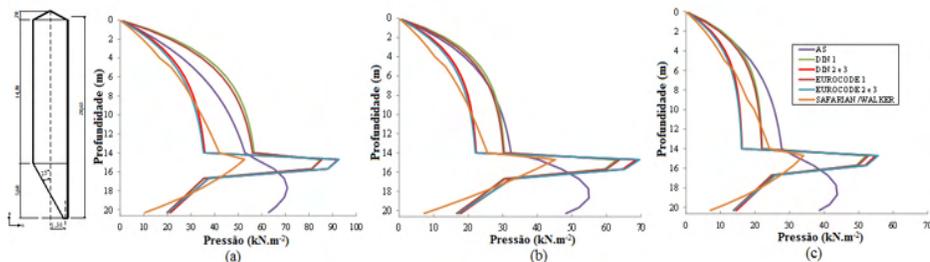


Figura 18: Pressão horizontal dinâmica (ou descarregamento) no silo com tremonha excêntrica ($e_0/a = 43\%$) para: (a) milho, (b) milho triturado e (c) farelo de soja.

c) Pressão de atrito vertical dinâmica no silo

Nas Figuras 19 a 23 são apresentadas as curvas de pressões de atrito dinâmicas conforme as normas e teorias de Safarian (1969) e Walker (1966) para os três produtos analisados.

Para os três produtos, o coeficiente de sobrepressão aplicado à pressão de atrito estática nos silos de Classe 1 (EUROCODE e DIN) varia de 1,40 até 1,64 e para Classe 2 e 3 este valor é constante de 1,10. Para o Safarian o coeficiente de sobrepressão é de 1,76 ($1/3H$) e 1,93 ($2/3H$). Enquanto a norma AS 3774 adota 1,4 (fluxo planar) e 1,2 (fluxo de funil). Na pesquisa realizada por Cheung (2007), em silo cilíndrico esbelto concêntrico, para diferentes produtos (soja, milho e ração de frango) e tipos de paredes, foram encontrados valores médios de 1,07 a 1,076 para parede lisa e de 1,098 a 1,134 para parede ondulada, sendo esses valores semelhantes aos calculados pela EUROCODE e DIN (Classe 2 e 3), mas inferior às demais.

Madrona e Calil Júnior (2009) ressalta que os coeficientes de sobrepressão para descarga das normas foi 1,54 (EUROCODE/DIN da Classe 1), 1,10 (EUROCODE/DIN da Classe 2 e 3) e 1,20 (AS) para silo cilíndrico com 25% de excentricidade para o produto farelo de milho e soja. Lopes Neto, Nascimento e Fank (2014) adotaram o mesmo valor para a norma AS 3774, 1,15 para a norma EUROCODE e 1,10 para a norma DIN para silo cilíndrico de fundo plano com descarga concêntrica e excêntrica.

Para as pressões de atrito dinâmicas, calculadas nas paredes próximas à transição do silo com saída excêntrica, observam-se valores médios são iguais a $8,40 \text{ kN.m}^{-1}$ para o milho, $8,46 \text{ kN.m}^{-1}$ para o milho triturado e $7,50 \text{ kN.m}^{-1}$ para o farelo de soja. Esses valores foram em média 9% superior aos valores observados nos silos com saída concêntrica com valores médios são iguais a $7,70 \text{ kN.m}^{-1}$ para o milho, $7,74 \text{ kN.m}^{-1}$ para o milho triturado e $6,79 \text{ kN.m}^{-1}$ para o farelo de soja, pelas normas e teoria de Safarian.

Com as pressões de atrito dinâmicas, calculadas no fundo do corpo do silo das tremonhas excêntricas, observam-se valores médios são iguais a $17,70 \text{ kN.m}^{-1}$ para o milho, $11,35 \text{ kN.m}^{-1}$ para o milho triturado e $10,53 \text{ kN.m}^{-1}$ para o farelo de soja. Esses valores foram em média 8% superiores à tremonha concêntrica com valores médios são iguais a $16,35 \text{ kN.m}^{-1}$ para o milho, $10,46 \text{ kN.m}^{-1}$ para o milho triturado e $9,71 \text{ kN.m}^{-1}$ para o farelo de soja, pelas normas e teoria de Walker.

Na determinação do coeficiente de sobrepressão para silos da Classe 1 (EUROCODE e DIN), a excentricidade da tremonha é considerada no cálculo. Observam-se no corpo do silo as pressões médias de atrito da teoria de Safarian apresentam valores superiores a uma determinada profundidade em relação às normas, tendo o maior valor de coeficientes de sobrepressão que foi de 1,93.

Madrona e Calil Júnior (2009), pesquisando silos cilíndricos com tremonha cônica com 25% de excentricidade, observou que o lado próximo à boca de saída tem pressões de atrito menores na tremonha do que o lado oposto. As pressões de atrito calculadas pelas normas são maiores do que as obtidas em simulação numérica usando o processo de elementos finitos. Este tipo de comportamento, também foi observado por Guaita, Couto e Ayuga (2003).

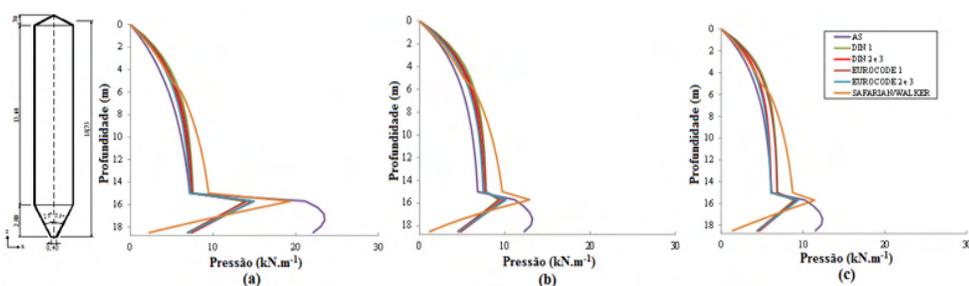


Figura 19: Pressão de atrito dinâmica (ou descarregamento) no silo com tremonha concêntrica para: (a) milho, (b) milho triturado e (c) farelo de soja.

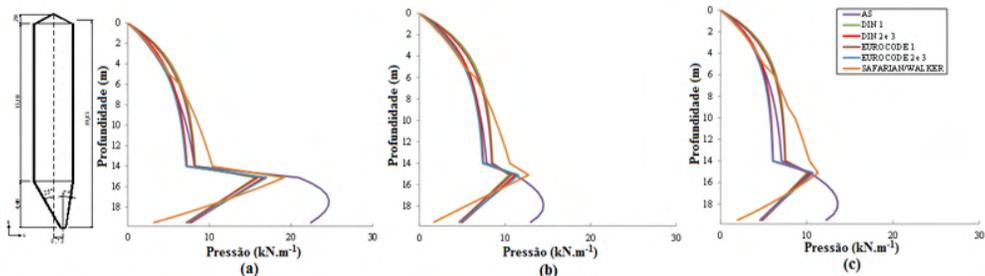


Figura 20: Pressão de atrito dinâmica (ou descarregamento) no silo com tremonha excêntrica ($e_0/a = 25\%$) para: (a) milho, (b) milho triturado e (c) farelo de soja.

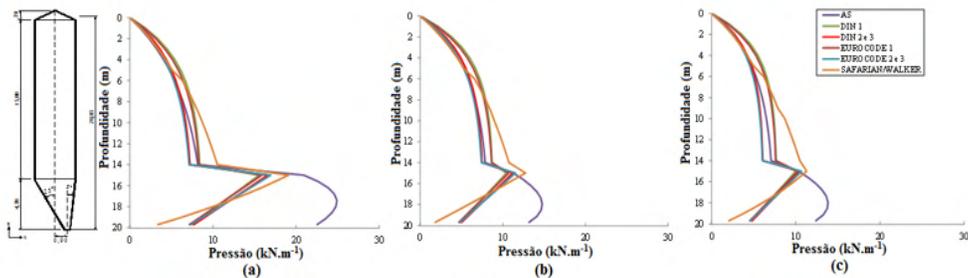


Figura 21: Pressão de atrito dinâmica (ou descarregamento) no silo com tremonha excêntrica ($e_0/a = 30\%$) para: (a) milho, (b) milho triturado e (c) farelo de soja.

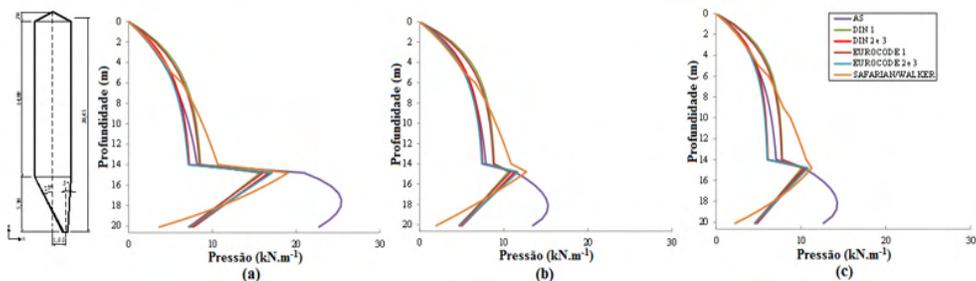


Figura 22: Pressão de atrito dinâmica (ou descarregamento) no silo com tremonha excêntrica ($e_0/a = 35\%$) para: (a) milho, (b) milho triturado e (c) farelo de soja.

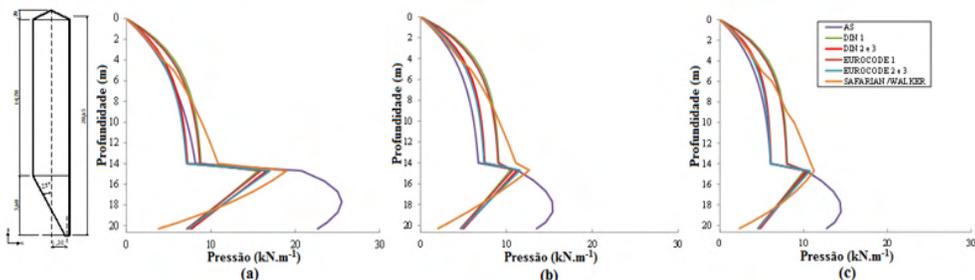


Figura 23: Pressão de atrito dinâmica (ou descarregamento) no silo com tremonha excêntrica ($e_0/a = 43\%$) para: (a) milho, (b) milho triturado e (c) farelo de soja.

4 | CONCLUSÕES

O programa computacional SILOEXCENTRIC permitiu, de forma fácil e rápida, ser aplicável para silos esbeltos prismáticos com geometria das tremonhas concêntrica e excêntrica. Os resultados de pressões verticais, horizontais, e de atrito se mostraram adequados às normas internacionais, considerados os Estados Limites, fornecendo relatório de cálculo e gráficos das pressões.

REFERÊNCIAS

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 313**: standard practice for the design and construction of concrete silos and stacking tubes for storing granular materials. Detroit, 1977. 38 p.

AUSTRALIAN STANDARD. **AS 3774**: loads on bulk containers. Sydney, 1996. 78 p.

BRITISH STANDARD EUROCODE. **BS EN 1991-4**: actions on silos and tanks: part 4: silos and tanks. Brussels, 2006. 107 p.

BROWN, C. J.; NIELSEN, J. **Silos**: fundamentals of theory, behaviour and design. London: E & FN Spon, 1998. 836 p.

CALIL JÚNIOR, C.; NASCIMENTO, J. W. B.; ARAÚJO, E. C. **Silos metálicos multicelulares**. São Carlos: USP, 1997. 175 p.

CHEUNG, A. B. **Modelo estocástico de pressões de produtos armazenados para a estimativa da confiabilidade estrutural de silos esbeltos**. 2007. 305 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

DEUTSCHE NORM. **DIN 1055-6**: basis of design and actions on structures, part 6: design loads for buildings and loads in silos bins. Berlin: Verlaz, 2005. 112 p.

GAYLORD JUNIOR, E. H.; GAYLORG, C. N. **Design of steel bins for storage of bulk solids**. New Jersey: Prentice-Hall, 1984. 359 p.

GUAITA, M.; COUTO, A.; AYUGA, F. Numerical simulation of wall pressure during discharge of granular material from cylindrical silos with eccentric Hoppers. **Biosystems Engineering**, London, v. 85, n. 1, p. 101-109, May 2003.

LOPES NETO, J. P.; NASCIMENTO, J. W. B. Características de fluxo e projeto de tremonhas cônicas em silos verticais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 3, p. 339-345, 2013.

LOPES NETO, J. P.; NASCIMENTO, J. W. B.; CALIL JUNIOR, C. Análise de silos metálicos prismáticos. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1252-1258, jul./ago., 2008.

LOPES NETO, J. P.; NASCIMENTO, J. W. B.; FANK, M. Z. Forças verticais e de atrito em silos cilíndricos com fundo plano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 6, p. 652-657, 2014.

MADRONA, F. S. **Pressões em silos esbeltos com descarga excêntrica**. 2008. 177 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

MADRONA, F. S.; CALIL JÚNIOR, C. Análise das pressões em silos esbeltos com descarga excêntrica. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, v. 11, n. 49, p. 37-56, 2009.

MCLEAN, A. G. Empirical 4 critical flow factor equations. **Bulk Solids Handling**, Nuremberg, v. 6, n. 4, p. 407-411, 1986.

MOLENDÁ, M.; HORÁBIK J.; THOMPSON S. A.; ROSS I. J. Bin loads induced by eccentric filling and discharge of grain. **Structures & Environment Division of ASAE**, Saint Joseph, v. 45, n. 3, p. 781-785, 2001.

PALMA, G.; CALIL JÚNIOR, C. Pressões e fluxo em silos esbeltos ($h/d \geq 1.5$). **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, v. 10, n. 42, p. 129-150, 2008.

RAVENET, J. **Silos**. Barcelona: Técnicos Associados, 1992. 508 p.

SAFARIAN, S. S. Design pressures of granular materials in silos. **Journal of the American Concrete Institute**, New York, v. 66, n. 8, p. 647-655, 1969.

WALKER, D. M. An approximate theory for pressures and arching in hoppers. **Chemical Engineering Science**, New York, v. 21, p. 975-997, 1966.

RECUPERAÇÃO DE MATÉRIA SECA E MATÉRIA MINERAL DE SILAGEM DE CANA - DE - AÇÚCAR TRATADA COM INOCULANTE E DIFERENTES NÍVEIS DE ADITIVOS QUÍMICOS

Data de aceite: 01/06/2022

João Ribeiro da Costa Neto

Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos
<http://lattes.cnpq.br/9873397600912897>

Adriely Pereira Amaral

campus Morrinhos
<http://lattes.cnpq.br/2117229204729804>

Andreia Santos Cezário

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
<http://lattes.cnpq.br/9873397600912897>

Wallacy Barbacena Rosa dos Santos

Professor do Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos
<http://lattes.cnpq.br/0981088012706161>

Jeferson Corrêa Ribeiro

Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos
<http://lattes.cnpq.br/9218769930359182>

RESUMO: Avaliou-se a qualidade da silagem de cana-de-açúcar. A silagem foi colhida e picada em partículas de 2cm e ensilada com diferentes tratamentos em balde plásticos (silos). Foram avaliadas a recuperação de matéria seca e a quantidade de matéria mineral das silagens. Foi observado efeito ($p < 0,05$) dos aditivos para a os valores de matéria mineral, porém, não foi significativo ($p < 0,05$) para recuperação de matéria seca.

PALAVRAS-CHAVE: Cal; Efluente; Gases; Uréia.

RECOVERY OF DRY MATTER AND MINERAL MATTER FROM SUGAR CANE SILAGE TREATED WITH INOCULANT AND DIFFERENT LEVELS OF CHEMICAL ADDITIVES

ABSTRACT: The quality of sugar cane silage was evaluated. The silage was harvested and chopped into 2cm particles and ensiled with different treatments in plastic buckets (silos). The dry matter recovery and the amount of mineral matter in the silages were evaluated. An effect ($p < 0.05$) of the additives was observed for the values of mineral matter, however, it was not significant ($p < 0.05$) for the recovery of dry matter.

KEYWORDS: Lime, effluent, gases urea.

INTRODUÇÃO

A utilização da cana-de-açúcar na alimentação de bovinos tem sido bastante difundida e utilizada em nosso país. Um dos fatores que levam a utilização da cana-de-açúcar é o fato de ser a planta forrageira com o maior potencial de produção de massa e energia (nutrientes digeríveis totais - NDT) por unidade de área, produzindo em um único corte de 15 a 20 t de NDT/ha, enquanto o milho, o sorgo e a mandioca produzem cerca de 8 t de NDT/ha (PEDROSO, 2007). No entanto, estas silagens apresentam fermentação tipicamente alcoólica, como consequência da intensa atividade de leveduras, que convertem os açúcares da forragem em etanol, gás carbônico e água. Segundo Vieira et al. (2004), o processo

de ensilagem apresenta riscos que podem gerar perdas de nutrientes decorrentes de fermentações indesejáveis, pode haver a necessidade da utilização de aditivos, os quais são substâncias contribuintes na redução de perdas, estimuladores de fermentação desejada e enriquecedores do valor nutritivo (EVANGELISTA E LIMA, 1999).

A busca-se por aditivos que melhorem padrão de fermentação e conservação de silagens. Entre os principais aditivos químicos destacam-se a uréia e a cal virgem. Conforme relata Kung JR. et al (2003), uso de uréia como aditivo em silagens faz com que ocorra a elevação do pH, por tanto agindo sobre o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis. Segundo Schmidt (2006), a amônia proveniente do tratamento com uréia atua no desenvolvimento de leveduras e mofos, reduzindo assim a produção de etanol e, conseqüentemente gera menores perdas de matéria seca e carboidratos solúveis. Em relação à utilização de cal virgem, em estudos realizados por Santos et al. (2008), com cana-de-açúcar notou-se que a adição tanto de óxido quanto de carbonato de cálcio promoveu a redução das perdas totais e gasosas, inibição da fermentação alcoólica e maior recuperação de carboidratos, resultando em uma silagem com valor nutritivo semelhante ao da forragem fresca.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Instituto federal Goiano-Campus Morrinhos, a cana-de-açúcar foi ensilada em partículas de 2cm e com diferentes tratamentos, sendo eles: T1-silagem sem inoculante; T2-silagem com inoculante; T3-silagem + 0,5% de cal; T4-silagem + 0,5% de uréia; T5-silagem + 0,5% de cal e 0,5% de uréia; T6-silagem + 0,5% de cal + inoculante; T7-silagem + 0,5% de cal e 0,5% de uréia + inoculante; T8-silagem + 0,5% de uréia + inoculante. O silo foi feito em baldes de plástico com capacidade de 18L, dotados de válvula de Bünsen em suas tampas permitindo o escape dos gases oriundos da fermentação, os baldes e seus componentes individuais foram pesados vazios, possibilitando desta forma o cálculo das perdas. No fundo dos silos foram colocados 4 kg de areia seca dentro de um saco de algodão, para estimativa da produção de efluente. Os silos foram vedados, pesados e armazenados em área coberta em temperatura ambiente, após 77 dias foi avaliado as perdas de matéria seca total e de efluentes segundo técnicas descritas por Schmidt (2006). As perdas totais de matéria seca resultaram da diferença entre a ensilagem no momento do fechamento do silo, e a quantidade de matéria seca na forragem recuperada, descontando-se desta a perda por efluente. Foi retirada amostras de 500g de cada silagem após a abertura. Estas amostras foram pré-secadas em estufa de ventilação forçada a 60 °C durante 72 horas, moídas em moinho de faca tipo “Willey” com peneira de 1mm e armazenadas em recipientes de plástico, foram colocadas na estufa de secagem por 4hs a 105°C após foram para o dessecador, ao passar 40min, colocamos na mufla por 6hs então voltou para o dessecador por 40min então foi pesada obtendo as cinzas

(matéria mineral) (Método de 934,01; AOAC, 1990); Os dados foram submetidos à análise de variância pelo procedimento PROC MIXED com auxílio do SAS (SAS INSTITUTE, 2003), e as médias foram comparadas através do teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 encontram-se os valores médios das perdas por gases e efluentes, da recuperação de matéria seca das silagens e matéria mineral em função de inoculante microbiano, cal e uréia. Não foi observado efeito ($P>0,05$) dos aditivos para a produção de efluentes e recuperação de matéria seca. A recuperação de matéria seca semelhante nas silagens provavelmente ocorreu devida não ter ocorrido diferença nas perdas por efluente. A ineficiência de muitos inoculantes comerciais em silagens úmidas de capins tropicais pode ser resultado da inclusão de espécies de bactérias ácidas lácticas inapropriadas ou incapazes de competir efetivamente com a flora epifítica, quando são aplicadas em doses baixas (MUCK, 2010). A grande amplitude de respostas dos inoculantes em silagens de gramíneas tropicais provavelmente ocorre devido a variação na população de bactérias e fungos selvagens, pré-existentes na forragem, assim, inoculantes com mais de uma cepa de microrganismos, os quais atuam em momentos distintos em todo processo fermentativo poderiam teoricamente aumentar a probabilidade de sucesso. Não foi observado efeito ($P>0,05$) dos aditivos para a quantidade de matéria mineral, tal fato já era esperado, considerando que os aditivos utilizados não poderiam incrementar matéria mineral na silagem, o efeito positivo seria devido a contaminação no momento de confecção da mesma.

CONCLUSÃO

Silagem de cana de açúcar apresentam boa recuperação de matéria seca independente da adição de inoculante bacteriano, cal ou uréia.

REFERÊNCIAS

AOAC, 1990. Official Methods of Analysis, (15th edn.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A. Aditivos para silagem. Lavras: Editora UFLA, 1999. 17p. (UFLA. Boletim de extensão, 88).

MUCK, E.R. Silage microbiology and its control through additives Richard E. Muck. Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, p.183-191, 2010.

PEDROSO, A. de F.; NUSSIO, L.G.; LOURES, D.R.S.; PAZIANI, S. de F.; IGARASI, M.S.; COELHO, R.M.; HORII, J.; ANDRADE, A. de A. Efeito do tratamento com aditivos químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Zootecnia, v.36, p.558-564, 2007.

SAS. 2002. Statistical Analysis System. SAS user's guide: Statistic. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

SCHMIDT, P. Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com ração contendo silagem de cana-de-açúcar. 2006. 228f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 2006.

TRATAMENTOS	MM (kg)		Recuperação de Matéria seca (Ton/ha)	
	MÉDIAS	DESVIO PADRÃO	MÉDIAS	DESVIO PADRÃO
T1	0,050	0,007	160,933 ^a	16,493
T2	0,294	0,399	181,266 ^a	6,872
T3	1,391	1,916	225,083 ^a	6,218
T4	0,054	0,001	184,310 ^a	0,521
T5	0,085	0,006	205,836 ^a	14,934
T6	0,112	0,028	224,701 ^a	28,835
T7	0,097	0,013	183,881 ^a	18,356
T8	0,088	0,010	218,631 ^a	35,991

*T1-silagem sem inoculante; T2-silagem com inoculante; T3-silagem + 0,5% de cal; T4-silagem + 0,5% de uréia; T5-silagem + 0,5% de cal e 0,5% de uréia; T6-silagem + 0,5% de cal + inoculante; T7-silagem + 0,5% de cal e 0,5% de uréia + inoculante; T8- silagem + 0,5% de uréia + inoculante

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade

Tabela 1 – Medias de matéria mineral (MM) e recuperação de matéria seca de silagem de cana-de-açúcar

PROSPECÇÃO DE GENÓTIPOS DE AGAVE PARA OBTENÇÃO DE SUCO PARA BIOINSETICIDA

Data de aceite: 01/06/2022

Tarcisio Marcos de Souza Gondim

DSc. em Agronomia: Produção Vegetal, UFPB;
Pesquisador da Embrapa Algodão, Campina
Grande, PB, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8509360733243160>

Joabson Borges de Araújo

BSc. Em Química Industrial, Especialista em
Gestão, Auditoria e Perícia Ambiental. Embrapa
Algodão, Analista da Embrapa Algodão.
Embrapa Algodão, Campina Grande, PB,
Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7514533496330605>

Ziany Neiva Brandão

DSc. em SR: Sistema Água-Solo-Planta-
Atmosfera, Embrapa Algodão, Departamento
de Pesquisa & Desenvolvimento Campina
Grande, PB, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6320833014536417>

Everaldo Paulo de Medeiros

D.Sc. em Química, Universidade Federal da
Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil. Pesquisador
da Embrapa Algodão. Embrapa Algodão
<http://lattes.cnpq.br/0883967020061181>

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho realizar um estudo envolvendo seis acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Sisal da Embrapa para a prospecção de compostos ativos na fração líquida (suco de sisal) com propriedades bioinseticida. Os acessos foram avaliados aos 38 meses do plantio por meio das características de altura da planta, número de

folhas colhidas e massa fresca das folhas e da fibra e coprodutos do processo do desfibramento - o resíduo (a bucha, o pó e o "suco). Os diferentes acessos avaliados são promissores quanto à produção de suco do sisal ou extrato bruto com potencial de produzir entre 35,5 t ha⁻¹ a 71,4 t ha⁻¹, com rendimento superior a 60% em relação a fibra, como matéria-prima na produção de bioinseticida.

PALAVRAS-CHAVE: *Agave sisalana*, Híbrido 11648, suco de sisal, desfibramento, aproveitamento do resíduo.

PROSPECTION OF AGAVE GENOTYPES TO OBTAIN JUICE FOR BIOINSECTICIDE

ABSTRACT: The objective of this work was to carry out a study involving six genotypes of Embrapa's Sisal Active Germplasm Bank for the prospection of active compounds in the liquid fraction (sisal juice) with bioinsecticidal properties. The genotypes were evaluated at 38 months after planting through the characteristics of plant height, number of leaves harvested and fresh mass of leaves and fiber and by-products of the defibering process - the residue (pulp, sisal tow and juice). The different genotypes evaluated are promising to produce sisal juice or crude extract with the potential to produce between 35.5 t ha⁻¹ to 71.4 t ha⁻¹, with a yield greater than 60% in relation to fiber, being a substrate to produce bioinsecticide.

KEYWORDS: *Agave sisalana*, Híbrido 11648, sisal juice, defibering process, use of waste.

1 | INTRODUÇÃO

A produção da fibra do sisal é uma importante alternativa de fonte de renda para o agricultor do semiárido brasileiro. No Brasil, em quase 100 mil hectares, a cultura de sisal produz cerca de 86 mil toneladas de fibra nos Estados da Bahia (81,124 t), Paraíba (4.814 t), Rio Grande do Norte (47 t) e Ceará (76 t) (IBGE, 2022), principalmente por produtores da agricultura familiar que exploram apenas a fibra do sisal, cerca de 3% a 5% da massa da folha.

As fibras do sisal, do ponto de vista anatômico, são denominadas estruturais, cuja função é dar sustentação e rigidez às folhas; esta característica confere alta resistência à tração e permite sua utilização em diferentes aplicações industriais (PIRES, 2009). SILVA *et al.* (2008) mencionam que da massa da folha, apenas de 3% a 5% são de fibra aproveitável, constituída de celulose e composição lignocelulósica, enquanto o restante constitui os chamados resíduos do desfibramento que representam, em média, 15% de mucilagem ou polpa (constituído pela cutícula e por tecido paliçádico e parenquimatoso), 1% de bucha (fibras curtas) e 81% de suco, ou fração líquida, ou seiva clorofilada.

Estima-se que 2,4 milhões de toneladas de produtos sejam gerados pelo processo de desfibramento, de fibra comercial, bucha de sisal e suco (CANTALINO *et al.*, 2015). Por outro lado, no processo de desfibramento, para a redução dos custos de produção, o aproveitamento dos principais coprodutos, que representam de 95-97%, são alternativas que devem ser exploradas para tornar a cultura economicamente competitiva (SANTOS e SILVA, 2017; SILVA e BELTRÃO, 1999).

No aproveitamento do resíduo do desfibramento, o suco de sisal tem eficiência como um larvicida para o combate a mosquitos transmissores de doenças tropicais (PIZARRO *et al.*, 1999; OLIVEIRA *et al.*, 2016). Para estes autores, o resíduo de *A. sisalana* é ativo eficiente devido a interação de vários dos seus componentes. Acrescentaram ainda que o extrato aquoso de *Agave americana* paralisou 100% dos indivíduos adultos de *Periplaneta americana* dois dias após tratamento com o extrato obtido de 0,4mg de planta por 100 mg de peso do inseto.

A Embrapa Algodão tem pesquisado desde 2010 compostos ativos inseticidas, tendo desenvolvido protótipos à base de extrato líquido de sisal (*Agave sp*) para o controle de lagartas nas lavouras agrícolas e do carrapato em bovinos. Em seguida, com a base de conhecimento gerado, em parceria com a Universidade Federal da Paraíba desenvolveu-se um produto oriundo da Sisal Híbrido 11648 (*Agave angustifolia* e *A. amaniensis*) com eficácia para controle de todas as fases do mosquito *Aedes Aegypti*. (BRAGA *et al.*, 2018).

No Banco Ativo de Germoplasma de Sisal da Embrapa Algodão há variação morfológica e genética de Acessos com variabilidade de massa de mucilagem fresca e seca, entre outras características (SOUZA, 2017; SOUZA *et al.*, 2018). Além da variação de massa fresca, há acessos de *Agave sp.* que apresentam substâncias químicas alergênicas

(por exemplo, oxalatos de cálcio e saponinas) liberadas à manipulação da planta, que irritam a pele, como se observa no manuseio de acessos derivado da *Agave americana* e que podem contribuir para o controle de cochonilhas também.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi prospectar genótipos do Banco Ativo de Germoplasma de *Agave* sp. da Embrapa para obtenção de extrato a ser processado e obtida formulação bioinseticida para controle de insetos sugadores.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O Banco Ativo de Germoplasma de Sisal (BAG Sisal) é constituído por 58 Acessos de *Agave* sp., sendo cada acesso representado por sete indivíduos, em condições do Campo Experimental da Embrapa Algodão em Monteiro, PB (Figura 1), de coordenadas latitude 7°52'34" S; longitude 37°7'37" W e altitude de 615 m.



Figura 1. Banco Ativo de Germoplasma de *Agave* sp. (BAG Sisal) da Embrapa Algodão: **A**- vista geral dos acessos do BAG Sisal; **B**- Acesso 1- Híbrido 11648; **C**- Acesso 3- Cabinho; **D**- Acesso 7- *Agave fourcroydes*; **E**- Acesso 10- Sisalana Valente; **F**- Acesso 14- Tatuí 3 e **G**- Acesso 15- Tatuí 4, em condições do Campo Experimental da Embrapa Algodão em Monteiro, de coordenadas latitude 7°52'34" S; longitude 37°7'37" W e altitude de 615 m. Monteiro, PB, abril de 2021.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico textura média (BARROS *et al.*, 2022). As adubações foram realizadas de acordo com as recomendações técnicas para a cultura, baseadas na análise da fertilidade do solo (Tabela 1).

pH (água)	MO (g kg ⁻¹)	P (mg dm ⁻³)	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H + Al	CTC	SB
.....(mmol _c dm ⁻³).....									
5,9	12,9	13,7	0,7	3,5	75,7	26,9	19,8	126,6	106,8

Tabela 1. Características químicas do solo da área do BAG Sisal, no Campo Experimental da Embrapa Algodão em Monteiro, PB, na profundidade de 0-20 cm.

O plantio dos acessos do BAG Sisal foi realizado em 08 de fevereiro de 2018, utilizando-se sete indivíduos por acesso. As plantas de cada genótipo (parcela) foram distribuídas na densidade de 1,0 m e as linhas no espaçamento de 3,0 m.

Aos 38 meses do plantio, foram coletadas manualmente as folhas de uma planta de sisal de seis diferentes acessos do BAG Sisal, representando: 1- Híbrido 11648 (Figura 1B); 3- Cabinho (Figura 1C); 7- *Agave fourcroydes* (Figura 1D); 10- Sisalana Valente/BA (Figura 1E); 14- Tatuí 3 (Figura 1F) e 15- Tatuí 4 (Figura 1G). Nessa avaliação, os acessos “1- Híbrido 11648” e “10- Sisalana Valente/BA” foram escolhidos pela maior utilização em cultivos comerciais (testemunhas) e os demais pelo volume produzido de mucilagem fresca e, ou por apresentar substâncias que causam irritação à pele quando em contato com a fibra e o resíduo durante desfibramento.

A avaliação dos genótipos foi realizada ao acaso, amostrando-se uma planta de cada acesso, anotando-se a altura da planta (cm), o número de folhas colhidas para o desfibramento e a respectiva massa fresca (g/planta) da fibra úmida e do resíduo (Figura 2).



Figura 2. Prospecção de acessos do Banco Ativo de Germoplasma de *Agave* sp (BAG Sisal) da Embrapa Algodão. **A-** Amostras de cada acesso avaliado; **B-** Pesagem das folhas de cada acesso; **C-** Desfibramento das folhas por máquina “Motor de Agave” e coleta do resíduo em carrinho de mão; **D-** Prensa manual extratora de suco de sisal; **E-** Coleta do suco extraído da prensa; e **F-** Suco de sisal em processamento no laboratório de química da Embrapa Algodão.

Na sequência, o desfibramento das folhas foi realizado, utilizando-se o equipamento denominado de “motor de agave” ou “máquina paraibana” (Figura 2C). A massa da fibra úmida foi determinada imediatamente após o desfibramento, cujo valor foi utilizado para determinar o resíduo do desfibramento, obtido pela diferença entre a massa de folhas e a massa de fibra úmida. Estima a quantidade de suco de sisal resultante do processo de extração da fibra seja de 60% de acordo com Cantalino *et al.* (2015). Os dados foram avaliados quanto a sua média, valor máximo e valor mínimo e desvio padrão.

O resíduo do processo de desfibramento das folhas da planta representante de cada genótipo foi coletado e individualmente colocado na prensa manual extratora de suco de sisal (Figura 2D) para a obtenção do “suco”, ou extrato bruto (Figura 2E), que foi acondicionado em recipientes plásticos (Figura 2F) para utilização em ensaios de conservação visando o biocontrole de insetos-praga.

Após estabilização do suco de sisal na forma de extrato bruto e secagem é reconstituído para testes entomológicos em concentrações específicas (Figura 3). As concentrações e formas de aplicação foram realizados de acordo com as características para cada cultura e especificidades de dose letal para os insetos alvo.



Figura 3. Extrato de líquido de sisal com obtenção de bioinseticida estabilizado.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 4, observa-se que as características altura de planta (ALT) e número de folhas coletadas (NFC) representam o rápido crescimento dos acessos de Agave avaliados aos 38 meses do plantio.

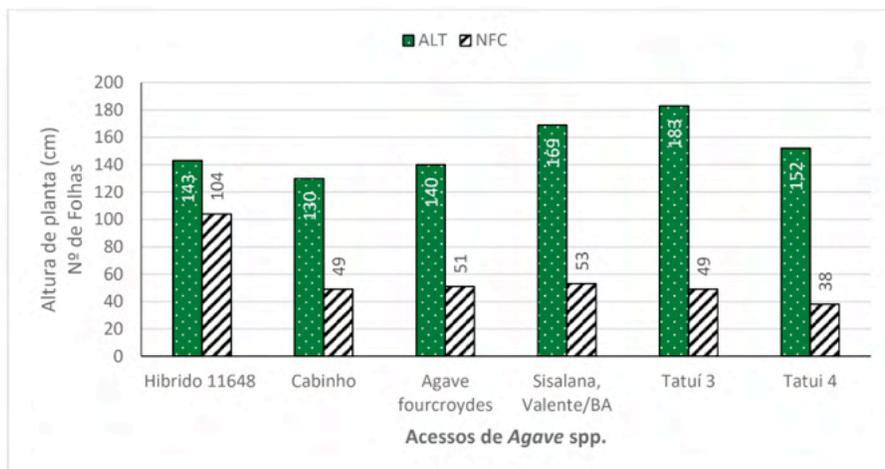


Figura 4. Altura de planta (cm) e número de folhas coletadas (NFC) para desfibramento aos 38 meses do plantio em prospecção de genótipos de do BAG de *Agave* spp., para obtenção de extrato componente de bioinseticida. Monteiro, PB, 2021.

Fonte: Elaborada pelos autores

Quanto ao NFC, aos 38 meses, 50% dos acessos, apresentaram mais de 50 folhas aptas à primeira colheita. O Híbrido 11648 foi o mais destacado entre eles, com 104 folhas. Essa característica está associada à diferença entre os genótipos, sobretudo representa a possibilidade da coleta de obtenção de suco para a utilização como substrato de bioinseticida.

Realizam-se quatro a cinco colheitas durante a condução de uma lavoura de *Agave sisalana* com uma produção de 200 a 250 folhas durante o ciclo e massa média variando entre 400 e 700 gramas (SILVA *et al.* 2008). Na presente avaliação, correspondente a primeira colheita, já foram desfibradas 53 folhas para o representante dessa espécie, acesso *A. sisalana*, Valente, BA.

Outro aspecto importante nesta prospecção é que, mesmo o acesso 15- Tatuí apresentando o menor NFC, o peso total de folhas (PF=31 kg) se aproximou ao dos demais acessos (Figura 5).

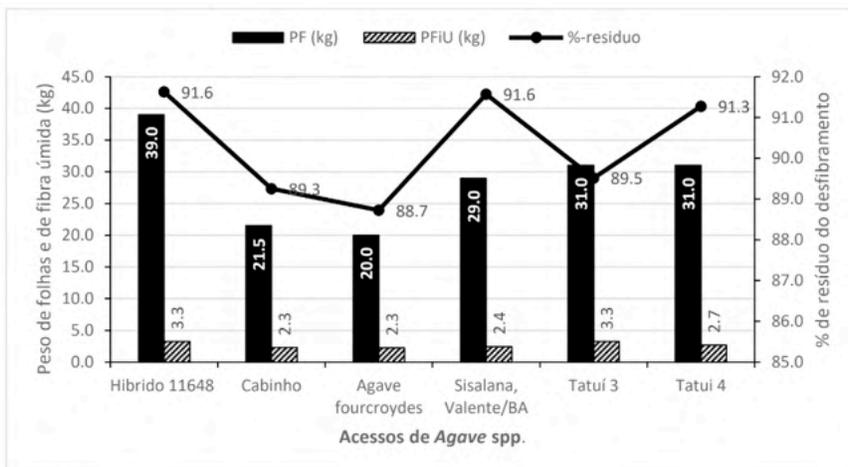


Figura 5. Peso (kg) de folhas (PF) e de fibra úmida (PFIU) e percentagem (%) de resíduo do desfibramento das folhas de acessos do de genótipos do BAG de *Agave* spp., aos 38 meses do plantio em prospecção para obtenção de extrato componente de bioinseticida. Monteiro, PB, 2021.

Fonte: Elaborada pelos autores.

O acesso Tatuí 4 também apresentou percentual de resíduo superior a 91%, comparando-se aos percentuais de resíduos observados para os genótipos Sisalana Valente/BA e Híbrido 11648 mais cultivados para exploração de fibra, no Estado da Bahia. É interessante destacar que, sendo a fibra o principal produto comercial do sisal, estes genótipos são preferencialmente cultivados. No entanto, baseado na massa úmida da fibra e com a possibilidade de também se explorar extrato bioinseticida do sisal, essa diferença de 20% da massa de fibra úmida (PFIU) inferior ao Híbrido 11648 pode ser economicamente compensada pela produção do Acesso. Esta característica do Acesso Tatuí 4 superou em 11% a PFIU do genótipo Sisalana Valente/BA.

Na Tabela 1, observa-se que há diferenciação entre as características de todos os acessos em prospecção para obtenção de extrato do suco bioinseticida. Pelo desvio padrão verifica-se que a homogeneidade dos dados é mais dispersa para as características de altura de planta (ALT), número de folhas coletadas (NFC) e comprimento de folha (CF). Portanto, para a massa de folhas (PF), de fibra úmida (PFIU) e para a percentagem (%) de resíduo do desfibramento das folhas os valores do desvio padrão estão mais homogêneos.

Os mais altos valores do % de resíduo (91,6%) foram observados para os genótipos Híbrido 11648 e Sisalana Valente/BA, enquanto o *Agave fourcroydes* teve apenas 88,7% de resíduo do desfibramento. Estima-se, portanto uma produtividade de resíduo de 119 t ha⁻¹, 88,4 t ha⁻¹ e 92,4 t ha⁻¹, respectivamente. De acordo com Campbell, citado por Cantalino *et al.* (2015), estima-se que a quantidade de suco de sisal resultante do processo de extração da fibra seja de 60%. Assim, estes acessos produziram, respectivamente 71,4 t ha⁻¹, 88,4 t ha⁻¹ e 56,5 t ha⁻¹ de suco de sisal a ser disponibilizado para a extrato componente do

bioinseticida.

Acesso do BAG	ALT (cm)	NFC (cm)	CF (cm)	PF (kg)	PFIU (kg)	% de resíduo*
1- Híbrido 11648	143	104	91,7	39,0	3,3	91,6
3- Cabinho	130	49	83,3	21,5	2,3	89,3
7- <i>Agave fourcroydes</i>	140	51	85,2	20,0	2,3	88,7
10- Sisalana, Valente/BA	169	53	107,5	29,0	2,4	91,6
14- Tatuí 3	183	49	118,3	31,0	3,3	89,5
15- Tatuí 4	152	38	98,7	31,0	2,7	91,3
Valor Máximo	183	104	118,3	39,0	3,3	91,6
Valor Mínimo	130	38	83,3	20,0	2,3	88,7
Média	153	57,3	97,4	28,6	2,7	90,3
Desvio Padrão	19,8	23,4	13,6	7,0	0,5	1,3

* Baseado na massa úmida da fibra.

Tabela 1. Características de acessos do BAG de *Agave* spp. da Embrapa Algodão, aos 38 meses do plantio, em prospeção para obtenção de extrato componente de bioinseticida: Altura de planta (cm), número de folhas coletadas (NFC), comprimento de folha (CF, em cm), peso (kg) de folhas (PF) e de fibra úmida (PFIU) e percentagem (%) de resíduo do desfibramento das folhas. Monteiro, PB, abril de 2021

Fonte: Elaborado pelos autores

4 | CONCLUSÕES

- Há variação nos valores das características ALP, NFC, CF, PFIU e % de resíduo entre os Acessos do BAG Sisal da Embrapa: 1- Híbrido 11648, 3- Cabinho, 7- *Agave fourcroydes*, 10- Sisalana Valente, 14- Tatuí 3 e 15- Tatuí 4;
- Os genótipos têm potencial de produzir entre 35,5 t ha⁻¹ a 71,4 t ha⁻¹ de suco de sisal com 60% de rendimento para produção de bioinseticida e aproximadamente 4% de rendimento de massa final reconstituída solúvel.
- Estudos para avaliar a composição química do suco estão sendo realizados para seleção do acesso com melhor eficiência e viabilidade para obtenção de bioinseticida no controle de insetos-praga.

REFERÊNCIAS

BARROS, A.H.C.; MARQUES, F. A.; NASCIMENTO, A. F. do; ARAUJO FILHO, J. C. de; SILVA, A. B. da. **Solos do Nordeste**. Recife: Embrapa UEP Solos, 2022. Disponível em: <http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=pb>. Acesso: 22.04.2022.

BRAGA, V. A. ; MEDEIROS, E. P. ; NUNES, F. ; OLIVEIRA, L.H.G. ; NASCIMENTO, G. J.; SOUSA, P. A. P. S. **Composição inseticida de extrato de Agave híbrida para o combate ao mosquito *Aedes Aegypti* em qualquer uma de suas fases de vida.** 2018, Brasil. Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: BR1020180130056, Instituição de registro: INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Depósito: 25/06/2018.

CANTALINO, A., TORRES, E.A; SILVA, M. S. **Sustainability of Sisal Cultivation in Brazil Using Co-Products and Wastes.** Journal of Agricultural Science; v.7, n. 7, p. 64-74; 2015.

IBGE – PRODUÇÃO AGRÍCOLA MUNICIPAL: Sidra. Quantidade produzida de fibra de sisal no ano de 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>. Consultado em 22.04.2022.

OLIVEIRA, L.H.G.; SOUSA, P.A.P.S., HILARIO, F.F.; NASCIMENTO, G. J.; MORAIS, J.P.S., MEDEIROS, E.P., SOUSA, M.F.; NUNES, F.C. **Agave sisalana extract induces cell death in *Aedes aegypti* hemocytes increasing nitric oxide production.** Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, v. 2, n.5, p. 396-299, 2016.

PIRES, J. S. C. **Fibras naturais: características químicas e potenciais aplicações.** Botucatu, 2009. 50 p. Trabalho de conclusão (Bacharelado – Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu.

PIZARRO, A. P. B.; OLIVEIRA FILHO, A. M.; PARENTE, J. P.; MELO, M. T.V.; SANTOS, C. E.; LIMA, P. R. **O aproveitamento do resíduo da indústria do sisal no controle de larvas de mosquitos.** Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, v.32, n. 1, p. 23-29, 1999.

SANTOS, E. M. C.; SILVA, O. A. da. **Sisal na Bahia – Brasil.** Mercator, Fortaleza, v. 16, p. 1-13, 2017.

SILVA, O. R. R. F. da; COUTINHO, W. M.; CARTAXO, W. V.; SOFIATTI, V.; SILVA FILHO, J. L. da; CARVALHO, O. S.; COSTA, L. B. da. **Cultivo do sisal no Nordeste brasileiro.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 25 p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 123).

SILVA, O. R. R. F.; BELTRÃO, N. E. de M. (Org.). **O agronegócio do sisal no Brasil.** Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPA, 1999.

SOUZA, S. C. **Caracterização morfoagronômica e molecular da coleção de germoplasma de sisal da Embrapa Algodão.** 2017, 53 p. (Dissertação – Mestrado em Ciências Agrárias).

SOUZA, S. C.; CAVALCANTI, J. J. V.; RAMOS, J. P. C.; ALVES, I.; SANTOS, R. C.; LIMA, L. M. **Genetic divergence in Agave accessions through ISSR markers and phenotypic traits.** African journal of agricultural research, v.13, p. 526-533, 2018.

PERDAS QUANTITATIVAS NO ARRANQUIO MECANIZADO DE AMENDOIM NO PONTAL DO TRIÂNGULO MINEIRO

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 18/05/2022

José Augusto Neto da Silva Lima

Universidade Federal do Triângulo Mineiro –
UFTM
Iturama – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/9836188205739151>

Rodrigo Silva Alves

Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal
do Triângulo Mineiro - UFTM
Iturama – Minas Gerais

Victor Augusto da Costa Escarela

Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal
do Triângulo Mineiro - UFTM
Iturama – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/7512729042414352>

Elivânia Maria Sousa Nascimento

Engenheira Agrônoma, doutora, Universidade
Federal do Ceará – UFC
Fortaleza – CE
<http://lattes.cnpq.br/1734823215778802>

Carlos Alessandro Chioderoli

Engenheiro Agrônomo, professor doutor em
Mecanização agrícola, Universidade Federal do
Triângulo Mineiro – UFTM
Iturama – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/0616781392067509>

RESUMO: Diversos fatores podem influenciar na produtividade final do amendoim, entre eles citam-se o preparo, e condições de teor

de água no solo, pragas, doenças e fatores inerentes ao sistema mecanizado de arranquio. O controle desses processos pode aumentar a produtividade final, melhorando o sistema de produção, e consequentemente aumentando o lucro do produtor. Objetivou-se com este trabalho determinar as perdas quantitativas no arranquio mecanizado do amendoim, com ênfase nas perdas visíveis, invisíveis e totais. O trabalho experimental foi desenvolvido na fazenda Liberdade no município de Iturama, Minas Gerais. As perdas no arranquio foram classificadas em visíveis, invisíveis e totais, que corresponde à soma das perdas visíveis e invisíveis até a profundidade de 0,15 m. A análise estatística das perdas foi realizada por meio do controle estatístico do processo utilizando cartas de controle. Os resultados mostraram que as maiores perdas ocorreram dentro do solo. Os valores médios para PIA, PVA e PTA estão dentro dos limites aceitáveis, o que demonstra a estabilidade no processo de arranquio mecanizado.

PALAVRAS-CHAVE: Produção, cartas de controle, colheita mecanizada.

QUANTITATIVE LOSSES ON THE MECHANIZED HARVESTING OF PEANUT IN THE PONTAL TRIÂNGULO MINEIRO

ABSTRACT: Several factors may influence the final peanut yield, among them, mention should be made of the preparation, conditions of soil water content, pests, diseases and factors inherent in the mechanized system of starvation. The control of these processes can increase the final productivity, improving the production

system, and consequently increasing the profit of the producer. The objective of this work was to determine the quantitative losses in the mechanized peanut cutter, with an emphasis on visible, invisible and total losses. The experimental work was developed at the Liberdade farm in the municipality of Iturama, Minas Gerais. The losses in the starter were classified as visible, invisible and total, which corresponds to the sum of visible and invisible losses up to a depth of 0.15 m. The statistical analysis of the losses was performed through the statistical control of the process using control charts. The results showed that the largest losses occurred inside the soil. The mean values for PIA, PVA and PTA are within acceptable limits, which demonstrates the stability in the machining process.

KEYWORDS: Production, charts control, harvesting mechanized.

1 | INTRODUÇÃO

O amendoim comum (*Arachis hypogaea* L.) é uma das principais oleaginosas cultivadas no mundo. No Brasil, as perdas decorrentes da operação de arranquio são inevitáveis, podendo atingir níveis mais elevados quando o solo estiver compactado e com baixos teores de água, (FEREZIN, 2016). O estado de Minas Gerais possuía no ano de 2018 uma área de plantio de amendoim estimada em 2,6 mil hectares, expectativa de aumento de área que vai depender do período de chuvas, já que o menor plantio na safra anterior foi resultado do atraso do período chuvoso. O plantio para fins comerciais está concentrado basicamente na região do Triângulo Mineiro, representando 90% da área de cultivo e 96,8% do volume de produção de todo o estado. Nessa região as lavouras são acompanhadas com uso de alta tecnologia e sementes de boa qualidade, resultando em uma produtividade de 3.627 kg ha⁻¹ safra 2018/19 (CONAB, 2018). Diversos fatores levaram à queda da produção de amendoim no país, como a concorrência crescente com a soja, cultura de ciclo mais curto em comparação ao ciclo do amendoim e de processo de produção altamente mecanizado, também a baixa produtividade por área em alguns anos devido a adversidades climáticas, dificuldade de captação de crédito e investimentos em virtude do alto risco da cultura e produção e maquinários com valor elevado (SANTOS, 2015). O controle estatístico de processo por ser uma ferramenta de resultados rápidos e precisos tem sido utilizado para monitorar os problemas encontrados durante os processos de produção propondo melhoria na qualidade dos mesmos (SIMÕES, 2009). Diante disso, este trabalho teve por objetivo avaliar as perdas quantitativas na colheita mecanizada de amendoim em dois talhões, com ênfase na correção e eliminação de desperdícios e falhas, redução de custos e aumento da produtividade.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no ano de 2018 na Fazenda Liberdade, município de Iturama, Minas Gerais, nas coordenadas geográficas 19°47'01" S e 50°19'59" W em Latossolo Vermelho. Para a operação de arranquio mecanizado foi utilizado um Trator

Massey Ferguson 7725, 4x2 TDA (tração dianteira auxiliar), peso total de 13.250 kg, potência no motor de 184 kW (250 cv), pneus dianteiros 600/55 -30.5 R1 e traseiros 710/65 - 38 R1 acoplado ao arrancador-invertedor KBM Hidráulico Flangeado AIA KBM-2L, montado. Na determinação das perdas, as mesmas foram classificadas em visíveis, invisíveis e totais do arranquio, correspondendo à soma das perdas visíveis e invisíveis. A coleta desse material a leira formada após a passagem do arrancador foi cuidadosamente retirada, colocando-se neste local uma armação metálica de aproximadamente 2 m² (1,11 x 1,80 m) transversalmente à leira, coletando-se manualmente e cuidadosamente todo o material remanescente acima do solo, as perdas visíveis e as perdas invisíveis localizadas até à profundidade de 0,15 m. O Controle Estatístico do Processo foi utilizado para avaliar a estabilidade do processo por meio das cartas de controle. Essas cartas apresentam três linhas, a linha central representa a média geral, enquanto as outras duas representam os limites superior e inferior de controle (LSC e LIC, respectivamente), calculados com base no desvio padrão das variáveis (para LSC, média mais três vezes o desvio padrão e para o LIC, média menos três vezes o desvio padrão, quando maior que zero). Para a análise dos dados foi utilizado o software Minitab® 18.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta as cartas de controle da média e amplitude móvel para as perdas invisíveis de arranquio (PIA), comparando os talhões I e III com seus valores médios de perdas, observa-se que a carta de controle nos indica que as perdas invisíveis no talhão I teve um controle médio mais aproximado da amplitude móvel, isso não fez com suas perdas fossem menores, enquanto que, no talhão III obteve maior o controle médio esteve fora da média geral. Observa-se que a oscilação nas perdas proporcionou maiores valores médios. Analisando os gráficos podemos perceber que todos estão dentro do controle tanto para a média como para a amplitude móvel, sendo, portanto, considerado recomendado dentro das perdas.

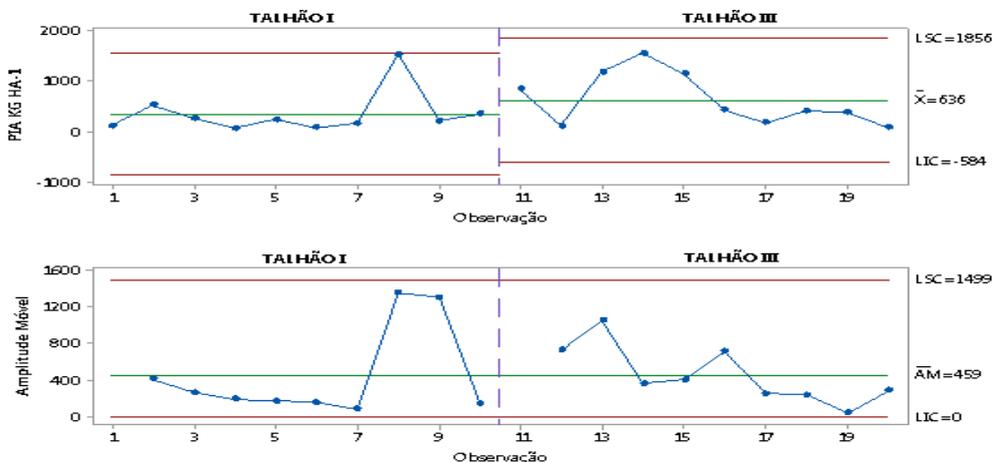


FIGURA 1. Perdas Invisíveis no Arranquio (PIA) em kg ha⁻¹. (a) Carta de valores individuais, (b) Carta de amplitude móvel, LSC: limite superior de controle, LIC: Limite inferior de controle e X: média.

As Perdas Visíveis no Arranquio (PVA) mantiveram um padrão de qualidade dentro do esperado, observando que os danos na operação de arranquio apresentaram processo controlado (Figura 2), ou seja, dentro dos limites superior e inferior de controle. Para essa variável, a média encontrada foi de 636 kg ha⁻¹.

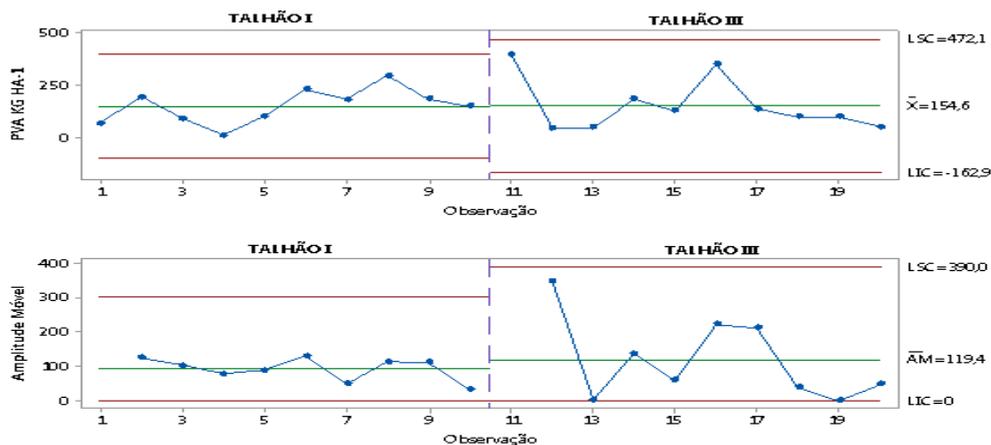


FIGURA 2. Perdas Visíveis no Arranquio (PVA) em kg ha⁻¹. (a) Carta de valores individuais, (b) Carta de amplitude móvel, LSC: limite superior de controle, LIC: Limite inferior de controle e X: média.

Nas PTA, observa-se que, o talhão I obteve maior discrepância nos resultados obtidos em relação ao talhão III, nas cartas de controle é possível verificar que seus dados seguem uma sequência decrescente nas perdas, tendo em vista que, dentre os 20 pontos analisados, verificou-se que as perdas totais no talhão I teve um aumento entre os pontos 7 e 9, fazendo com que sua média se elevasse, já no talhão III os dados oscilaram bastante

entre os pontos 11 e 14, ocorrendo após isso um decréscimo acentuado e estabilização nos resultados encontrados, fechando com uma média aproximada de 791 kg ha⁻¹.

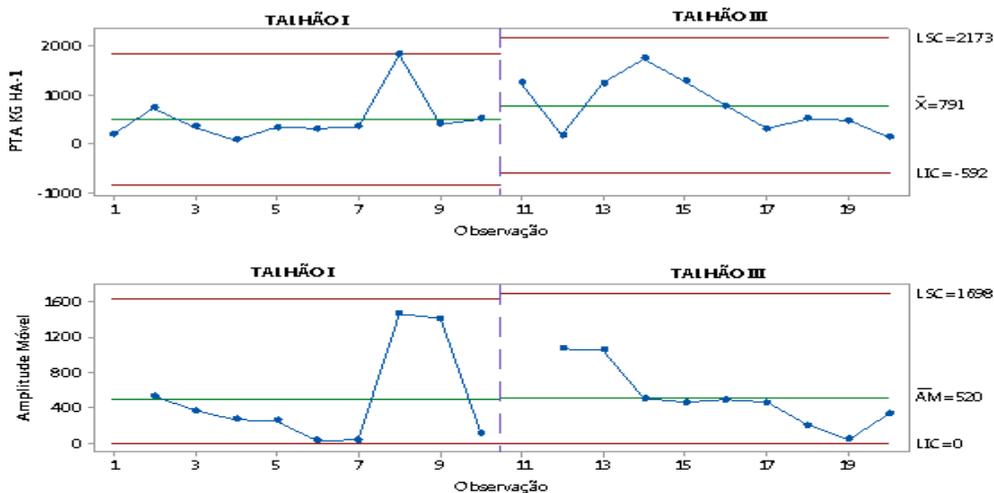


FIGURA 3. Perdas Totais no Arranquio (PTA) em kg ha⁻¹. (a) Carta de valores individuais, (b) Carta de amplitude móvel, LSC: limite superior de controle, LIC: Limite inferior de controle e X: média.

4 | CONCLUSÕES

As maiores perdas ocorreram dentro do solo. Os valores médios para PIA, PVA e PTA estão dentro dos limites aceitáveis, o que demonstra a estabilidade no processo de arranquio mecanizado.

REFERÊNCIAS

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Recomendações. Técnicas para o Cultivo do Amendoim em Pequenas Propriedades Agrícolas do Nordeste Brasileiro**, Conab 2018. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/274708/1/CIRTEC102.p df>>. Acesso em: 07 Mai. 2019.

Ferezin, Evaldo; Silva, Rouverson Pereira da. **Aperfeiçoamento em equipamento arrancador e inverter para cultura de amendoim**. 2016. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/144575>>. Acesso em: 16 Jul. 2019

SANTOS, Mariane Gonçalves. **Aplicação da ferramenta FMEA no processo agrícola do amendoim**. 2015. 64f. Centro Universitário Eurípedes de Marília, 2015.

SIMÕES, Ronaldo Rosa. **Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada de sementes de amendoim**. 2009. 85 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009.

MULTISPECTRAL REFLECTANCE AND GEOSTATISTIC METHODS TO ESTIMATE LEAF NITROGEN CONTENT AND COTTON YIELD

Data de aceite: 01/06/2022

Ziany Neiva Brandão

DSc. em SR: Sistema Água-Solo-Planta-Atmosfera, Embrapa Algodão, Departamento de Pesquisa & Desenvolvimento
Campina Grande, PB, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6320833014536417>

Célia Regina Grego

PhD. em Geoestatística Aplicada e Manejo e Conservação do Solo, Embrapa Agricultura Digital
Campinas, SP, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8030714336942046>

Lúcio André de Castro Jorge

DSc. em Processamento de Sinais e Instrumentação, Embrapa Instrumentação
São Carlos, SP, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3036476562950521>

Rodolfo Correa Manjolin

DSc. em engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas
Campinas, SP, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7256874324120005>

ABSTRACT: Satellite images and geostatistics are useful tools to assess the nutritional status of plants, and thus, understanding the variability of cotton yield in farmers' fields, within the precision agriculture *onfarm* experiments. The objective of this study was the spatial identification of the NDVI index and spatial distribution of nitrogen contents and cotton yield through different phenological stages of the crop using geostatistical methods in

Goiás state, Brazil. The experiment was carried out in a commercial field with 47.4 ha, in 80x80m georeferenced grid with 74 plots. Yield monitor data and multispectral satellite images at 56 m spatial resolution were collected in a rainfed cotton field in two dates to monitor the plant vigor, as well as leaf samples were collected for laboratory analysis. Satellite images of AWiFS sensor were acquired on two phenological states, during the first flowering and fruiting cotton stages, respectively, corresponding to 70 and 120DAE (days after emergence). Measures of canopy reflectance, plant height and leaf nitrogen content were determined and cotton yield was obtained by mechanical harvest in August, 2012. Data were analyzed using descriptive statistics, correlation and geostatistical analyses by building and setting semivariograms and ordinary kriging interpolation. Best correlation was found between NDVI and cotton yield at 120DAE. At first flowering at 70DAE, the NDVI and cotton yield showed strong spatial dependence, while for 120DAE there was no dependence, probably due to the enlargement of vegetated coverage. There were similarities in the bottom left of the area with high values of NDVI 70DAE, as well as the highest values of cotton yield due to excellent plant vigor in the cotton flowering stage. By using geostatistics methods with remote sensing data retrieved by satellite images of medium resolution, it was possible a spatial identification of differences in plant development and also to predict cotton yield.

KEYWORDS: Nutrients spatial variability, precision agriculture, normalized difference vegetation index, geostatistical analysis.

REFLETÂNCIA MULTIESPECTRAL E MÉTODOS GEOESTATÍSTICOS NA ESTIMATIVA DO NITROGÊNIO FOLIAR E PRODUTIVIDADE DO ALGODOEIRO

RESUMO: Imagens de satélite e geoestatística são ferramentas úteis na avaliação do estado nutricional de culturas, melhorando a compreensão da variabilidade da produtividade, em especial do algodoeiro no campo do produtor, dentro do modelo de experimentos *onfarm* da agricultura de precisão. O objetivo desse estudo foi a identificação espacial do índice NDVI e da distribuição espacial do nitrogênio foliar e da produtividade do algodoeiro em diferentes estádios fenológicos da cultura, utilizando métodos geoestatísticos no estado de Goiás, Brasil. O experimento foi realizado em campo comercial com 47,4 ha, em malha georreferenciada de 80x80m com 74 parcelas. Imagens multiespectrais de satélite com resolução espacial de 56 m foram coletadas em um campo de algodão plantado em sequeiro, em duas datas para monitorar o vigor das plantas, bem como foram coletadas amostras foliares para análises laboratoriais. As imagens de satélite do sensor AWiFS foram adquiridas em dois estádios fenológicos, durante as primeiras fases de floração e frutificação do algodoeiro, respectivamente, correspondendo a 70 e 120DAE (dias após a emergência). Medidas de refletância do dossel, altura da planta e teor de nitrogênio foliar foram determinadas e a produtividade do algodão foi obtida por colheita mecanizada em agosto de 2012. Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva, correlação e análises geoestatísticas por meio da construção e configuração de semivariogramas e interpolação por krigagem ordinária. A melhor correlação foi encontrada entre NDVI e produtividade de algodão aos 120DAE. Na primeira floração, aos 70DAE, o NDVI e a produtividade do algodoeiro apresentaram forte dependência espacial, enquanto para 120DAE não houve dependência, provavelmente devido ao aumento da cobertura vegetada. Houve semelhanças na parte inferior esquerda da área com altos valores de NDVI 70DAE, assim como os maiores valores de produtividade de algodão devido ao excelente vigor da planta no florescimento do algodoeiro. Utilizando métodos geoestatísticos com dados de sensoriamento remoto obtidos por imagens de satélite de média resolução, foi possível identificar espacialmente as diferenças no desenvolvimento das plantas e também prever a produtividade do algodoeiro.

PALAVRAS-CHAVE: Variabilidade espacial de nutrientes, agricultura de precisão, índice de vegetação da diferença normalizada, análises geoestatísticas.

1 | INTRODUCTION

Conventional measurements of plant nutrients and crop growth are expensive, time consuming and often are performed only on a small portion of the production areas. Furthermore, high variability of these parameters within a single field make the optimization of the plant treatment a difficult task, especially for fertilization, which often lead to an oversupply of nutrients (AUBERT *et al.*, 2012).

On the other hand, measurement of spectral indices is fast, nondestructive and could be conducted on a large scale (EITEL *et al.*, 2008). Remotely sensed data have been widely used to develop vegetation indices as indicators of crop growth, nutrient status assessment and yield prediction (ZARCO-TEJADA *et al.*, 2005).

Among the nutrients, nitrogen N plays an important role in cotton plant growth and development, leaf photosynthesis, boll retention, and yield development. The growth and yield of cotton depend strongly of the availability of N during the season, and the management of this input is a critical issue in cotton (ROSOLEM AND MELLIS, 2010). Moreover, the spatial variability of soil fertility and the different N requirements at various stages of cotton development are additional reasons highlighting the need for practical methods of evaluating N status in commercial fields of cotton.

Cotton visual deficiencies of N have been associated with changes in leaf color (ROCHESTER *et al.*, 2021). This characteristic combined with plant structure and many other physiological changes can be measured through crop reflectance using multi and hyperspectral instruments and have proven to be a strong estimator of cotton leaf N status (READ *et al.*, 2002; ZHAO *et al.*, 2015).

However, many factors influence the N availability for cotton. The task to supply N with the high variability in readings, even with high resolution instruments, is not easy in large areas. So, geostatistic has served to advance analytical methodology for spatial interpolation and to facilitate quantification of spatial features of canopy and soil properties (OLIVER and WEBSTER, 2014). Geostatistical estimation makes possible to predict values at unsampled locations by taking spatial correlation between estimated and sampled points into account (i.e., spatial variability). In addition, geostatistical estimation minimizes the variance of estimation error, improving the accuracy of spatial prediction. The kriging interpolation method has been tested and it is considered a good method and substantially superior to inverse distance weighting methods (OLIVER and WEBSTER, 2014). This interpolation method allows the data visualization into maps and became a useful tool to evaluate the variability of many properties. Thus, crop spectral reflectance can be used to evaluate plant nutrient status and estimate plant growth and the measures readings and spectral data can be converted into maps showing the variability for direct application in precision farming.

In this context, the objective of this study was to analyze the spatial identification of the NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) and cotton yield distributions, through different crop phenological dates, using geostatistical methods in Goiás state, Brazil.

2 | MATERIAL AND METHODS

2.1 Study area

This study was conducted in an experimental area of 47.4 ha, located at Pamplona Farm (16°10'16" S, 47°37'47" W), Cristalina, GO state, Brazil, in a Typic Hapludox soil, with clay, 59.5%; sand, 16.1%; silt, 24.3%; pH in water, 5.67; Ca, 3.11 cmol_c dm³; organic matter, 2.93%; available phosphorus, 3.52 mg dm³; and extractable potassium, 0.25 cmol_c dm³.

The climate is characterized as tropical, predominantly Aw at Köppen climate classification, with a dry season from April to September and rainy season from October to March, with an annual average rainfall of 1446.5 mm.

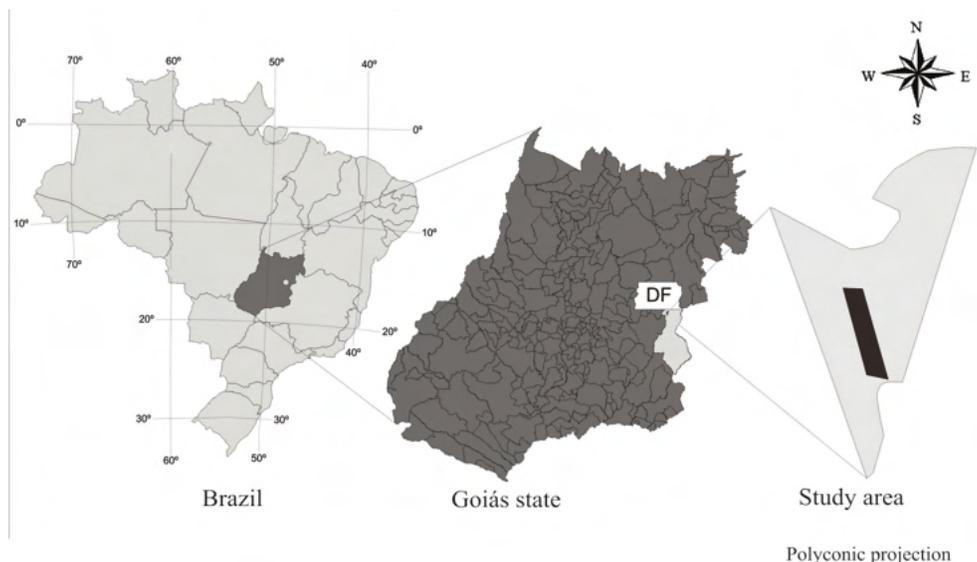


Figure 1. Location of the study area.

2.2 Data

Plants were cultivated on the rainy season, and a sampling grid was made before sowing containing 74 points of 80x80m. Data were collected into a 10m radius of the each central point, previously georeferenced with a 76CSx GPS by GARMIN®. The cotton emergence occurred on December of 2011 and the crop was harvested on August 2012. Nitrogen fertilization was carried out based on soil analysis, in rows spaced by 0.76 m, applied in four stages (pre-planting, sowing, emergence and 45 DAE) adding up to a total of 160 kg ha⁻¹. Diseases and weeds were controlled based on their occurrence, according to the farm's technical recommendations.

Sampling dates are made in clear days took into account the same satellite dates and the phenological stages of plants. For determination of leaf nitrogen content, leaf samples were collected at first flowering (70 days after the emergence - DAE) and fruiting stages (120 DAE), with the leaf of the 5th position of the main stem and collected on 30 plants for each point. Samples were oven dried for 48h at 65°C and ground through a 20 mesh sieve in a Wiley mill. Leaf N concentrations were determined on duplicate samples of 6 mg of ground leaf material.

2.3 Multispectral data

In order to determine relationships between reflectance and plant growth, the spectral measurements were made at the same two phenological periods. At sampling dates, leaf tissue were collected simultaneously with the canopy reflectance measurements obtained on sunny days above all plots using a portable PAR-NIR Apogee® spectroradiometer, which operates in the range from 350 nm to 1100 nm, with a 0.5 nm sampling interval. Measurements were made after a previous calibration with a white plate, which provides maximum reflectance. The spectral reflectance measurements in each plot at each sampling date were averaged and the mean values were used in statistical analysis. Multispectral reflectance index NDVI at 670 and 800nm was calculated by equation (1):

$$NDVI = (\rho_{800} - \rho_{670}) / (\rho_{800} + \rho_{670}) \quad (1)$$

Spectral measurements were obtained at the same day of satellite imagery using a portable field spectroradiometer by Apogee® Instruments, with wavelength sensitivity range of 350-1100nm. Reflectance calibration was achieved by viewing a white Lambertian panel at the beginning and at the end of each run over the experimental plots.

2.4 Satellite image

Two images generated by the sensor AWiFS (Advanced Wide Field Sensor) were acquired to identify correlation with cotton yield. The first one on 27/02/2012 (70 DAE), with orbit 331 and point 088, and the second image on 10/04/2012 (120 DAE), with orbit 330 and point 089.

The AWiFS sensor has a spatial resolution of 56 m with four spectral bands and revisit time of 5 days, covering approximately 740 kilometers (SESHADRI *et al.*, 2005). The spectral bands used in this work correspond to channel 2 (red), from 620 to 680 nm and channel 3 from 770 to 860 nm (near infrared). The imagery was radiometrically and geometrically corrected, and rectified to the Universal Transverse Mercator (UTM) coordinate system. After corrections and radiometric calibration of the images, reflectance and vegetation index for two sampling dates were determined using the visible and near infrared bands. All procedures for image rectification and calibration were performed using ERDAS IMAGINE® 9.2.

2.5 Geostatistic analysis

Data were submitted to statistical analysis aimed at the determination of average, maximum, minimum, kurtosis coefficient, frequency distribution and coefficient of variation (CV). In order to verify the normality of the data frequency distribution, was used the Kolmogorov-Smirnov test, on which skewness and kurtosis values should be near zero for normal distributions. The coefficients of variation were evaluated based on WARRICK *et al.* (1980) criteria, which classifies as a low CV < 12%, regular 12% to 60% and high to CV >

60% (OLIVER and WEBSTER, 2014).

Geostatistical analysis was performed by constructing and adjusting semivariogram and ordinary kriging interpolation using geostatistical package Vesper (WHELAN *et al.*, 2001).

Experimental variograms were computed from data to evaluate the spatial dependence analyses, which were conducted by fitting a model to the experimental semivariograms, following the regionalized variables theory, (OLIVER and WEBSTER, 2014). Semivariograms were constructed assuming the intrinsic stationarity hypothesis and the semi-variance, which was estimated by equation (2):

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2 N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (2)$$

where $N(h)$ is the number of pairs of measured values $Z(x_i)$, $Z(x_i + h)$ separated by a vector h . According to (VIEIRA *et al.*, 2002), it is expected that measurements within some neighborhood are more similar than those separated by large distances. This means that $\gamma(h)$ increases with the distance h up to a sill, which is the maximum value in which the variogram stabilizes, corresponding to the limit distance of spatial dependence. Semivariograms with spatial dependence were fitted with the best mathematical model.

If spatial dependence is showed by the semivariogram, non-sampled data can be estimated by kriging, with minimum variance and without trend (VIEIRA *et al.*, 2010). After that, isolines and contour maps were made with the estimated data as a function of geographic coordinates.

2.6 Cotton yield data

Cotton yield data was obtained by mechanical harvesting using a cotton picker, model 9996 by John Deere®, integrated with a GreenStar® Harvest Doc® system, consisting of ultrasonic flow sensor, data monitor (Monitor GreenStar™ 2), data storage card (Keycard), and Global Positioning System (GPS) with differential signal, StarFire™ receiver in order to monitor and mapping the cotton yield. Seed cotton yield and GPS data were recorded at 3 s intervals. Data were examined using Apex® software and exported to further treatment, cleaning, filtering and exported to analysis. All the results were presented as two-dimensional maps representing the spatial distribution of the values of leaf N, NDVI and cotton yield.

3 | RESULTS AND DISCUSSION

NDVI index were obtained by spectroradiometer (spec) and satellite data (sat). Images were constructed from all AWiFS scenes. Table 1 summarizes the descriptive statistical analysis for cotton yield and all data type (NDVI_{spec} or NDVI_{sat}) in the two sampling date (70 and 120DAE).

As expected, NDVI average values obtained by satellite image were lower than

hyperspectral NDVIspec at two sampling dates (Table 1). The plants were at their early growing stages on February 08, and more soil surface exposure than on April 01. Bare soils usually produce very small and positive NDVI, which is much lower than the NDVI for healthy vegetation. Ground measurements are done above the canopy in the rows with the minimal soil influence (BALZAROLO *et al.*, 2011). At 120 DAE, the area of soil was reduced due to crop growth, since plant height average was 1.174m, and rows were completely filled. Thus, the difference between NDVI averages was reduced and values were similar, in spite of the low resolution of satellite image.

All variables presented the normal frequency distribution considering that skewness and kurtosis values were close to zero, according Kolmogorov-Smirnov test, as well as low variation was observed for all variable (CV < 12%). The NDVIsat and NDVIspec showed CV around 6% at 70 DAE (6.59 and 6.03%, respect.). Better and uniform canopy distribution with plant growth at 120 DAE provided a CV reduction on this index.

It was observed the highest correlations at 120 DAE. The highest correlation coefficient between NDVIspec and leaf nitrogen content was 0.832, and between NDVIsat and cotton yield was 0.492.

Cotton yield showed a low CV (4.18%), especially close to CV of NDVIspec at 120 DAE (3.95%). Despite of the nitrogen concentration average at 120 DAE was within sufficiency range to promote a good yield, at first flowering it presented value a little below to the low limit (YAMADA *et al.*, 1999). This fact is one of the causes of the experimental area provided small productivity, 3480 kg ha⁻¹, against 4508 kg ha⁻¹ in cotton yield at the same year.

Variable	Average	Variance	CV (%)	Minimum	Maximum	Skewness	Kurtosis	KS*
NDVIsat 70DAE	0.51	0.0011	6.59	0.42	0.62	0.941	1.609	0.148
NDVIspec 70DAE	0.83	0.0024	6.03	0.70	0.90	-0.007	-0.967	0.107
N (g kg ⁻¹)70DAE	37.88	5.7650	6.34	33.30	43.30	0.009	-0.504	0.114
NDVIsat 120DAE	0.85	0.0008	3.36	0.80	0.91	0.900	0.311	0.125
NDVIspec 120DAE	0.87	0.0012	3.95	0.80	0.93	-0.245	-0.427	0.142
N (g kg ⁻¹) 120DAE	45.54	5.1760	5.00	41.00	51.70	0.274	0.475	0.141
Productivity (kg ha ⁻¹)	4060	15630	4.18	3480	4508	-0.471	-0.176	0.135

*KS= Kolmogorov-Smirnov test

D (table) = 0.155

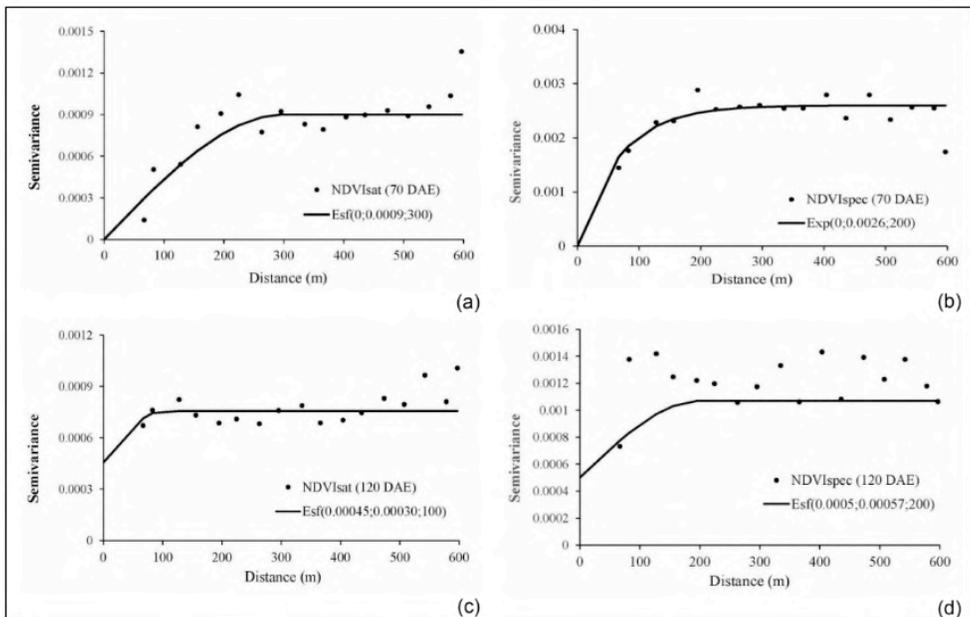
Table 1. Descriptive statistical analysis for cotton yield (Productivity), leaf nitrogen content(N) and normalized difference vegetation index (NDVI) obtained through spectroradiometer (Nspec) and 56 m resolution satellite images (Nsat) at 70 and 120 days after emergence (DAE).

Results from the geostatistical analysis are presented in Figure 2. Spatial dependence was observed by experimental semivariograms that were fitted using the best-adjusted model with a smaller root mean square (RMS) and validated by the jack-knifing method

(VIEIRA *et al.*, 2010; OLIVER and WEBSTER, 2014).

With the exception of NDVispec in first flowering (70 DAE), which was adjusted to exponential model, all data and crop characteristics were fitted to the spherical model. The nugget effect (C0) represents non-explained variance, frequently caused by errors in measurement or by variations of properties not detected in the sampling scale (OLIVER and WEBSTER, 2014). CAMBARDELLA *et al.* (1994) proposed that spatial dependence degree (SDD) be verified by the relationship between the nugget effect (C0) and the sill (C0+C) being classified as weak for values greater than 75%; moderate between 75 and 25%; and strong for values below 25%.

According to this approach, most crop variable presented moderated dependence, with the exception of NDVisat, NDVispec and leaf N content at 70 DAE that presented strong spatial dependence (SDD from 0 to 15.3%). The range defines the maximum radius, from which neighboring samples are drawn for interpolation by kriging, since samples are spatially related. Therefore, closer samples are more important in the interpolation because they are more similar than distant samples (OLIVER and WEBSTER, 2014).



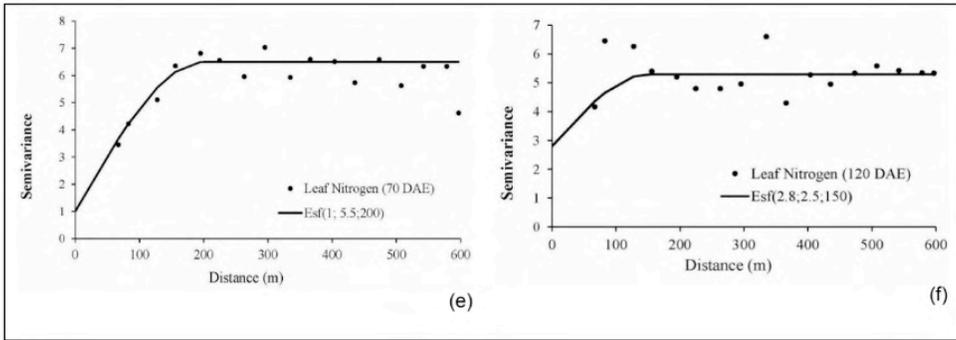
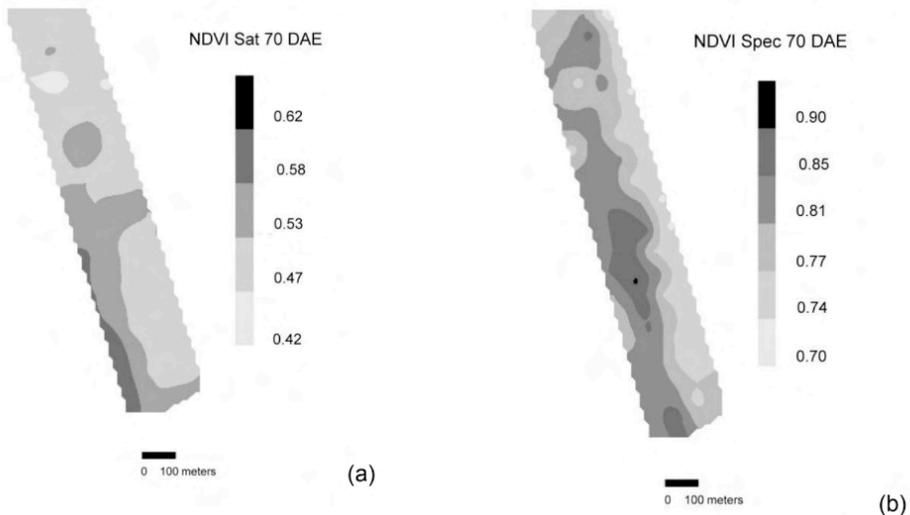


Figure 2. Semivariograms fitted with parameters nuguet effect, rang and partial sill of the variable.

Spatial dependence showed a range between 100 and 300 meters, corresponding to the radius of distinct zones on kriging maps. After identifying the spatial dependence by adjusting the semivariograms and getting parameters as nugget effect, partial sill and range, data were interpolated by ordinary kriging ensuring not trend and minimum variance.

Kriging maps presented on Figure 3 for NDVI_{sat} and NDVI_{spec} at two sampling date, and Figure 4 for leaf nitrogen content and cotton yield, show dark gray color for the highest values, while light gray color represent the lowest values. Despite the fact of that the fertilization was uniform, both methods reveal distinct plant growth patterns within the fields for each sampling date.



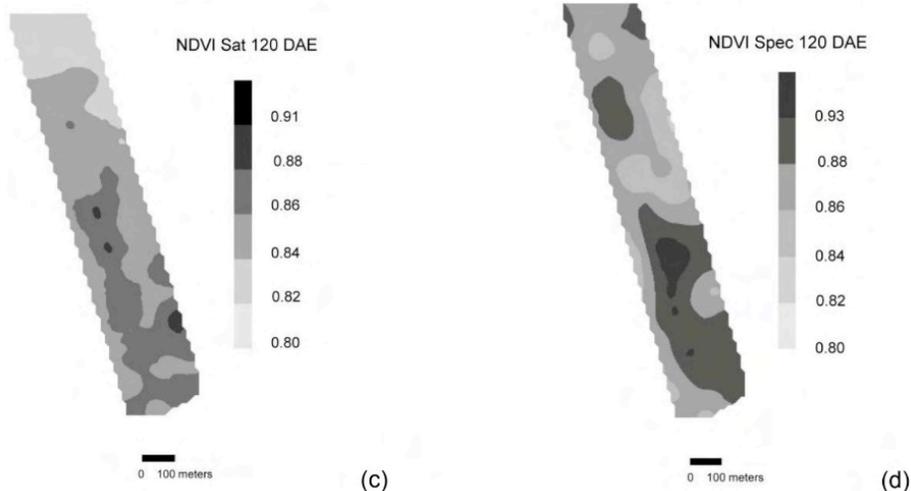
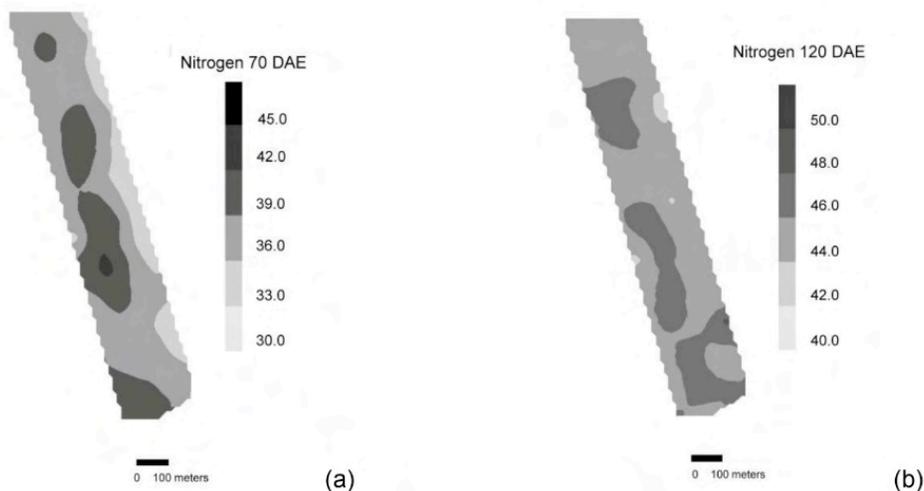


Figure 3. Isoline maps showing spatial distribution of: (a) NDVI by satellite image at 70 DAE; (b) NDVI by spectroradiometer at 70 DAE; (c) NDVI by satellite image at 120 DAE; (d) NDVI by spectroradiometer at 120 DAE.

Leaf nitrogen content is a good indicator of healthy plants, which have a dark gray color on Figure 3. Satellite images at 70 DAE presented stressed plants, with NDVI in light gray tone. This low NDVI_{sat} is probably because of large areas with soil exposure, since average plant height was just 0.603m. The low resolution of AWiFS sensor was not good to estimate leaf N content at this sampling date. On the other hand, NDVI obtained by spectroradiometer represented the complete distribution of leaf N content. The best values of NDVI_{spec} were distributed on the west side of study area, which agreed with the nitrogen spatial distribution.



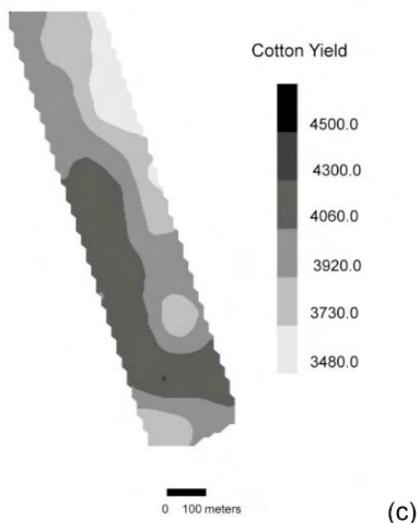


Figure 4. Isoline maps showing spatial distribution of: (a) Leaf N content at 70 DAE; (b) Leaf N content at 120 DAE and (c) Cotton yield.

At 120 DAE, both NDVI kriging maps showed similarities in the spatial distribution, where the highest and lowest values practically occur in the same position of the study area. These similarities also occur with NDVI maps to 70 DAE and the cotton yield map. In this case, both NDVI are good indicators of cotton yield especially at 70 DAE.

4 | CONCLUSIONS

There was spatial dependence for all data analyzed, but the spatial dependency to 70DAE was higher than the 120 DAE;

Similarities observed in the spatial distribution at 70 DAE to both satellite and spectroradiometer NDVI maps, as well as cotton yield map, indicate that NDVI data can predict cotton yield at first flowering;

Spatial difference identification was possible using geostatistical methods with remote sensing data obtained from medium resolution satellite images, allowing to identify distinct stages of plant growth and also to predict the cotton yield.

REFERENCES

- AUBERT, A. B.; SCHROEDER, A.; GRIMAUDDO, J. **IT as enabler of sustainable farming: an empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology**. *Decision Support Systems*, v.54, n.1, p.510–520. 2012.
- BALZAROLO, M.; ANDERSON, K.; NICHOL, C.; ROSSINI, M.; VESCOVO, L.; ARRIGA, N.; WOHLFAHRT, G.; et al. **Ground-Based Optical Measurements at European Flux Sites: A Review of Methods, Instruments and Current Controversies**. *Sensors*, v.11, n.1, p.7954–7981. 2011.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOWAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L., TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E., "Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils," *Soil Science Society of America Journal* 58(1), 1501-1511 (1994).

EITEL, J.U.H.; LONG D. S.; GESSLER, P. E.; HUNT, E. R. **Combined spectral index to improve ground-based estimates of nitrogen status in dryland wheat.** *Agronomy Journal*, v.100, n.6, p.1694-1702. 2008.

OLIVER, M. A.; WEBSTER, R., "A tutorial guide to geostatistics: Computing and modelling variograms and kriging." *Catena*, 113(1), 56-69 (2014).

READ, J. J.; TARPLEY, L.; MCKINION, J. M.; REDDY, K. R. **Narrow-waveband reflectance ratios for remote estimation of nitrogen status in cotton.** *Journal of Environmental Quality*, v.31, n.5, p.1442-1452. 2002.

ROCHESTER, I. J., CONSTABLE, G. A., OOSTERHUIS, D. M.; ERRINGTON, M., **Flowering and Fruiting in Cotton.** In: OOSTERHUIS, D.M.; COTHREN, J.T. (Eds.). *The Cotton Foundation Publisher*, Cordova, Tennessee, USA, p.35-50 . 2012.

ROSOLEM, C. A.; MELLIS, V. Van. **Monitoring nitrogen nutrition in cotton.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, n.5, p.1601-1607. 2010.

SESHADRI, K.; RAO, M.; JAYARAMAN, V.; THYAGARAJAN, K.; MURTHI, K. **Resourcesat-1: A global multi-observation mission for resources monitoring.** *Acta Astronautica*, v.57, n.8, p.534-539. 2005.

VIEIRA, S. R.; MILLETE, J. A.; TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D. **Handbook for Geostatistical analysis of variability in soil and meteorological parameters.** In: *Tópicos em Ciência do Solo*. v.2. ALVAREZ, V. H publisher. Viçosa, MG, Brazil, p.1-45. 2002.

VIEIRA, S. R., CARVALHO, J. R. P.; GONZÁLEZ, A. P. **Jack knifing for semivariogram validation.** *Bragantia*, v.69, n.1, p.97-105. 2010.

WHELAN, B. M., MCBRATNEY, A. B. and MINASNY, B. **Vesper - Spatial Prediction Software for Precision Agriculture.** *Proc. European Conference on Precision Agriculture - ECPA*, 3., p.139-144. 2001.

YAMADA, T.; MALAVOLTA, E.; MARTINS, O. C.; ZANCANARO, L.; CASALE, H.; BAPTISTA, I. **Teores foliares de nutrientes observados em áreas de alta produtividade.** Piracicaba: Potafos, 1999.

ZARCO-TEJADA P. J.; USTIN S. L.; WHITING M. L. **Temporal and spatial relationships between within-field yield variability in cotton and high-spatial hyperspectral remote sensing imagery.** *Agronomy Journal*, v.97, n.3, p.641-653. 2005.

ZHAO, D., REDDY, K. R., KAKANI, V. G., READ, J. J. and KOTI S. **Selection of optimum reflectance ratios for estimating leaf nitrogen and chlorophyll concentrations of field-grown cotton.** *Agronomy Journal*, v.97, n.1, p.89-98. 2005.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. **Spatial variability of soil physical properties in the field.** In: HILLEL, D.,(Ed.) *Applications of soil physics*. New York, Academic Press, p.319-344. 1980.

ESCARIFICAÇÃO E OSMOCONDICIONAMENTO DE SEMENTES DE *Passiflora alata* Curtis

Data de aceite: 01/06/2022

Paula Aparecida Muniz de Lima

Universidade Federal do Espírito Santo -
Centro de Ciências Agrárias e Engenharias /
Departamento de Agronomia
Alegre-ES
<http://lattes.cnpq.br/3743426965294848>

Simone de Oliveira Lopes

Faculdade Metropolitana São Carlos -
Departamento de Medicina
Bom Jesus do Itabapoana-RJ
<http://lattes.cnpq.br/3693739091183266>

Rodrigo Sobreira Alexandre

Universidade Federal do Espírito Santo -
Centro de Ciências Agrárias e Engenharias/
Departamento de Ciências Florestais e da
Madeira
Jerônimo Monteiro-ES
<http://lattes.cnpq.br/5340049196888351>

Allan Rocha de Freitas

Faculdade do Futuro - Departamento de
Agronomia da Faculdade do Futuro
Manhuaçu-MG
<http://lattes.cnpq.br/3436114117792924>

Gilma Rosa do Nascimento

Universidade Federal do Espírito Santo -
Centro de Ciências Agrárias e Engenharias /
Departamento de Agronomia
Alegre-ES
<http://lattes.cnpq.br/8998226339652754>

Ingridh Medeiros Simões

Universidade Federal do Espírito Santo -
Centro de Ciências Agrárias e Engenharias/
Departamento de Ciências Florestais e da
Madeira
Jerônimo Monteiro-ES
<http://lattes.cnpq.br/1675759323773218>

Joana Silva Costa

Universidade Federal do Espírito Santo -
Centro de Ciências Agrárias e Engenharias/
Departamento de Ciências Florestais e da
Madeira
Jerônimo Monteiro-ES
<http://lattes.cnpq.br/5613020286179958>

Josiane Rodrigues de Almeida Coutinho

Universidade Federal do Espírito Santo -
Centro de Ciências Agrárias e Engenharias /
Departamento de Agronomia
Alegre-ES
<http://lattes.cnpq.br/1097872945618397>

José Carlos Lopes

Universidade Federal do Espírito Santo -
Centro de Ciências Agrárias e Engenharias /
Departamento de Agronomia
Alegre-ES
<http://lattes.cnpq.br/1183524198654764>

RESUMO: Objetivou-se estudar o efeito da escarificação física e o osmocondicionamento de sementes de *Passiflora alata* Curtis com GA₃ na emergência e no desenvolvimento inicial das plântulas. Foram utilizadas sementes de frutos maduros provenientes do Córrego do Porto, Comunidade São Francisco no

Município de Ibitirama-ES. Após o beneficiamento das sementes, as mesmas foram osmocondicionadas em solução 0,05% de GA_3 , sendo os tratamentos: T1- escarificadas + 0 hora de osmocondicionamento; T2- escarificadas + 12 horas; T3- escarificadas + 24 horas; T4- escarificadas + 36 horas; T5- escarificadas + 48 horas; T6- não escarificadas 0 hora; T7- não escarificadas + 12 horas; T8- não escarificadas + 24 horas; T9- não escarificadas + 36 horas; T10- não escarificadas + 48 horas. Após os tratamentos foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em geladeira por 30 dias. Posteriormente foram semeadas em sacolas plásticas preenchidas com substrato e mantidas em casa de vegetação. Após 60 dias foram analisados: emergência, IVE, número de folhas, altura, comprimento de raiz, volume de raiz e massa fresca e seca da parte aérea e raiz das plântulas. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, num fatorial 2 x 5 (escarificação x osmocondicionamento), com quatro repetições de 25 sementes. Sementes de *P. alata* Curtis não escarificadas e osmocondicionadas por 36 horas em solução de GA_3 à 0,05% (T9) apresentam maiores médias de porcentagem de emergência e índice de velocidade de emergência; maiores médias de número de folhas, altura e volume de raiz de plântulas. Contudo, a escarificação + osmocondicionamento por 24 horas (T3) propiciam maiores médias de massa fresca e seca da parte aérea e raiz das plântulas.

PALAVRAS-CHAVE: Ácido giberélico, emergência, maracujá doce.

ABSTRACT: The objective was to study the effect of physical scarification and osmopriming of *Passiflora alata* Curtis seeds with GA_3 on emergence and early development of seedlings. They were seeds of ripe fruits from Córrego do Porto, São Francisco Community in the Municipality of Ibitirama-ES. After the seed processing solution, in the same way that they were osmoconditioned in 0.05% of GA_3 , the treatments being: T1- scarified + 0 hours of osmopriming; T2- scarified + 12 hours; T3- scarified + 24 hours; T4- scarified + 36 hours; T5- scarified + 48 hours; T6- not scarified 0 hour; T7- not scarified + 12 hours; T8- not scarified + 24 hours; T9- non-scarified + 36 hours; T10- not scarified + 48 hours. After the treatments, they were carried out in plastic packaging and under reliable conditions for 30 days. Plastic bags with support were made and kept in shelters. After 60 days for analysis: emergence, IVE, number of leaves, root length, root volume and mass and dryness of the shoot and root of the seedlings. The experimental design was completely randomized, in a factorial x 5 (scarification x osmopriming), with four replications of 25 seeds. *P. alata* Curtis seeds not scarified and osmoconditioned for 36 hours longer in the 0.05% GA_3 solution (T9) present mean emergence classification and emergence speed index; higher averages of number of leaves, height and root volume of plants. However, scarification + osmopriming for 24 hours (T3) provided higher averages of fresh dry mass of shoots and roots of plants.

KEYWORDS: Gibberellic acid, emergence, sweet passion fruit.

1 | INTRODUÇÃO

A família Passifloraceae é membro da ordem Malpighiales e consiste em cerca de 700 espécies de espécies herbáceas ou lenhosas trepadeiras, arbustos e árvores, classificados em cerca de 16 gêneros, e quase todos os seus membros pertencem ao grande e variável gênero *Passiflora*, popularmente conhecido como maracujá (CAUZ-SANTOS et al., 2017).

O maracujá é um fruto cultivado em países de clima tropical e subtropical. Existem mais de 150 espécies do fruto do maracujazeiro, no entanto, as espécies mais cultivadas são: maracujá amarelo azedo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*), maracujá-roxo azedo (*P. edulis* Sims) e maracujá doce (*P. alata* Curtis), sendo o maracujá-amarelo azedo quase a totalidade do volume comercializado mundialmente (COELHO et al., 2016). Essas são as principais variedades cultivadas, sendo elas amplamente apreciadas e aceitas pelos consumidores em todo o mundo devido ao seu sabor único e alto valor medicinal (ZHANG et al., 2021).

As sementes de *Passiflora* apresentam dormência (FALEIRO et al., 2019). Diante disso, faz-se necessário o tratamento das mesmas antes da sementeira, visando o aumento da sua germinação. O conhecimento das condições ideais para a propagação seminífera, bem como a caracterização do processo germinativo são necessários para compreender as respostas diferenciadas que possam apresentar em função de fatores ambientais e genéticos (NASCIMENTO et al., 2022).

A dormência de sementes impede a germinação durante períodos adversos, mesmo em condições favoráveis, sendo um mecanismo importante de adaptação de espécies que garante uma distribuição de germinação ao longo do tempo. Diversos tratamentos são aplicados nas sementes com intuito de superar essa dormência, levando ao crescimento do embrião e estimulando o processo germinativo (SILVA et al., 2019).

A propagação de espécie do gênero *Passiflora* é feita preferencialmente por sementes, no entanto, essas apresentam como características baixa germinação e desuniformidade, dificultando a produção de mudas. Para isso, há necessidade de uniformizar o desenvolvimento das plantas, o que se inicia na germinação das sementes e na emergência das plântulas. Devido à grande variabilidade genética do gênero *Passiflora*, é de fundamental importância a identificação de genótipos superiores para melhorar a qualidade dos frutos para o mercado *in natura* (ALEXANDRE et al., 2018).

Existem diversos tratamentos aos quais as sementes de *Passiflora* spp podem ser submetidas para a quebra de dormência. Dentre eles tem-se o uso de fitorreguladores, principalmente a base de giberelinas, a estratificação e também a temperatura a qual as sementes são expostas.

Reguladores de crescimento são comumente usados para superar dormência fisiológica. O ácido giberélico (GA_3) é um desses compostos, e é aplicado na parte externa das sementes para estimular a germinação. Ele atua principalmente na expressão gênica de enzimas hidrolíticas responsáveis por enfraquecimento do tegumento (TAIZ et al., 2017) e para degradar substâncias de reserva (REGO et al., 2018).

Alguns tratamentos como o uso do tratamento térmico e o condicionamento osmótico têm se mostrado eficientes nesse sentido, apresentando resultados promissores com sementes de diversas espécies (MORAIS et al., 2014).

A técnica do condicionamento osmótico, desenvolvida a partir da década de 1970,

é uma das mais promissoras para aumentar a velocidade e uniformidade da germinação e da emergência das plântulas. Essa, apesar de envolver modificações morfológicas, bioquímicas e fisiológicas complexas, que ainda não foram completamente elucidadas, é conceitualmente simples, pois consiste na hidratação controlada das sementes, utilizando polímeros hidrofílicos que aumentam o potencial osmótico em solução e limitam a absorção de água dessas sementes, de tal forma que as etapas iniciais da germinação sejam ativadas sem que ocorra a emissão da raiz primária, isto é, sem que se atinja a fase da germinação visível durante o procedimento (ARAÚJO et al., 2017).

Objetivou-se com o presente trabalho estudar o efeito da escarificação física e o osmocondicionamento de sementes de *Passiflora alata* Curtis com GA_3 na emergência e no desenvolvimento inicial das plântulas.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes e em Casa de Vegetação, localizados no Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-E-UFES), Alegre-ES. Foram utilizadas sementes de frutos maduros de *Passiflora alata* Curtis colhidos na região do Córrego do Porto, Comunidade de São Francisco, Município de Ibitirama, no Entorno do Caparaó-ES. Os frutos foram seccionados ao meio no sentido longitudinal para extração das sementes, que foram beneficiadas com imersão em água por 72 horas, posteriormente friccionadas em peneira de metal contendo cal extinta para remoção dos envoltórios e do arilo das sementes.

Após o beneficiamento as sementes foram mantidas sobre um papel germitest à sombra para remoção do excesso de água, sob condições de laboratório (temperatura de 25 ± 3 °C) por 72 horas. Posteriormente as sementes foram submetidas a dois tratamentos: sementes não escarificadas e sementes escarificadas com lixa d'água nº 80 no lado oposto ao embrião, mais tratamentos com osmocondicionamento em solução de GA_3 à 0,05% por 0; 12; 36; 24 e 48 horas, sendo os tratamentos: T1- escarificadas + 0 hora de osmocondicionamento (controle); T2- escarificadas + 12 horas; T3- escarificadas + 24 horas; T4- escarificadas + 36 horas; T5 - escarificadas + 48 horas; T6 - não escarificadas + 0 hora; T7 - não escarificadas + 12 horas; T8 - não escarificadas + 24 horas; T9 - não escarificadas + 36 horas; T10 - não escarificadas + 48 horas. Após os tratamentos, foram acondicionadas em sacos plástico transparente de 0,10 mm e armazenadas em geladeira por 30 dias, sob temperaturas de 6 °C e após, semeadas em sacolas plásticas de 12 x 25 x 0,07 cm, preenchidos com substrato Plus Prata Bioplant, mantidas em casa de vegetação com nebulização intermitente programada para dois minutos em intervalos de três horas, diariamente. Após 60 dias foram analisados:

Emergência - As análises foram feitas após 60 dias da semeadura, computando-se a porcentagem de plântulas normais (Brasil, 2009), e os resultados expressos em

porcentagem de emergência;

Índice de velocidade de emergência (IVE) - Concomitante com o teste de emergência. Utilizando-se o método descrito por Maguire (1962).

Altura - determinado após a emergência, com o auxílio de uma régua milimetrada, mediante a medição do comprimento entre o colo e o ápice da última folha de cinco plântulas e o resultado expresso em cm planta⁻¹.

Comprimento da raiz (CR) - foi determinado com o auxílio de uma régua milimetrada, medindo-se cinco plântulas do colo à ponta da maior raiz e os resultados expressos em cm planta⁻¹.

Massa fresca da parte aérea (MFA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MAS) e massa seca da raiz (MSR) de plântulas - determinada após 60 dias da semeadura, em balança analítica (0,0001 g). Após a obtenção da massa fresca da parte aérea e raiz, as mesmas foram acondicionadas em sacolas de papel tipo *Kraft*, mantidas em estufa de convecção a 72 °C por 72 horas (massa constante) e os resultados expressos em mg planta⁻¹.

Número de folhas foi obtido pela contagem manual (NF) e o volume de raiz (VR), obtido pelo método de proveta, com volume de água conhecido.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 5, sendo dois tratamentos físicos no tegumento (escarificado e não escarificado) e cinco tempos de pré-embrição (0; 12; 24; 36 e 48 horas) em solução de GA₃, com quatro repetições de 25 sementes. Foi realizado teste de média, pelo método de Tukey, com significância em nível de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram feitas utilizando-se o software R (R Core Team, 2021).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes de maracujá doce não escarificadas e osmocondicionadas por 36 horas (T9) (Tabela 1) apresentaram maior porcentagem de emergência (69%), em relação aos tratamentos T1 e T3, que apresentaram 35 e 35%, respectivamente, que foram as menores médias de emergência e índice de velocidade de emergência (emergência (0,76 e 0,78, respectivamente). No entanto, estes resultados não diferiram daqueles obtidos nos tratamentos T2, T4, T5, T6, T7, T8 e T10 (48; 61; 58; 54; 48; 54 e 56%, respectivamente).

A escarificação de sementes de *P. alata* permitiu que o potencial hídrico do embrião aumentasse para as sementes germinarem, com isso, o pré-tratamento físico das sementes mostrou benefício na fase de emergência das plântulas. Porém, as barreiras físicas não são o único fator impedindo a germinação dessas sementes. Outro fator que pode estar associado à barreira física é a presença de dormência fisiológica, corroborado com os resultados obtidos com os tratamentos feitos com GA₃ ou KNO₃ em sementes de *Passiflora edulis* e *Passiflora maliformis*, nas quais não houve germinação (TORRES-G, 2018)

Ao avaliar a germinação das sementes de *Passiflora caerulea* submetidas a diferentes temperaturas e concentrações de GA₃, Hossel et al. (2018) observaram que houve significância estatística somente para concentração de GA₃ nas variáveis germinação e velocidade de germinação (IVE). Esses autores obtiveram maiores valores de germinação e maior uniformidade quando as sementes foram embebidas em 100 e 200 mg L⁻¹ de GA₃, o que corrobora os resultados encontrados neste estudo.

Outros estudos foram desenvolvidos com osmocondicionamento de sementes com GA₃, como em sementes de *Cassia ferruginea* em diferentes substratos, em que o tratamento com giberelina não afetou a emergência e o desenvolvimento das plântulas (PAIXÃO et al., 2019), enquanto sementes de *C. ferruginea* tratadas com GA₃ 3000 mg L⁻¹ por 30 minutos apresentaram 100% de germinação (PAIXÃO et al., 2017). Comportamento similar foi observado em sementes obtidas de frutos maduros e recém-colhidos de *Passiflora alata*, *P. cincinnata*, *P. edulis*, *P. gibertii* e *P. setacea*, em que a emergência apresentou maiores valores e em maior velocidade, além de maior velocidade de crescimento inicial de plantas, nos tratamentos feitos com imersão em solução de GA₃ entre 500 e 1000 mg L⁻¹.

O ácido giberélico (GA₃) é um fitorregulador, que aumenta e a alongação e controla a divisão celular, o que está intrinsecamente ligado à germinação e desenvolvimento das plantas, pelo aumento no número e crescimento celular (TAIZ et al., 2017). Contudo, seus efeitos podem ser diferentes, variando entre espécies, podendo tanto estimular como inibir a germinação. Resultados antagônicos já foram relatados em estudos com ácido giberélico em frutíferas (VILLA et al., 2016).

Houve aumento no índice de velocidade de emergência (IVE) das plântulas, para todos os tratamentos com escarificação, à exceção do tempo zero (0 - controle), que manteve a mesma porcentagem de emergência das sementes escarificadas e as não escarificadas e osmocondicionadas no tempo de 12 horas.

Os tratamentos de escarificação do tegumento na região oposta ao ponto de emissão da raiz primárias não facilitou a absorção de água no processo e na velocidade da germinação. As sementes escarificadas apresentaram baixa porcentagem de emergência (47%) e baixa velocidade de emergência dentre os tratamentos conduzidos, não havendo diferença significativa em relação àquelas não escarificadas, que apresentaram um percentual de emergência de 47,24%. Portanto, o tratamento de escarificação utilizado não se mostrou efetivo na superação da dormência de sementes de *P. alata* Curtis.

É importante destacar que quanto maior o índice de velocidade de emergência (IVE), mais vigoroso é o lote de sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Assim, pode-se inferir que as sementes dos tratamentos T4 e T9 apresentaram comportamento semelhante entre si e se destacaram com maior vigor dentre as sementes dos demais tratamentos.

Considerando a germinação de sementes e normas para o comércio, pode-se acrescentar mesmo com os tratamentos de escarificação e osmocondicionamento a que as sementes foram submetidas, os valores obtidos estão abaixo daqueles considerados como

ideais (31 e 69%) e dentro dos padrões para a comercialização, que é de 70% (MAPA, 2017).

Entretanto o uso do fitorregulador vegetal interferiu na superação de dormência das sementes de *P. alata* Curtis. Dados semelhantes àqueles obtidos por Maciel et al. (2018), em que observaram que as sementes de *P. alata* Curtis apresentaram maiores valores de germinação, quando tratadas com GA₃.

Sementes tratadas com uso de autoclave, banho-maria e GA₃ nas concentrações de 200 e 250 mg L⁻¹, por 12 horas de imersão apresentaram inibição da germinação e no desenvolvimento das plântulas, portanto, esses métodos não foram eficientes para a superação da dormência de sementes de *P. alata* Curtis (FAVARIS et al., 2017). Assim, segundo Prado et al. (2019) é necessário a realização de novos testes com doses e tempos de imersão distintos para analisar as sementes desta espécie.

Tratamentos	Emergência (%)	IVE
T1	35,0 b ⁽¹⁾	0,76 b
T2	48,0 ab	1,34 ab
T3	35,0 b	0,78 b
T4	61,0 ab	2,80 a
T5	58,0 ab	2,22 ab
T6	54,0 ab	2,18 ab
T7	48,0 ab	1,77 ab
T8	54,0 ab	1,65 ab
T9	69,0 a	2,95 a
T10	56,0 ab	2,26 ab
C. V. (%)	21,09	32,46

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 1. Emergência e índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de *Passiflora alata* Curtis escarificadas e não escarificadas e osmocondicionadas em solução de GA₃ em diferentes tempos.

Considerando os efeitos da pré-umbebição e da escarificação das sementes sobre o crescimento inicial das plântulas (Tabela 2), analisados pelo número de folhas, altura de plântula, comprimento de raiz e das plântulas e volume de raiz, verificou-se que as plântulas oriundas das sementes do tratamento T4 (escarificada e pré-umbebidadas por 36 horas) apresentaram maior média de número de folhas (6,43), sem, contudo, diferir dos resultados obtidos nos tratamentos T5 e T6. Com relação à altura de plântula, o tratamento T4 apresentou maior média (7,36 cm), enquanto para comprimento de raiz não houve diferença significativa. No entanto, o volume de raiz de plântulas do tratamento T4 também apresentou maior média, embora seu valor não tenha diferido dos tratamentos T9 (não escarificado e pré-umbebidadas

por 36 horas) e T10 (não escarificado e pré-embebidas por 48 horas).

Entretanto, a presença do osmocondicionamento com GA₃ propiciou maiores comprimentos de raiz em todos os tratamentos testados. Esse resultado evidencia o papel das giberelinas na contribuição do processo de germinação por meio da ativação do crescimento do embrião, mobilização de reservas energéticas e enfraquecimento da camada do endosperma (TAIZ et al., 2017).

Os dados de número de folhas, altura e volume de raiz (Tabela 2) apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, em que o número de folhas e a altura das plântulas oriundas das sementes apresentaram valores superiores em todos os tratamentos com escarificação e osmocondicionadas com GA₃. Leonel e Pedroso (2005) também observaram que o osmocondicionamento com GA₃ proporciona aumento significativo nessas variáveis para mudas da mesma espécie.

Em *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg, a pré-embebição das sementes em GA₃ por seis horas é um tratamento fundamental para a germinação das sementes (SANTOS et al., 2013), enquanto a pré-embebição de sementes de *Passiflora caerulea* por 30 minutos em GA₃ nas concentrações de 100 ou 200 mg L⁻¹ é um tratamento eficiente para aumentar a porcentagem de germinação das sementes (HOSSEL et al., 2018).

O volume de raiz também foi influenciado positivamente pelo osmocondicionamento das sementes escarificadas com GA₃, principalmente porque há ação da giberelina no estímulo de produção de enzimas hidrolíticas e ativação do crescimento do eixo embrionário, aumentando a extensibilidade e a plasticidade da parede celular e o crescimento de raízes e parte aérea (TAIZ et al., 2017; PORTO et al., 2018).

Tratamentos	Nº folha	Altura (cm)	CR (cm)	VR (mL)
T1	4,60 c ⁽¹⁾	3,56 bc	11,77 a	4,16 c
T2	5,05 bc	3,51 bc	11,98 a	5,12 bc
T3	4,68 c	3,23 c	12,94 a	4,21 c
T4	6,43 a	7,36 a	12,79 a	10,90 a
T5	5,71 ab	4,72 b	12,98 a	7,21 bc
T6	5,69 ab	4,68 b	13,09 a	7,19 bc
T7	4,67 c	3,84 bc	12,54 a	6,92 bc
T8	4,55 c	3,69 c	12,91 a	6,34 bc
T9	5,10 bc	3,75 bc	13,88 a	7,90 ab
T10	5,04 bc	3,67 bc	12,76 a	7,93 ab
C. V. (%)	5,99	12,09	5,97	21,24

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2. Número de folhas, altura, comprimento de raiz e volume de raiz de plântulas oriundas de sementes de *Passiflora alata* Curtis escarificadas e não escarificadas e osmocondicionadas em solução de GA₃ em diferentes tempos.

As massas fresca e seca da parte aérea (Tabela 3) evidenciaram maiores valores médios nas plântulas oriundas das sementes do tratamento T3, com valores de 10,44 e 1,72 g, os quais se diferiram dos demais tratamentos. Similarmente, as maiores médias de massa fresca (9,78 g) e seca de raiz (0,74 g) ocorreram nas plântulas do T3, embora o valor tenha sido semelhante ao do T4.

Os resultados relativos à massa fresca da parte aérea e raiz, massa seca da parte aérea e raiz de plântulas (Tabela 3) apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que o T3 diferenciou-se dos demais, cujas médias foram maiores. O T8, embora as sementes não tenham sido escarificadas, tiveram o mesmo tempo de imersão em GA_3 , similar ao tempo de embebição do T3 por 24 horas, mas os resultados não apresentaram valores semelhantes, contudo, de acordo com Wagner Júnior et al. (2005), sementes escarificadas apresentam maiores porcentagens de germinação e vigor.

O T2 foi o que apresentou as menores médias de MFA, MFR, MSA e MSR (Tabela 3). Fatores genéticos e ambientais vigentes durante a produção, o estágio de desenvolvimento das sementes no momento da secagem e o tipo de secagem podem afetar a permeabilidade do tegumento, determinando a porcentagem e a intensidade de dormência (SAMARAH et al., 2004; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; MARCOS FILHO, 2015). Os resultados obtidos com as tratamentos das sementes feitos com o ácido giberélico (GA_3) no desenvolvimento das plântulas destacaram-se no desenvolvimento das plântulas no tempo de 24 horas de embebição, e a porcentagem média em plântulas oriundas de sementes escarificadas apresentaram valores superiores àquelas oriundas de sementes não escarificadas, em todos os tempos estudados.

De maneira geral, o uso de GA_3 evidenciou a superação de dormência, sendo potencializada em função do aumento do tempo de sua aplicação em sementes de *Passiflora alata* Curtis.

Tratamentos	MFA (g)	MFR (g)	MSA (g)	MSR (g)
T1	2,85 b ⁽¹⁾	3,69 bc	0,40 b	0,20 b
T2	1,99 b	2,12 c	0,29 b	0,18 b
T3	10,44 a	9,78 a	1,72 a	0,74 a
T4	5,34 b	7,22 ab	0,79 b	0,51 ab
T5	5,49 b	7,19 ab	0,81 b	0,52 ab
T6	3,31 b	4,06 bc	0,44 b	0,33 bc
T7	2,52 b	3,32 bc	0,41 b	0,25 c
T8	4,29 b	4,64 bc	0,67 b	0,44 abc
T9	2,26 b	2,95 bc	0,37 b	0,24 c
T10	2,45 b	2,85 bc	0,38 b	0,25 c

C. V. (%)	41,87	34,89	39,23	33,45
-----------	-------	-------	-------	-------

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3. Massa fresca da parte aérea (MFA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MAS) e massa seca da raiz (MSR) de plântulas de *Passiflora alata* Curtis oriundas de sementes escarificadas e não escarificadas e osmocondicionadas em solução de GA₃ em diferentes tempos.

4 | CONCLUSÕES

Sementes de *P. alata* Curtis não escarificadas e osmocondicionadas por 36 horas em solução de GA₃ à 0,05% (T9), apresentam maiores médias de porcentagem emergência e índice de velocidade de emergência.

Sementes de *P. alata* Curtis escarificada e osmocondicionadas por 36 horas em solução de GA₃ à 0,05% (T4), propiciam maiores médias de número de folhas, altura e volume de raiz de plântulas.

Sementes de *P. alata* Curtis escarificada e osmocondicionadas por 24 horas em solução de GA₃ à 0,05% (T3), determinam maiores médias de massa fresca e seca de parte aérea e de raiz das plântulas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Espírito Santo pelo fornecimento de instalações e equipamentos disponibilizados à pesquisa; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de doutorado e mestrado às autoras; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro e bolsas de produtividade em pesquisa ao terceiro e último autor e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), pela concessão de taxa de pesquisa ao último autor (Edital FAPES N° 19/2018 – Taxa de pesquisa - Processo FAPES n° 82195510).

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, R. S.; MONTEIRO JUNIOR, K. R.; CHAGAS, K.; SIQUEIRA, A. L.; SCHMILDT, E. R.; LOPES, J. C. Physical and chemical characterization of sweet passion fruits genotypes in São Mateus, Espírito Santo State, Brazil. **Comunicata Scientiae**, v. 9, n. 3, p. 363-371, 2018.

ARAÚJO, M. M. V.; FERNANDES, D. Á.; JARDINI, D. C.; CAMILI, E. C. Pré-hidratação e condicionamento fisiológico de sementes de maracujazeiro amarelo. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 11, n. 3, p. 241-247, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. 2009, 395 p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed., Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.

CAUZ-SANTOS, L. A.; MUNHOZ, C. F.; NATHALIE RODDE, N.; STEPHANE CAUET, S.; SANTOS, A. A.; PENHA, H. A.; DORNELAS, M. C.; VARANI, A. M. The Chloroplast Genome of *Passiflora edulis* (Passifloraceae) Assembled from Long Sequence Reads: Structural Organization and Phylogenomic Studies in Malpighiales. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 334, 2017.

COELHO, E. M.; AZÊVEDO, L. C.; UMSZA-GUEZ, M. A. Fruto do maracujá: importância econômica e industrial, produção, subprodutos e prospecção tecnológica. **Cadernos de Prospecção**, v. 9, n. 3, p. 347-361, 2016.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; JUNGHANS, T. G.; JESUS, O. N. de; MIRANDA, D.; OTONI, W. C. Advances in passion fruit (*Passiflora* spp.) propagation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 2, e-155, 2019.

FAVARIS, N. A. B.; FREITAS, A. R.; MENGARDA, L. H. G.; CABANEZ, P. A. C.; SOUZA, A. C. B.; ALEXANDRE, R. S. LOPES, J. C. **Superação de dormência em sementes de *Passiflora alata* Curtis**. XXI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VII Encontro de Iniciação à Docência – Universidade do Vale do Paraíba, 2017.

HOSSEL, C; HOSSEL, J. S. A. de. O; WAGNER JÚNIOR, A; ALEGRETTI, A. L; DALLAGO, A. Temperaturas e giberelina na germinação de sementes de *Passiflora caerulea*. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 11, n. 1, p. 93-98, 2018.

LEONEL, S.; PEDROSO, C. J. Produção de mudas de maracujazeiro-doce com o uso de biorregulador. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 107-109, 2005.

MACIEL, K. S.; LIMA, P. A. M.; MADALON, F. Z.; MORAES, S. P. C. B.; ALEXANDRE, R.S.; LOPES, J. C. The physiological quality of the seeds of passion fruit (*Passifloras* spp.) grown at different altitudes. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 06, p. 937-942, 2018.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MAPA - **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Normas para a Produção e a Comercialização de Sementes e Mudanças. Instrução Normativa nº 25, de 27 de junho de 2017.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2015, 560 p.

MORAIS, C. S.; ALMEIDA, L. G.; SANTOS, M. B.; ROSSETTO, C. A. V. Resposta de plantas ao condicionamento osmótico de sementes de girassol. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 5, p. 2261-2274, 2014.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed., Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.

NASCIMENTO, G. R.; LOPES, J. C.; ALEXANDRE, R. S. Biometry and seed imbibition of *Passiflora* spp. submitted to treatments to overcome tegumentary numbness. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, p. e58911226107, 2022.

PAIXÃO, M. V. S.; LIMA, M. A. G. B.; BOZETTI, M.; FARIA JUNIOR, H. P.; PAIXÃO, P. P. Superação de dormência das sementes e desenvolvimento de plântulas de acácia amarela (*Cassia ferruginea* (Schrad) Schrad ex DC). **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 23, n.1/2, p. 22-30, 2017.

PAIXÃO, M. V. S.; VIEIRA, K. M.; VAGO, M. B.; JUNIOR, H. P. F.; CARVALHO, A. J. C. Substratos e giberelina na emergência e desenvolvimento de plântulas de acácia amarela em diferentes substratos. **Revista Ifes Ciência**, v. 5, n. 1, p. 189-196, 2019.

PORTO, H. A.; WAGNER JÚNIOR, A.; KOSERA NETO, C.; SILVA, M.; STEFENI, A. R.; FABIANE, K. C. Giberelina e substratos na produção e qualidade de mudas de araçazeiros amarelo e vermelho. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n. 1, 2018.

PRADO, L. P.; SANTOS, T. M.; SOUZA, A. R.; CLEMENTE, J. M.; DUARTE, A. R.; MACHADO, M. G. Superação de dormência de sementes de *Passiflora alata* com biorreguladores vegetais comerciais. **Humanidades & Tecnologia em Revista**, v. 18, n. 1, p. 76-84, 2019.

R CORE TEAM. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2021.

REGO, C. H. Q.; CARDOSO, F. B.; COTRIM, M. F.; DA SILVA CÂNDIDO, A. C.; ALVES, C. Z. Ácido giberélico auxilia na superação da dormência fisiológica e expressão de vigor das sementes de graviola. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 3, p. 83-86, 2018.

SAMARAH, N. H.; ALLATAIFEH, N.; TURK, M. A. A.; TAWAHA, A. A. M. Seed germination and dormancy of fresh and air-dried seeds of common vetch (*Vicia sativa* L.) harvested at different stages of maturity. **Seed Science and Technology**, v. 32, n. 1, p. 11-19, 2004.

SANTOS, C. A. C.; VIEIRA, E. L.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. S. Germinação de sementes e vigor de plântulas de maracujazeiro amarelo submetidos à ação do ácido giberélico. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 2, p. 400-407, 2013.

SANTOS, C. H. B.; CRUZ NETO, A. J.; JUNGHANS, T. G.; JESUS, O. N.; GIRARDI, E. A. Estádio de maturação de frutos e influência de ácido giberélico na emergência e crescimento de *Passiflora* spp. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 481-490, 2016.

SILVA, A. L.; HILST, P. C.; DIAS, D. C. F. S.; MARCELO ROGALSKI, M. Superação da dormência de sementes de *Passiflora elegans* Mast. **Revista Verde**, v. 14, n. 3, p. 406-411, 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Plant Physiology and Development** 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TORRES-G., A. M. Seed dormancy and germination of two cultivated species of Passifloraceae. **Cient. Mus.Hist.Nat.U.de Caldas**, v. 22, n. 1, p. 15-27, 2018.

VILLA, F.; FRANÇA, D. L. B.; RECH, A. L.; MOURA, C. A. FUCHS, F. Germinação de sementes de maracujá-amarelo em extrato aquoso de tiririca e ácido giberélico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 15, n. 1, p. 3-7, 2016.

WAGNER JÚNIOR, A.; ALEXANDRE, R. S.; NEGREIROS, J. R. D. S.; PARIZZOTTO, A.; BRUCKNER, C. H. **Influência da escarificação e do tempo de embebição das sementes sobre a germinação de maracujazeiro** (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener), 2005.

ZHANG, X.; WEI, X., ALI, M. M.; RIZWAN, H. M.; LI, B.; HAN LI, H.; JIA, K.; YANG, X.; MA, S.; SHAOJIA LI, S.; CHEN, F. Fruit Development of Yellow (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) and Purple (*Passiflora edulis* f. *edulis*) Passion Fruits. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 11, p. 5765, 2021.

Colletotrichum tropicale ASSOCIADO À ANTRACNOSE DO MARACUJAZEIRO NO BRASIL

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 07/05/2022

Jackeline Laurentino da Silva

Campus de Engenharias e Ciências Agrárias/
Universidade Federal de Alagoas
<https://orcid.org/0000-0002-9870-3673>

Jaqueline Figueredo de Oliveira Costa

Campus de Engenharias e Ciências Agrárias/
Universidade Federal de Alagoas
<https://orcid.org/0000-0003-0121-699X>

Maria Jussara dos Santos da Silva

Campus de Engenharias e Ciências Agrárias/
Universidade Federal de Alagoas
<https://orcid.org/0000-0001-9418-854X>

Taciana Ferreira dos Santos

Campus de Engenharias e Ciências Agrárias/
Universidade Federal de Alagoas
<https://orcid.org/0000-0002-6040-8353>

Tiago Silva Lima

Campus de Engenharias e Ciências Agrárias/
Universidade Federal de Alagoas
<https://orcid.org/0000-0003-0882-2677>

Gaus Silvestre Andrade Lima

Campus de Engenharias e Ciências Agrárias/
Universidade Federal de Alagoas
<https://orcid.org/0000-0003-2910-5896>

Iraíldes Pereira Assunção

Campus de Engenharias e Ciências Agrárias/
Universidade Federal de Alagoas
<https://orcid.org/0000-0001-5087-0168>

RESUMO: O Brasil é o principal produtor mundial de maracujá. No entanto, dentre as doenças que afetam a cultura do maracujazeiro a antracnose, causada por espécies do gênero *Colletotrichum*, acarreta grandes prejuízos socioeconômicos no nordeste brasileiro. Conhecendo a importância desse patógeno para cultura os objetivos deste estudo foram identificar espécies do gênero *Colletotrichum* que causam a doença antracnose em folhas de maracujazeiro, utilizando análises filogenéticas multi-locus associadas a características morfoculturais. Os isolados foram obtidos de folhas de maracujazeiro apresentado sintomas típicos da doença, coletados no município de Coruripe e identificados com base nas sequências dos genes *GAPDH*, *TUB2* e região ITS-rDNA. Para caracterização cultural foram realizadas avaliações da taxa de crescimento micelial e aspecto das colônias. Na caracterização morfológica foram mensurados o comprimento e a largura de 50 conídios e apressórios. A análise filogenética multi-locus associada a características morfoculturais, juntamente com o teste de patogenicidade foi possível comprovar que *C. tropicale* (Complexo *gloeosporiooides*) é responsável por causar antracnose em maracujazeiro no estado de Alagoas.

PALAVRAS-CHAVE: Filogenia multi-locus. Passifloraceae. Patogenicidade.

Colletotrichum tropicale ASSOCIATED TO ANTHRACNOSE IN PASSION FRUIT BRAZIL

ABSTRACT: Brazil is the world's leading producer of passion fruit. However, among the

diseases that affect the culture of passion fruit, the anthracnose, caused by species of the *Colletotrichum* genus, causes great socioeconomic losses in northeastern Brazil. Knowing the importance of this pathogen for culture, the objectives of this study were to identify species of the genus *Colletotrichum* that infect passion fruit leaves, using multi-locus phylogenetic analyzes associated with morphocultural characteristics. The isolates were obtained from leaves of passion fruit showing typical symptoms of the disease, collected in the municipality of Coruripe and identified based on the sequences of the genes GAPDH, TUB2 and ITS-rDNA region. For cultural characterization, evaluations of the mycelial growth rate and appearance of colonies were performed. In the morphological characterization, the length and width of 50 conidia and appressoria were measured. The multi-locus phylogenetic analyze associated with morphocultural characteristics, together with the pathogenicity test, it was possible to prove that *C. tropicale* (*Gloeosporioides* Complex) is responsible for causing anthracnose in passion fruit in the state of Alagoas.

KEYWORDS: Multi locus phylogeny. Passifloraceae. Pathogenicity.

1 | INTRODUÇÃO

O maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg) é originário da América tropical com mais de 150 espécies nativas do Brasil (CROCHEMORE et al., 2002). A cultura está em franca expansão tanto para a produção de frutas para consumo “in natura” como para a produção de suco. Suas sementes, folhas e raízes são utilizadas pela indústria farmacêutica como antiespasmódicos, anti-helmínticos e sedativos. Suas flores são utilizadas pelo mercado da ornamentação (FALEIRO et al., 2005; HU et al., 2018).

O Brasil é o maior produtor mundial de maracujá com uma produção total de 690.364 mil toneladas. Entretanto, ao observar o panorama da produção desde 1990 observamos uma queda significativa ao longo dos anos (IBGE, 2020). As perdas na produção devido a diferentes problemas fitossanitários podem ocorrer e causar danos significativos à cultura. Dentre esses problemas, a antracnose causada por espécies do gênero *Colletotrichum* é uma das principais doenças encontradas em todas as regiões produtoras, causando sérios prejuízos, principalmente em épocas de elevada temperatura associada à alta umidade (SÃO JOSÉ, 2015). Os sintomas de antracnose nas folhas apresentam-se na forma de manchas com aspecto aquoso, que evoluem em tamanho, adquirindo uma cor parda com bordos pardo-escuros. Com a coalescência de lesões, formam-se grandes áreas de tecidos necrosados, apresentando rachaduras e intensa queda de folhas (FISCHER e REZENDE, 2016).

Tozze Junior et al. (2010) e Damm et al. (2012) relataram as espécies *Colletotrichum gloeosporioides* e *C. boninense* associadas à antracnose de *Passiflora* spp. no Brasil, Colômbia, Flórida, Japão e Argentina, no entanto, estes trabalhos foram baseados em caracterização morfocultural e molecular, utilizando a região ITS-rDNA e RAPD (WOLCAN e LARRAN, 2000; AFANADOR-KAFURI et al., 2003; ALMEIDA e CÔELHO, 2007; TOZZE JÚNIOR et al., 2010; GIL et al., 2017). Contudo, estes critérios taxonômicos têm sido

considerados insuficientes para identificação confiável das espécies deste gênero (CAI et al., 2009; HYDE et al., 2009). Recentemente, a identificação do gênero *Colletotrichum* tem sido baseada na análise filogenética multi-locus combinada com caracteres fenotípicos reconhecidos, como morfologia, patogenicidade e características culturais (VIEIRA et al., 2017; VELOSO et al., 2018; COSTA et al., 2019; DAMM et al., 2019). A partir desta abordagem, novas espécies foram relatadas em *Passiflora* spp.: *C. brasiliense*, *C. colombiense*, *C. karstii*, *C. plurivorum*, *C. brevisporum* e *C. torulosum* (Damm et al., 2012; Damm et al., 2019).

Assim, os objetivos deste trabalho foram identificar espécies do gênero *Colletotrichum* através da caracterização molecular e morfocultural obtidas a partir de folhas de maracujazeiro.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Fitopatologia Molecular do Centro de Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), localizado no km 85 da BR 101 Norte (9°27'54.71" S – 35°49'39.27" O), no município de Rio Largo, Alagoas, Brasil.

Folhas de maracujazeiro exibindo sintomas típicos de antracnose foram coletadas em um plantio comercial no município de Coruripe - AL. As folhas foram lavadas em água corrente e secas em papel filtro. Pequenos fragmentos foram obtidos da região de transição do tecido sadio/doente. Os fragmentos foliares foram desinfestados superficialmente com etanol 70% por 30 s, 1% de NaClO por 1 min, lavados em água destilada estéril por 30 s e secos em papel filtro esterilizado. Em seguida, estes foram transferidos para placas de Petri contendo meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA) e mantidos a 25 °C até o crescimento. Após esporulação os isolados foram identificados morfologicamente como pertencentes ao gênero *Colletotrichum* (SUTTON, 1980).

Para obtenção das culturas puras, os isolados monospóricos foram obtidos a partir de diluição seriada de uma suspensão de esporos até 10^{-6} da concentração inicial. Uma alíquota de 20 μ L foi uniformemente distribuída em placas de Petri contendo meio AA (ágar água) usando uma alça de Drigalski. Após 24 horas, o esporo germinado de cada isolado foi transferido para novas placas de Petri contendo meio BDA. Os isolados monospóricos foram preservados pelo método de armazenamento por congelamento em tiras de papel-filtro (ALFENAS e MAFIA, 2007). Posteriormente, foram depositados na Coleção de Culturas de Fungos Fitopatogênicos da Universidade Federal de Alagoas (COUFAL).

Para a realização do teste de patogenicidade, folhas assintomáticas obtidas de maracujazeiro foram lavadas e secas em papel toalha. O inóculo consistiu de uma gota de 30 μ L da suspensão de esporos na concentração de 10^6 conídios/mL. Em seguida, o inóculo juntamente com uma gota de Tween 20% foi depositado sobre a superfície adaxial

das folhas feridas com auxílio de uma agulha estéril, com quatro repetições. A testemunha consistiu apenas de água destilada esterilizada (ADE). As folhas foram acondicionadas em gerbox com papel filtro esterilizado umedecido com ADE e incubadas em estufa Biochemistry Oxygen Demand (BOD) a 25 °C e fotoperíodo de 12 h. Aos sete dias após a inoculação foram realizadas observações dos sintomas das lesões nas folhas. O patógeno foi reisolado para comprovar a patogenicidade completando, assim, os postulados de Koch (KOCH, 1882).

O DNA genômico total dos isolados foi obtido a partir de culturas monospóricas cultivadas em meio L- asparagina (ZAUZA et al., 2007), durante cinco dias à temperatura ambiente, posteriormente utilizou-se o protocolo de Doyle e Doyle (1987). Isolados do estudo foram usados como molde para a amplificação por PCR da sequência parcial do gene gliceraldeído-3-fosfato desidrogenase (*GAPDH*), β -tubulina (*TUB2*) e região rDNA Internal transcribed spacer (ITS).

As reações de PCR foram realizadas com tampão 10X (3 μ L), MgCl₂ 50 mM (0.9 μ L), 10 mM DNTP's (2.4 μ L), 10 μ M de cada oligonucleotídeo (2 μ L), 1U Taq DNA polimerase (0.2 μ L) and DNA (1 μ L, 25ng/ μ L). O volume final da reação foi ajustado para 30 μ L com água deionizada (Milli-Q) esterilizada. Produtos de PCR foram submetidos à eletroforese em gel de agarose 1 %, corados em brometo de etídeo e examinados sob luz ultravioleta (UV). Amostras positivas para PCR foram enviadas para sequenciamento na empresa Macrogen Inc., Seoul, Coréia do Sul.

Sequências consenso foram montadas utilizando o software Staden Package. Estas foram inicialmente comparadas com o banco de dados de sequências do GenBank usando o algoritmo BLASTn para determinar as espécies com as quais compartilham maior identidade de sequência. Com base nos resultados da análise BLASTn, sequências de isolados tipo e outras referências de espécies de *Colletotrichum* disponíveis no GenBank para cada gene e região genômica, foram obtidas para a construção da árvore filogenética. Alinhamentos múltiplos de sequências foram preparados usando o algoritmo MUSCLE (EDGAR, 2004), implementado no software MEGA v.7 (Molecular Evolutionary Genetics Analysis) (TAMURA et al., 2011) para os conjuntos de dados. A análise de Inferência Bayesiana (BI) foi realizada com as sequências multi-locus (*GAPDH*, *TUB2* e ITS).

Na caracterização morfológica, o comprimento e largura de cinquenta conídios e apressórios, foram avaliados a partir da deposição de uma gota (40 μ L) de ADE juntamente com os conídios em lâmina de vidro estéril acondicionados em placa de Petri forrada com papel filtro umedecido com ADE, para manter o ambiente úmido e permitir a germinação dos conídios. Após 24 horas, as imagens dos conídios e apressórios foram capturados sob microscópio (Olympus CKX41SF, software de captura de imagem CellSens Standard – Olympus 2010).

A caracterização cultural foi obtida a partir do crescimento de um plug de micélio (5 mm) adicionado em meio BDA sintético e mantido em estufa incubadora BOD com

temperatura de 25 °C ± 1°C e fotoperíodo de 12 h. Foram usados 5 repetições por isolado. A velocidade de crescimento micelial foi estimada por meio da mensuração do diâmetro das colônias (mm) diariamente por sete dias. O aspecto e cor das colônias também foram registrados.

3 | RESULTADOS

Os isolados induziram pequenas manchas circulares pardacentas na superfície das folhas com ferimentos aos sete dias após a inoculação. Nenhum sintoma foi observado na testemunha. As características morfológicas para ambos os isolados (COUFAL0281 e COUFAL0282) eram brancas com reverso branco, com micélio denso, e taxa média de crescimento de 7,54 mm/dia, após 7 dias em meio BDA sintético a 25 °C. Os conídios e apressórios foram observados em abundância. Os conídios eram subcilíndricos com extremidades arredondadas, hialinos, paredes lisas e medidos 13,63-20,59 µm (\bar{X} = 17,54 µm; n= 50) de comprimento e 4,40-7,93 µm (\bar{X} = 5,88 µm; n= 50) de largura. Os apressórios eram melanizados, subglobosos, irregulares e mediam 7,44 - 18,57 µm (\bar{X} = 10,04 µm; n= 50) de comprimento e 5,49-10,16 µm (\bar{X} = 7,66 µm; n= 50) de largura (Figura 1).

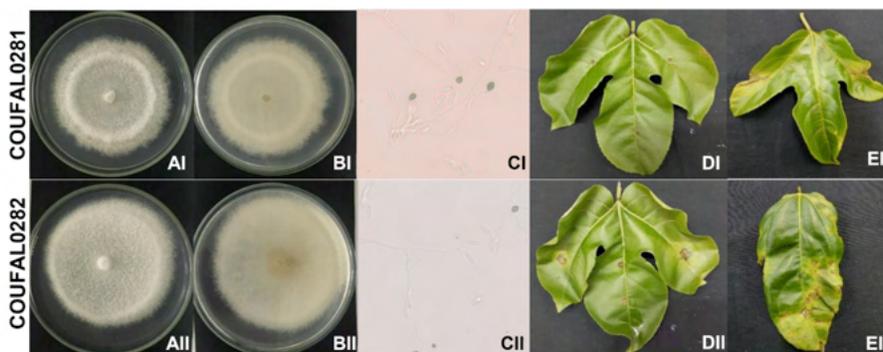


Figura 1: Características morfológicas e teste de patogenicidade dos isolados de *Colletotrichum tropicale*. **AI e AII, BI e BII** - Aspectos das colônias (verso e reverso, respectivamente); **CI e CII** - Conídios e apressórios de *Colletotrichum*; **DI e DII** - Teste de patogenicidade; **EI e EII** - Sintoma original.

As análises das sequências de gliceraldeído-3-fosfato desidrogenase (*GAPDH*), β -tubulina 2 (*TUB 2*) e espaçador transcrito interno (ITS) foram inicialmente comparados com o banco de dados de sequências do GenBank usando o algoritmo BLASTn mostrando que os isolados apresentaram 98 e 100% de identidade com a espécie *C. tropicale* (Figura 2).

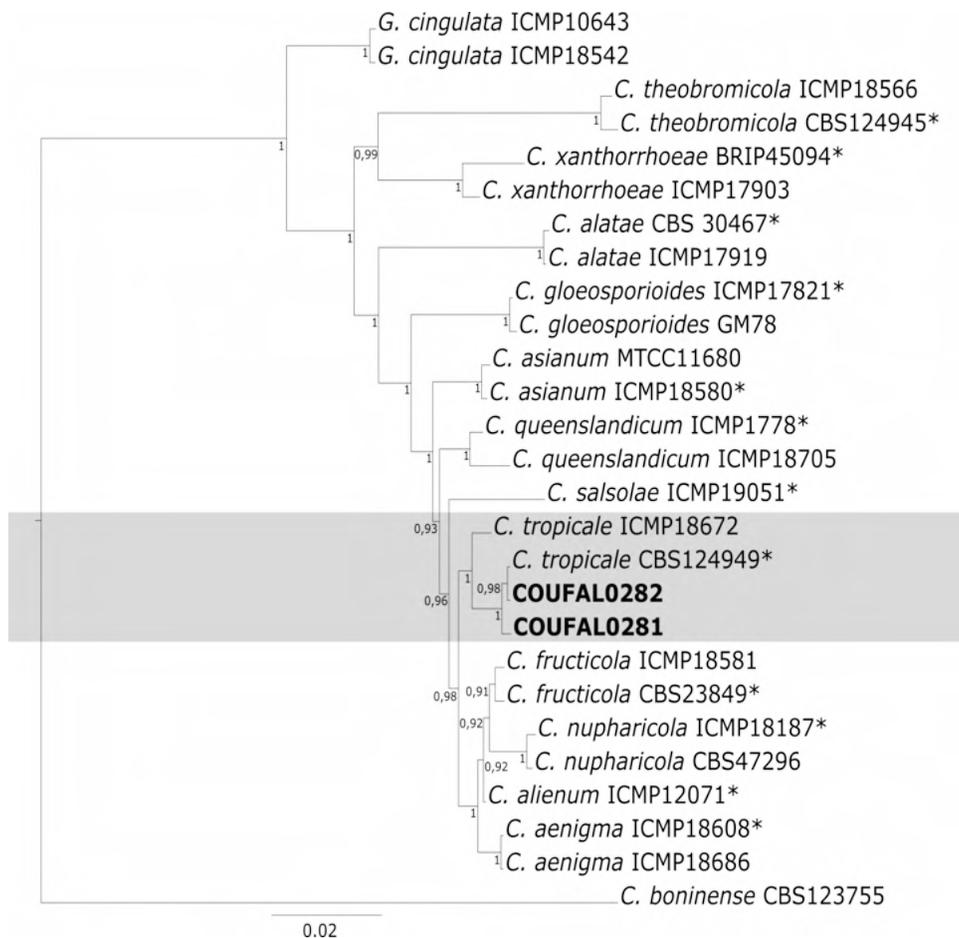


Figura 2: Árvore filogenética multi-locus inferida da análise Bayesiana usando GAPDH, TUB2 e região ITS para a espécie *Colletotrichum tropicale*. Os valores de probabilidade subsequentes > 0.02 são indicados acima dos nós. As culturas do ex-tipo estão marcadas com um asterisco. Os isolados usados neste estudo estão destacados em negrito. A árvore está enraizada com *Colletotrichum boninense*.

4 | DISCUSSÃO

Neste estudo, foram aplicadas análises morfoculturais, teste de patogenicidade e análises filogenéticas para identificação e relato da espécie *Colletotrichum tropicale* associada à doença antracnose em maracujazeiro. Apesar de a antracnose ser considerada uma doença de grande importância por atacar a parte aérea das plantas em qualquer época de desenvolvimento e causar sérios prejuízos (KIMATI et al., 2011; SÃO JOSÉ, 2015) sua etiologia permanece pouco estudada no Brasil (TOZZE JÚNIOR et al., 2010; DAMM et al., 2019). No estudo, a abordagem molecular usando os genes *GAPDH*, *TUB2* e região ITS-rDNA agrupou de maneira confiável os isolados COUFAL0281 e COUFAL 0282 de *Colletotrichum* obtidas de folhas de maracujazeiro.

A ocorrência desta espécie tem sido frequentemente relatada em várias outras culturas cultivadas no nordeste do Brasil (SILVA et al., 2017; VELOSO et al., 2018; VIEIRA et al., 2018; COSTA et al., 2019). Além disso, muitas dessas culturas são cultivadas nas proximidades dos pomares de maracujazeiro, favorecendo a movimentação de patógenos entre hospedeiros, provavelmente devido à influência antrópica, circulação de animais e insetos, além de respingos de chuva causados pelo vento. No entanto, este é o primeiro relato de *C. tropicale* em *Passiflora edulis* no mundo.

Os isolados identificados neste estudo induziram manchas circulares pardacentas consistentes com os sintomas típicos de antracnose encontrados em folhas de maracujazeiro descritos por Fischer; Rezende (2016). Além de apresentar características morfológicas semelhantes àquelas descritas em estudos anteriores para a espécie *C. tropicale* dentro do complexo *gloeosporioides* (WEIR; JOHNSTON; DAMM, 2012). As características culturais das espécies de *Colletotrichum* são bastante variáveis, sendo determinado por diversos fatores, como meio de cultura, fatores ambientais e condições de armazenamento (WEIR; JOHNSTON; DAMM, 2012).

Os resultados deste estudo podem contribuir para o desenvolvimento de técnicas adequadas de controle da antracnose na cultura do maracujazeiro cultivado no estado de Alagoas e em outras partes do mundo.

5 | CONCLUSÃO

A espécie *Colletotrichum tropicale* está associada à antracnose em folhas de *Passiflora edulis* no Brasil.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado em parte pelo Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001. Este trabalho também teve apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas – FAPEAL.

REFERÊNCIAS

AFANADOR-KAFURI, L. et al. Characterization of *Colletotrichum* isolates from tamarillo, passiflora, and mango in Colombia and identification of a unique species from the genus. **Phytopathology**, v. 93, p. 579-587, 2003.

ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. **Métodos em fitopatologia**, Viçosa: Editora UFV, 2007, 382p.

ALMEIDA, L. C. C.; COELHO, R. S. B. Caracterização da agressividade de isolados de *Colletotrichum* de maracujá amarelo com marcadores bioquímico, fisiológico e molecular. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, p. 318-328, 2007.

CAI, L. et al. A polyphasic approach for studying *Colletotrichum*. **Fungal Diversity**, v. 39, p.183–204, 2009.

COSTA, J. F. O. et al. Species diversity of *Colletotrichum* infecting *annona* in Brazil. **European Journal Plant Pathology**, v. 153, p. 69-180, 2019.

CROCHEMORE, M. L. et al. Caracterização agromorfológica do maracujazeiro (*Passiflora* spp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25(1), p.5-10, 2002.

DAMM, U. et al. The *Colletotrichum boninense* species complex. **Studies in Mycology**, v. 73, p.1-36, 2012.

DAMM, U. et al. The *Colletotrichum acutatum* species complex. **Studies in Mycology**, v. 73, p.37-113, 2012.

DAMM, U. The *Colletotrichum dracaenophilum*, *C. magnum* and *C. orchidearum* species complexes. **Studies in Mycology**, v. 92, p.1-46, 2019.

DOYLE, J. J.; DOYLE, J. L. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. **Phytochemical Bulletin**. v.19, p.11-15, 1987.

EDGAR, R.C. MUSCLE: A multiple sequence alignment method with reduced time and space complexity. **BMC Bioinformatics**, v.5, p.1-19, 2004.

FALEIRO, F. G. et al. **Maracujá germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, p. 315-338, 2005.

FISCHER, I.H.; REZENDE, J.A.M. Doenças do maracujazeiro (*Passiflora* spp.) In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. (ed) **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. Agronômica Ceres, p. 535-538, 2016.

GIL, J. G. R.; TAMAYO, P. J.; MORALES, J. G. Identification and pathogenicity of microorganisms affecting purple passion fruit in Colombia. **Revista Ceres**, v. 64 (3), p. 250-257, 2017.

HU, Y. et al. Uma nova C-glicosil flavona e um novo glicosídeo neolignan da casca de *Passiflora edulis* Sims. **Nat. Prod. Res.**, v.32, p. 2312-2318.

HYDE, K. D. et al. *Colletotrichum*: a catalogue of confusion. **Fungal Diversity**, v. 39, p. 1-17, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020. Maracujá: Produção Agrícola Municipal. <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maracuja/br>. <Acessado: 19 de abril de 2022>

KIMATI, H. L. et al. **Manual de Fitoatologia: doenças das plantas cultivadas**. 3 ed. São Paulo: Agronômica Ceres. p.705, 1997.

SÃO JOSÉ, A. R. Controle fitossanitário do maracujá. *Revista campo & negócios*. 2015. Disponível em: <http://www.revistacampoenegocios.com.br/controle-fitossanitario-do-maracuja>. Acesso em: Setembro de 2019.

SILVA, J. R. A. et al. Molecular and morpho-cultural characterization of *Colletotrichum* spp. associated with anthracnose on *Capsicum* spp. in northeastern Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 42 (4), p. 315-319, 2017.

SUTTON, B.C. **The Coelomycetes**: Fungi imperfecti with pycnidia acervuli and stromata. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1980.696p.

TAMURA, K. et al. MEGA 5: Molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. **Molecular Biology and Evolution**. v. 28 (10), p. 2731 – 2739, 2011.

TOZZE JÚNIOR, H. J. et al. First report of *Colletotrichum boninense* infecting yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) in Brazil. **Plant Disease**, v. 5, p. 70–72, 2010.

VELOSO, J. S. et al. Why species delimitation matters for fungal ecology: *Colletotrichum* diversity on wild and cultivated cashew in Brazil. **Fungal Biology**, v. 122, p. 677-691, 2018.

VIEIRA, W. A. S. et al. The impact of phenotypic and molecular data on the inference of *Colletotrichum* diversity associated with Musa. **Mycologia**, v. 109, p. 912-934, 2018.

WEIR, B. S.; JOHNSTON, P. R.; DAMM, U. The *Colletotrichum gloeosporioides* species complex. **Studies in Mycology**, v. 73, p. 115-180, 2012.

WOLCAN, S.; LARRAN, S. First report of anthracnose caused by *Glomerella cingulata* ana: *Colletotrichum gloeosporioides*) on passion fruit in Argentina. **Plant Disease**, v. 84, p.706, 2000.

ZAUZA, E. A. V.; ALFENAS, A. C.; MAFIA, G. R. Esterilização, preparo, de meios de cultura e fatores associados ao cultivo de fitopatógenos. In: ALFENAS, C. A. & MAFIA, R. G. (eds). **Métodos em fitopatologia**. Viçosa: UFV, p. 42, 2007.

MODELAGEM HIDROLÓGICA E GESTÃO HÍDRICA O CASO - CÓRREGO BANDEIRA, NERÓPOLIS - GOIÁS

Data de aceite: 01/06/2022

Mariane Rodrigues da Vitória

Klaus de Oliveira Abdala

RESUMO: O artigo analisa o resultado da modelagem hidrológica no âmbito da bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite em Goiás, mais especificamente da sub-bacia Córrego Bandeira em Nerópolis - GO, a qual foi definida como unidade piloto do Programa Produtor de Águas (PPA) Ribeirão João Leite. Foram simulados três cenários: anterior, atual e posterior ao Programa Produtor de Águas (2009, 2011 à 2017 e 2020). Através do modelo, especificado no InVEST (Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs) foi possível analisar comparativamente a estimativa de fluxos hidrossedimentológico entre os cenários, permitindo definir áreas prioritárias conforme sinalizado pelos mapas gerados pelo INVEST. Os resultados demonstraram uma redução na quantidade de sedimentos ao longo dos cenários, resultado positivo e possivelmente relacionado às ações estimuladas pelo PPA na bacia hidrográfica. Os resultados apresentados evidenciam a importância da modelagem hidrológica, uma vez que um dos gargalos de programas como o Produtor de Águas consiste na validação dos seus resultados. Desta forma, o modelo se mostrou eficiente para ser utilizado na gestão de bacias hidrográficas, apesar da carência de dados físicos de monitoramento da sedimentação na bacia em questão, os quais

são necessários à validação e calibração do modelo, processo esse que requer mais tempo de execução, sendo, portanto sugerido como tema para trabalhos futuros.

PALAVRAS-CHAVE: InVEST, Produtor de Água, Bacia hidrográfica.

HYDROLOGICAL MODELING AND WATER MANAGEMENT THE CASE - CÓRREGO BANDEIRA, NERÓPOLIS - GOIÁS

ABSTRACT: This article analyzes the hydrological modeling in the scope of the João Leite stream basin in Goiás, more specifically the Bandeira stream sub-basin in Nerópolis - GO, defined as the pilot unit of the João Leite River Producer Program. For this, the InVEST (Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs) models were used. Three scenarios were simulated: before, during, after the Water Producer Program (2009, 2011 and 2017, 2020). Through the InVEST model it was possible to verify the estimate of hydrosedimentological flows in both scenarios. Subsequently, econometric analyzes were performed in order to analyze the correlation and linear regression between the data provided by the model. Finally, priority areas were analyzed as indicated by the maps generated by INVEST. The results showed a reduction in the amount of sediments throughout the scenarios, a positive result, which could be linked to the actions imposed by the PPA in the hydrographic basin. The data presented are extremely relevant, since one of the bottlenecks of programs such as the Water Producer would

be in the validation of the program results. Thus, the model proved to be efficient to be used in watershed management, however, the lack of current and constantly monitored data for the basin in question, has a strong influence on the final result of the modeling. Since the validation and calibration of the model requires more time, being suggested as a theme for future work.

KEYWORDS: InVEST, Water Producer, Hydrographic basin.

1 | INTRODUÇÃO

No atual contexto de crise hídrica mundial, investimentos em programas com enfoque em proteger e restaurar bacias hidrográficas, são uma importante ferramenta de proteção dos recursos hídricos (Salzman et al., 2018; Vogl et al., 2017).

Sendo de extrema importância, proteger e gerenciar esse recurso, porque este é escasso. Escassez, por sua vez, significa que a sociedade tem esse recurso limitado e, portanto, não pode produzir todos os bens e serviços que as pessoas desejam ter (CALLAN & THOMAS, 2013).

Criado em 2001, como instrumento de política ambiental, em um contexto de estudos à implementação da cobrança pelo uso da água, o Programa Produtor de Água (PPA) foi idealizado frente a necessidade de reverter a situação de muitas bacias hidrográficas, nas quais o uso inadequado do solo e dos recursos naturais promoveu a degradação dos recursos hídricos (ANA,).

O PPA foi instituído a partir de um esquema de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), o qual considera que aqueles que se beneficiam de algum serviço ambiental devem, em algum momento e de alguma forma, compensar o custo que o proprietário ou gestor da área provedora do serviço incorre para a manutenção da mesma. Ou seja: o beneficiário oferece uma contrapartida visando garantir o fluxo e, eventualmente, a melhoria do serviço demandado (Ana, 2016).

A proposta de programas como o PPA em geral é vista com bons olhos, pelos diversos atores envolvidos tanto a montante quanto a jusante. Hamel (2020) destaca que os atores a jusante são aqueles responsáveis por decidir se o programa vale a pena e, então, fornecem apoio político e financeiro, enquanto os atores a montante são definidos como aqueles que possuem ou gerenciam as extensões geográficas que produzem os serviços ambientais em questão e, portanto, estariam dispostos a implementar projetos visando a melhoria da qualidade e da quantidade desses serviços, neste caso a “produção” de água em uma bacia.

Vários são os motivos e incentivos para a participação em programas de PSA hídricos, a teoria econômica ambiental descreve uma lógica econômica de colaboração. Wunder (2005) destaca que os investidores a jusante pleiteiam um retorno positivo do investimento (Kroeger et al., 2019 ; Murdoch et al., 2007; Hamel,2020), uma vez que o recurso venha a ser disponibilizado em maior quantidade e a um menor custo. Enquanto os

atores a montante estão, em geral, preocupados com o custo de oportunidade de adesão ao projeto, custo este que representa a renúncia de uma atividade econômica alternativa em favor da manutenção/conservação do sistema provedor do serviço ambiental (Pattanayak et al., 2010 ; Salzman et al., 2018, Hamel,2020).

Seguindo a lógica econômica, o montante de pagamento aos produtores do serviço ambiental, participantes do PPA, é obtido por meio da estimativa do custo de oportunidade de uso de um hectare da área objeto do projeto, expresso em R\$/hectare/ano. Este valor é obtido tendo como referência as atividades agropecuárias mais empreendidas na região, ou seja, o valor é estimado em referência a um conjunto de atividades agropecuárias que melhor represente os ganhos médios líquidos obtidos por estas (Ribeiro, 2015).

Entretanto, apesar dos esforços, ainda são escassos os estudos que quantifiquem os benefícios ambientais e sociais desses programas, ou seja, o retorno sobre o investimento realizado. Tais estudos são fundamentais em processos de tomada de decisão, uma vez que, ao evidenciar os resultados econômicos do programa permitem tomar as decisões de alocação das quantidades ótimas do serviço ambiental fornecido aos usuários do mesmo.

Desta forma, tem sido crescente o uso de modelos que permitem simular dinâmicas ecossistêmicas e fornecer informações para os tomadores de decisão sobre a prestação de serviços ambientais (Azevedo, 2017). Dentre os sistemas de informação de código aberto utilizados para a concepção dos modelos podem ser destacados o SWAT, InVEST e ARIES, além de modelos proprietários, como HydroBID (Martínez - López et al., 2019 ; Azevedo 2017 ; Vogl et al., 2017; Hamel,2020).

Diante do exposto, este artigo pretende explorar os resultados da modelagem ambiental no contexto do Programa Produtor de Águas Ribeirão João Leite, mais especificamente a área que compreende o Córrego Bandeira, definida como unidade piloto do programa. Combinando os resultados da modelagem hidrológica, também calculou-se o custo de oportunidade referente ao programa.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A pesquisa foi realizada na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite (BHRJL), localizada no estado de Goiás, com uma área de 762 km². Essa bacia abrange os municípios de Anápolis, Campo Limpo de Goiás, Goianópolis, Goiânia, Nerópolis, Ouro Verde de Goiás e Terezópolis de Goiás. Especificamente a modelagem compreendeu a sub-bacia do Córrego Bandeira (Figura 1), na qual a implantação do PPA já se encontrava em estágio mais avançado, esta apresenta uma área aproximada de 22 km² e está inserida nos municípios de Goiânia e Nerópolis.

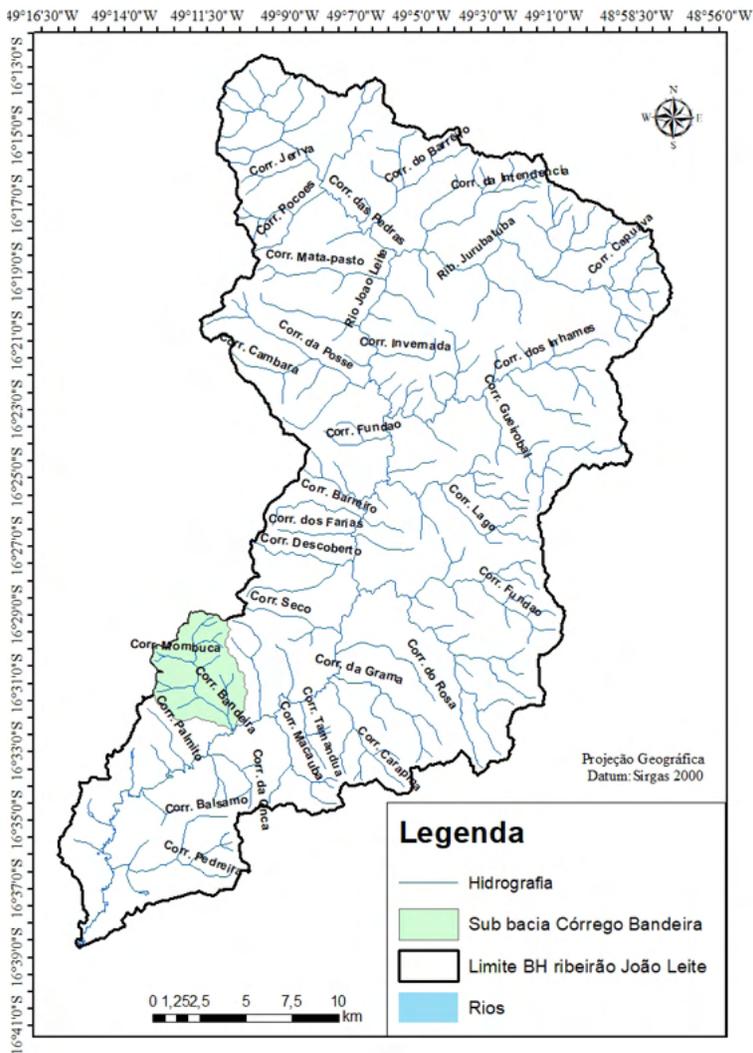


Figura 1 – Mapa de localização bacia hidrográfica ribeirão João Leite.

Fonte: Elaborado pelos autores.

2.1.1 Programa Produtor de Águas Ribeirão João Leite

Por ser uma região antropizada com elevada degradação ambiental e de grande importância na captação de água em Goiás, em especial para a região metropolitana (Dos Santos, 2018), a bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite foi considerada (Saneago, 2015) a região mais propícia para a implantação do Programa Produtor de Águas.

Visando minimizar os impactos ambientais que incidem sobre a BHRJL, em junho de 2013 foi assinado o Acordo de Cooperação Técnica (ACT) N°004/ANA/2013 em Goiás. De acordo com a Saneago (2015) a unidade de Gestão do Projeto (UGP) Produtor de Água

do Ribeirão João Leite, constituída oficialmente em 19 de agosto de 2013, é um colegiado formado por representantes das instituições parceiras do Programa Produtor de Água do Ribeirão João Leite.

O acordo integrou esforços entre as partes para o desenvolvimento de instrumentos e metodologia para a implantação do Programa Produtor de Água Ribeirão João Leite, em duas unidades-piloto: Córrego Bandeira, em Nerópolis, e Córrego das Pedras, em Ouro Verde, áreas que ao todo 82 produtores rurais (Ribeiro, 2015). Conforme os objetivos, presentes no edital de chamamento público é possível destacar (Tabela 1) as principais ações previstas para o programa são:

Recuperação e/ou conservação das APPs.
Recuperação e/ou conservação das áreas de reserva legal;
Proteção aos remanescentes preservados de vegetação nativa através do reflorestamento ou apenas do cercamento (quando for o caso, com base nos estudos e indicações técnicas)
Implementação de práticas de conservação de solos e água em áreas produtivas (agrícolas e pastagens)
Implementação de boas práticas agropecuárias e sanitárias.
Pagamento pelo serviço ambiental aos proprietários e produtores rurais que aderirem ao programa.
Monitoramento dos resultados através do controle e acompanhamento da propriedade; da análise dos recursos hídricos e da biodiversidade da região.
Readequação das estradas vicinais (estradas de terra);

TABELA 1 - Ações previstas para Programa Produtor de Águas ribeirão João Leite.

Fonte: Saneago (2015)

2.2 Modelagem hidrológica

2.2.1 Modelo InVEST

A metodologia de modelagem ambiental consistiu na aplicação do modelo submodelo de exportação de sedimentos (sdr) do invest 3.6 (natural capital project, data) um software livre e de código aberto que utiliza um conjunto de algoritmos que permitem a especificação de modelos para mapear serviços ecossistêmicos. diferente de alguns sistemas de modelagem hidrológica o invest tem uma interface mais amigável, e, portanto, mais acessível a uma gama maior de profissionais e pesquisadores de diferentes áreas de conhecimento (Hamel,2020).

2.2.2 Submodelo de Exportação de Sedimentos– SDR

O objetivo do modelo de exportação de sedimentos do invest, requerido nesta

pesquisa, foi o de mapear a geração e a entrega de sedimentos por via terrestre para o fluxo (cursos hidrográficos) em um contexto de mudanças em relação ao uso/cobertura da terra e de eventos climáticos diversos.

As saídas do modelo de sedimentos incluem a carga de sedimentos enviada à corrente em uma escala de tempo anual, bem como a quantidade de sedimentos erodidos na bacia e retidos pelas características geomorfológicas da bacia, como vegetação e relevo.

O modelo calcula inicialmente a quantidade de sedimento erodido (USLE_i) e, em seguida, o sedimento exportado (SDR_i) que é a proporção de perda de solo que realmente alcança o exutório das bacias.

A carga de sedimento no pixel de interesse (E_i) é dada pela Equação 1

$$E = uslexSDR$$

Equação 1

A perda de solo anual é obtida por meio da equação universal de perda de solo (USLE_p), conforme a Equação 2.

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Equação 2

Onde,

A é a perda de solo média anual (t há⁻¹ano⁻¹), R é o fator de erosividade da chuva (MJ mm há⁻¹h⁻¹ano⁻¹), K é o fator de erodibilidade do solo (t h ha MJ⁻¹mm⁻¹ha⁻¹), LS é o fator topográfico, C é o fator de cobertura da vegetação, e P é o fator de práticas conservacionistas.

Já a equação da taxa de sedimento exportado (SDR) é proposta por VIGIAK et al. (2012), conforme Equação 3:

$$SDR_i = \frac{SDR_{max}}{1 + \exp\left(\frac{IC_0 - IC_i}{k}\right)}$$

Onde SDR_{max} é o SDR teórico máximo, ajustado para um valor médio de 0,8 (VIGIAK et al., 2012), e IC₀ e k são parâmetros de calibração que definem a forma da relação SDR-IC

O índice de conectividade (IC) dado na Equação 3 foi desenvolvido por BORSELLI et al. (2008) para reproduzir o transporte do sedimento no escoamento superficial. O índice modela a exportação ou retenção do sedimento pixel a pixel baseado na relação entre as declividades dos pixels vizinhos, dada pela Equação 4:

$$IC = \log_{10} \frac{D_{UP}}{D_{dn}}$$

Sendo:

D_{dn} é a declividade do pixel abaixo;

D_{up} é a declividade do pixel acima;

Para atender os objetivos deste artigo, o modelo de serviço ecossistêmico foi especificado no InVest e calibrado conforme literatura disponível, para a bacia hidrográfica Córrego Bandeira, de acordo com os dados de entrada (Tabela 1) requeridos pelo mesmo:

DADOS DE ENTRADA	FORMATO	FONTE	DESCRIÇÃO
Modelo Digital de Elevação (MDE)	Raster	<i>Earth Explorer</i>	Mapa raster com o valor de elevação para cada célula.
Índice de Erosividade da Chuva (R)	Raster	Almeida (2015)	Mapa raster com o valor do índice de erosividade para região (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹).
Erodibilidade do Solo (K)	Raster	Almeida (2015)	Mapa raster com o valor de erodibilidade (Mg ha h MJ ⁻¹ mm ⁻¹) para cada tipo de solo.
Uso e Cobertura do Solo	Raster	MapBiomias	Mapa raster com os usos e coberturas da região de estudo.
Bacias Hidrográficas de Interesse (Watersheds)	Shapefile	Elaborado pela autora	Mapa com a delimitação das sub-bacias hidrográficas, que serão analisadas quanto à produção e retenção de sedimentos para um determinado ponto de interesse.
Tabela Biofísica C/P	Arquivo CSV	Literatura específica	Tabela com os usos e coberturas dos solos com seus respectivos fatores relativos ao potencial de retenção de sedimentos e referidas práticas conservacionistas.

Tabela 1: Relação de dados a serem inseridos no software InVEST para a predição, produção e retenção de sedimentos.

Fonte: Elaborado pelo autor. Adaptado de Zanella (2016).

Em relação aos parâmetros para calibração do modelo foram utilizados os propostos por Vigiak et al., (2012): Threshold flow accumulation de 5000, IC_0 de 0.5, k valendo 2, SDR_{max} de 0,8.

2.2.3 Custo de Oportunidade

Com o intuito de observar, os possíveis benefícios adivinhos do programa Produtor de Águas na bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite, calculou-se o custo de oportunidade.

Pagiola (2008) afirma que, devido à ineficiência da quantificação de Serviços Ambientais, o critério utilizado para se determinar o pagamento é, em geral, é o custo de oportunidade, que representa o custo da renúncia de uma atividade econômica em favor da

conservação/reflorestamento. Assim, o pagamento aos produtores participantes do PPA, é realizado por meio da valoração dos serviços ambientais de proteção hídrica (que é baseada no valor de referência; ou seja: custo de oportunidade de uso de um hectare da área objeto do projeto, expresso em R\$/hectare/ano. Este valor é obtido mediante o desenvolvimento de um estudo econômico, específico para a área do projeto, baseado na atividade agropecuária mais utilizada na região, ou em um conjunto de atividades que melhor represente os ganhos médios líquidos obtidos na sua utilização (ANA, 2012).

O custo de oportunidade, foi estimado em função da área total de florestas nativas, multiplicado pelo rendimento médio da atividade econômica principal da sub-bacias, no caso agricultura. Para a área total de florestas, foram consideradas as classes APPs e floresta plantada com o objetivo de avaliar os benefícios da manutenção da cobertura vegetal em áreas previstas na legislação, além dos benefícios obtidos pelo programa Produtor de Águas. O custo de oportunidade considerado foi de R\$216,00 por hectare, baseado em Ribeiro (2015).

2.2.4 Cenários analisados

Tendo em vista analisar a eficiência do programa Produtor de Águas na sub-bacia córrego Bandeira foram idealizados alguns cenários, a fim de representar o uso e ocupação do solo no período de dados observacionais, os cenários teriam como foco, avaliar o efeito da intervenção do programa Produtor de Águas como um todo (Cenário Pós-Programa) em relação à condição anterior (Cenário Pré Programa) e à uma condição que simulasse o futuro (Cenário Futuro); Sendo definidos os anos de 2009, 2011, 2017 e 2020. A escolha dos períodos analisados se deu pelos seguintes motivos.

Em setembro de 2009, foi criado o Consórcio Intermunicipal da Área de Proteção Ambiental do ribeirão João Leite, visando ao desenvolvimento ambiental e socioeconômico das comunidades inseridas (Alves, 2014).

No ano de 2011, em Goiás, inicializou-se o PL Nº 1.060/11, o qual estabeleceu conceitos, objetivos e diretrizes da Política Estadual de Pagamentos por Serviços Ambientais, além da criação do Fundo Estadual e do Cadastro Estadual de Pagamentos por Serviços Ambientais (Ribeiro, 2015).

O ano de 2017 foi propício com foco em verificar se, após a implantação de todas as medidas citadas pelo programa, houve alguma modificação em relação à paisagem.

Por fim, o cenário futuro teve como objetivo demonstrar a paisagem com uso e cobertura do solo, enquadrando as APPs mais restritivas para o ano de 2020, ou seja, cenário futuro.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Estimativa de Fluxos Hidro - Sedimentológico

O modelo especificado calculou inicialmente a quantidade de sedimentos erodidos ($USLE_i$) e, em seguida, a de sedimentos exportados (SDR_i) que é a proporção de perda de solo que realmente alcança o exutório da bacia. Os resultados foram aferidos no *ArcGIS 10.2.2* através da tabela de atributos (Tabela 2) do arquivo. A fim, de realizar uma melhor estimativa, após a realização das simulações os valores entregues em (ton/ ano), foram convertidos para (ton/ km²/ ano).

Cenário	Produção de Sedimento	Sedimentos Exportados
2009	3098,11	60,82
2011	2930,74	59,79
2017	1366,62	26,60
Cenário Futuro	1353,13	22,67

Tabela 2: Produção de Sedimentos, sub-bacia córrego Bandeira, gerado por meio do software InVEST ton/ km²/ ano.

Fonte: Resultado de Saída software InVEST (2020).

Observa-se, uma redução na produção total de sedimentos ao longo dos cenários, principalmente em relação aos cenários 2017 e futuro, que simularam, as práticas impostas pelo programa Produtor de Águas.

De acordo com Zanella (2016) que aplicou o modelo InVEST, em uma bacia hidrográfica em (MS), tal redução representa benefícios econômicos, sociais e ambientais.

Montalvão, (2016) em seu estudo em uma área contemplada pelo programa Produtor de Águas, com auxílio da InVEST observou uma redução na quantidade de sedimentos exportados ao longo da bacia hidrográfica, reforçando que tal melhoria poderia ser atribuída as práticas impostas na área de estudo.

Lima (2020) explana que a criação do programa Produtor de Água ribeirão João Leite, teve como objetivo proteger a BHRJL, ao qual possui reservatório de abastecimento hídrico que abastece a capital de Goiânia, ainda de acordo com a autora a ação foi importante para minimizar ou pelo menos estagnar o desmatamento irregular na área, visando conscientizar o produtor rural, para a necessidade de manter e recuperar áreas degradadas.

Em relação ao (SDR_i) foi perceptível, ao longo dos cenários uma redução na quantidade de sedimentos exportados, sendo extremamente satisfatório, já que essa é a proporção de perda de solo que realmente alcança o exutório das bacias, podendo ocasionar assoreamento e contaminação do curso hídrico.

Minella (2014) ressalta, que os casos de assoreamento têm se multiplicado

no Brasil, em decorrência do aumento de processos erosivos em bacias hidrográficas, assim, é de extrema importância a realização de estudos sedimentológicos. Dentre as consequências da produção excessiva de sedimentos, originados dos processos erosivos, pode-se destacar o aumento na sedimentação do reservatório diminuindo o desempenho do reservatório ou aumentando os custos de controle de sedimentos e tratamento de água (FRANCO, 2010).

Conceição (2017) por sua vez, reforça que presença de erosão hídrica, os sedimentos são transportados e podem vir a alcançar os mananciais, ocasionando sua contaminação ou a diminuição da disponibilidade hídrica o que pode levar ao aumento nos custos com tratamento da água, ou até mesmo a necessidade de um novo ponto de captação.

3.1.1 Custo de Oportunidade

Com o intuito de realizarmos, a valoração dos benefícios advindos do programa Produtor de Águas na bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite, calculou-se o custo de oportunidade.

Cenário	Floresta nativa	Custo de Oportunidade
2009	573	R\$ 123.768,00
2011	605	R\$ 130.680,00
2017	631	R\$ 136.296,00
Cenário Futuro	652	R\$ 140.832,00

Tabela 2: Estimativa Custo de Oportunidade (R\$/ha/ano).

Fonte: Elaborado pelo Autor

Analisando os resultados, observa-se um aumento no custo de oportunidade ao longo dos cenários, incremento justificado pelo aumento da área de floresta, que seria de 652 hectare no cenário definido como futuro, ao qual foi somada a área de floresta mais área de APP, multiplicado pelo custo de oportunidade de R\$216,00 hectare/ano.

Saad (2015) em um estudo sobre modelagem e valoração dos serviços ambientais hidrológicos no Ribeirão das Posses, Extrema, MG, ressaltou um maior incremento no cenário definido como futuro, em relação ao custo de oportunidade o que estaria atrelado as ações de recuperação da vegetação, imposta pelo Projeto Conservador das Águas.

Apesar desses cálculos precisarem de melhores aferições, possivelmente com a realização de entrevistas e levantamento de mais indicadores econômicos, o projeto é visto com bons olhos por boa parte dos proprietários (ANA, 2020).

Bremer (2020) destaca que dentre os desafios à participação de programas como o Produtor de Águas estaria em aumentar a conscientização sobre os benefícios mais amplos

da conservação ambiental e criar confiança entre os proprietários de terras que estariam dispostos a aderir ao programa. Ainda de acordo com o autor, embora os produtores rurais recebam incentivos financeiros, a participação também é motivada pelo desejo de cumprir o código florestal nacional (Bremer et al.,2018). Desta forma, os dados aqui disponibilizados poderiam ser utilizados para conscientizar quem está a montante do projeto, em relação aos benefícios do programa.

Em relação aos atores a jusante os dados aqui apresentados poderiam ser de extrema importância no processo de tomada de decisão, que vão desde a definição de áreas prioritárias, valorar os benefícios ambientais, para a validação dos resultados do projeto e por fim, para angariar incentivos financeiros.

Em geral um dos dificultares no processo de implementação de projetos de PSA está justamente na questão da fonte de recursos para pagamento aos produtores, já que a ANA- Agência Nacional de Águas, participa com recursos relativos à implementação das soluções. No caso do projeto piloto ribeirão João Leite o recurso para pagamento do PSA provém da SANEAGO, que por sua vez tem como motivação a revitalização ambiental da bacia hidrográfica e em seus cursos d'água, através da melhoria na qualidade e quantidade de água. De acordo com a EMATER-GO, para a segunda etapa do programa Produtor de Água ribeirão João Leite, a proposta seria a implantação em toda a bacia hidrográfica, o que conseqüentemente necessitaria de outras fontes de financiamento. Limeira et al., (2015) sugere o aprofundamento de estudos que enfatizem o setor privado no pagamento de serviços ambientais, principalmente o agronegócio cujo poder de negociação com os mercados internacionais é marcante, em que pese o fato de que o setor se destaca como maior utilizador dos serviços.

4 | CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo analisar como as informações provenientes do processo de modelagem ambiental na - BHRJL, mais especificamente a sub-bacia córrego Bandeira, poderiam auxiliar a tomada de decisão dos atores a jusante e a montante do projeto.

Os dados da modelagem apontaram uma redução na quantidade de sedimentos produzidos e exportados ao longo dos cenários, o que poderia estar atrelado as ações impostas pelo PPA na bacia hidrográfica. Esses resultados apresentam um potencial na gestão e tomada de decisão, demonstrando ao longo dos cenários uma melhora na qualidade da paisagem. Além disso, foi possível calcular o custo de oportunidade, que representa o custo da renúncia de uma atividade econômica em detrimento da conservação.

De acordo com ANA, existe uma diversidade de desafios relativo aos programas produtores de água, dentre esses desafios estaria a validação dos resultados do programa, ou seja, na quantificação ou levantamento de benefícios como o abatimento erosão e a

infiltração de água no solo, dados que deveriam ser melhor monitorados. Além disso, para aprovação de novos projetos PPA, um dos pontos analisados pela ANA seria uma prévia indicação das fontes de financiamento para pagamento de PSA.

Desta forma, conclui-se que as informações aqui disponibilizadas poderiam auxiliar projetos de PSA hídrico, no sentido de justificar os benefícios sociais e ambientais impostos pela melhoria na área da bacia e fora dela. Porém, sem uma calibração adequada com dados observacionais, é difícil desenvolver modelos confiáveis, assim, o monitoramento e a obtenção de dados locais poderiam auxiliar muito em resultados credíveis, sendo inclusive um dos desafios da presente pesquisa a obtenção de dados confiáveis e adequados para a área de estudo. A validação e calibração do modelo carecem de mais tempo, sendo sugeridos como tema para trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

Ana- agência nacional de águas-ana. *Programa Produtor de Água. Manual operativo*, Brasília, DF (2012).

Ana- agência nacional de águas-ana. *Pagamento por serviços Ambientais*, Brasília, DF (2016). Disponível em: <<http://dSPACE.agencia.gov.br:8080/conhecerhana/106>>. Acesso em: maio. 2020.

Azevedo, Lícia Maria Nunes de. *Calibração, validação e aplicação do modelo invest para a estimativa de benefícios aos serviços ecossistêmicos na bacia do Ribeirão Pipiripau* (DF/GO) Dissertação Mestrado UnB, 2017.

Braga, r.a.p. (2005) *Avaliação dos instrumentos de políticas públicas na conservação integrada de florestas e águas, com estudo de caso na bacia do Corumbataí – SP*. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

Baucke, alex sandro; pinheiro, adilson; kaufmann, vander. *Contribuição hidrossedimentológica das estradas rurais em bacias hidrográficas com pequenas e médias propriedades*. revista brasileira de ciências ambientais (online), n. 53, p. 13-32, 2019.

Bremer, Leah L. et al. *Relational values in evaluations of upstream social outcomes of watershed Payment for Ecosystem Services: a review*. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 35, p. 116-123, 2018

Bremer, L.L., Hamel, P., Ponette-González, A.G., Pompeu, P.V., Saad, S.I. and Brauman, K.A., *Who Are we Measuring and Modeling for? Supporting Multilevel Decision-Making in Watershed Management*. *Water Resources Research*, 56(1), p.e2019WR026011, 2020.

Callan, Scott J.; THOMAS, Janet M. *Environmental economics and management: Theory, policy, and applications*. Cengage Learning, 2013.

Conceição, José Roberto da. *Metodologia para identificação de áreas prioritárias para redução da erosão hídrica em bacias de mananciais de abastecimento público do Paraná: Estudo de caso bacia do Passaúna*. 2017.

- Dos santos, Sara Alves; nunes, Fabrizia Gioppo; dos santos, Alex Mota. *Intensidade dos Processos Antropogênicos no Entorno do Reservatório do Ribeirão João Leite–Goiás–Brasil*. Revista do Departamento de Geografia, v. 36, p. 63-76, 2018.
- Figueiredo filho, dalson Britto; silva júnior, José Alexandre da. *Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r)*. 2009.
- Hamel, Perrine et al. *The value of hydrologic information for watershed management programs: The case of Camboriú, Brazil*. *Science of the Total Environment*, v. 705, p. 135871, 2020.
- Hascic, i. & wu, j. (2006) *Land use and watershed health in the United States*. *Land Economics*, v. 82, n. 2, p. 214-239.
- Larson, r; farber, B. *Estatística Aplicada*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
- Lima, w.p. & zakia, m.j.b. (2000) *Hidrologia de Matas Ciliares*. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. *Matas Ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: EDUSP/FAPESP. P. 33-44.
- Lima, Deborah Moreira; Almeida, Rherison Tyrone Silva. *Avaliação das áreas de preservação permanente das nascentes da bacia hidrográfica do ribeirão João Leite antes e após o programa produtor de água*. RENEFARA, v. 14, n. 3, p. 22-34, 2020.
- Jardim, Mariana Heilbuth; BURSZTYN, Maria Augusta. *Pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso de Extrema (MG)*. Engenharia sanitária e ambiental, v. 20, n. 3, p. 353-360, 2015.
- Jamshidi-roudbari, Abbas; CHANG, Shih Chang. *Common electrode connections in integrated touch screens*. U.S. Patent Application n. 13/492,671, 6 jun. 2013.
- Alves Ferreira júnior, wilton. *Consórcio intermunicipal da APA do ribeirão João Leite*. 2014.
- Kolinjivadi, Vijay et al. *As a lock to a key? Why science is more than just an instrument to pay for nature's services*. Current Opinion in Environmental Sustainability, v. 26, p. 1-6, 2017.
- Kroeger, Timm et al. *Returns on investment in watershed conservation: Application of a best practices analytical framework to the Rio Camboriú Water Producer program*, Santa Catarina, Brazil. *Science of the Total Environment*, v. 657, p. 1368-1381, 2019.
- Lanna, Antonio EduArdo. *A economia dos recursos hídricos: os desafios da alocação eficiente de um recurso (cada vez mais) escasso*. estudos avançados, v. 22, n. 63, p. 113-130, 2008.
- Maidment, David R.; MOREHOUSE, Scott. *Arc Hydro: GIS for water resources*. ESRI, Inc., 2002.
- Martins s. G., *Erosão hídrica em povoamento de eucalipto sobre solos coesos nos Tabuleiros Costeiros, ES, Universidade Federal de Lavras*, 2005, Tese de Doutorado, 117.
- Merritt, Wendy S.; Letcher, Rebecca A.; Jakeman, Anthony J. *A review of erosion and sediment transport models*. *Environmental Modelling & Software*, v. 18, n. 8-9, p. 761-799, 2003.

Nascimento, Maria Amélia; *Bacia do Ribeirão João Leite: influência das condições ambientais naturais e antrópicas na perda de terra por erosão laminar*. 176 p. (Tese de Doutorado). UNESP, Rio Claro-SP. 1998.

Oliveira, Wellington Nunes de et al., *Avaliação da qualidade ambiental da paisagem da bacia hidrográfica e do reservatório do Ribeirão João Leite*, 2013.

Ribeiro, Aristela Resende et al., *Percepção dos integrantes do programa produtor de água Produtor de Água sobre os desafios do processo de implantação*. 2015.

Saneago. Companhia de Saneamento do Estado de Goiás. Disponível em < <http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2015-04/produtor-de-Agua---edital-de-chamamento-pUblico-para-credenciamento.pdf>>. Acesso em: maio. 2020.

Santos, Eduardo HM dos; griebeler, nori p.; oliveira, Luiz FC de. *Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite*. Rev. bras. eng. agríc. ambient, p. 826-834, 2010.

Silveira, Carolina Rezende Savino; Macedo, Diego Rodrigues; Callisto, Marcos. *Serviços ecossistêmicos na bacia hidrográfica de um reservatório hidrelétrico em cenário de extrema escassez hídrica*. Revista Espinhaçol UFVJM, p. 11-20, 2018.

Stanton, t; echavarria, m; hamilton, k; ott, c. (2010) *State of Watershed Payments: an emerging marketplace*. *Ecosystem Marketplace*. Disponível em: Acesso em: 15 fev. 2011.

Semarh – Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Instituto de Desenvolvimento Tecnológico do Centro Oeste - ITCO. *Plano de Manejo APA João Leite - Goiânia*, 2007.

Tiecher, T.; Caner, L.; Minella, J.P.G.; Bender, M.A.; Santos, D.R. *Tracing sediment sources in a subtropical rural catchment of southern Brazil by using geochemical tracers and near-infrared spectroscopy*. *Soil And Tillage Research*, Santa Maria, v. 155, p. 478-491, 201.

Tomas, M. Janet; CALLAN, Scott J. *Economia ambiental: aplicações, políticas e teorias*. São Paulo: Language Learning, 2013.

Tundisi, José Galizia. *Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos*. Revista USP, n. 70, p. 24-35, 2006.

Martínez-López, J., Bagstad, K.J., Balbi, S., Magrath, A., Voigt, B., Athanasiadis, I., Pascual, M., Willcock, S. and Villa, F., *Towards globally customizable ecosystem service models*. *Science of the Total Environment*, 650, pp.2325-2336, 2019.

Merritt, Wendy S .; LetcheR, Rebecca A .; Jakeman, Anthony J. *Uma revisão dos modelos de transporte de erosão e sedimentos*. *Modelagem e Software Ambiental* , v. 18, n. 8-9, p. 761-799, 2003.

Murdoch, William et al. *Maximizing return on investment in conservation*. *Biological Conservation*, v. 139, n. 3-4, p. 375-388, 2007.

Pattanayak, Subhrendu K.; Wunder, Sven; Ferraro, Paul J. *Show me the money: do payments supply environmental services in developing countries?*. *Review of environmental economics and policy*, v. 4, n. 2, p. 254-274, 2010.

Salzman, James et al. *The global status and trends of payments for ecosystem services*. Nature Sustainability, v. 1, n. 3, p. 136-144, 2018.

Vitória, Mariane Rodrigues da et al. *Dinâmica de serviços de regulação hídrica na bacia hidrográfica do ribeirão João Leite*, Goiás. 2019.

Vogl, A.L., Goldstein, J.H., Daily, G.C., Vira, B., Bremer, L., McDonald, R.I., Shemie, D., Tellman, B. and Cassin, J., 2017. *Mainstreaming investments in watershed services to enhance water security: Barriers and opportunities*. Environmental Science & Policy, 75, pp.19-27., 2017.

Wiegand, Mario Cesar. *Proposta metodológica para estimativa da produção de sedimentos em grandes bacias hidrográficas: estudo de caso Alto Jaguaribe*, CE. 2009.

Wunder, Sven et al. *Payments for environmental services: some nuts and bolts*. 2005.

ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER DE ÁCIDOS HÚMICOS EXTRAÍDOS DE SOLOS SOB DIFERENTES COMPOSIÇÕES VEGETAIS NO SUL DO BRASIL

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 06/04/2022

Luisa Natalia Parra Sierra

Estudante do curso de Licenciatura em
Química da Universidade Federal da
Integração Latino-Americana (UNILA)
Foz do Iguaçu, PR
<http://lattes.cnpq.br/6411215727339973>

Henrique Cesar Almeida

Professor Dr. da Universidade Federal da
Integração Latino-Americana (UNILA)
Foz do Iguaçu, PR
<http://lattes.cnpq.br/6649763672072786>

Denice de Oliveira Almeida

Professora Dra. do Centro Universitário
Dinâmica das Cataratas (UDC)
Foz do Iguaçu, PR
<http://lattes.cnpq.br/2501482407373099>

RESUMO: O estudo dos ácidos húmicos (AH) extraídos de solos sob diferentes coberturas vegetais são de grande importância porque eles desempenham um papel fundamental na compreensão da modificação qualitativa da matéria orgânica do solo (MOS). O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição química de AH extraídos da MOS em áreas com diferentes coberturas vegetais no Sul do Brasil. As áreas de estudo estão localizadas no estado de PR, entre os municípios de Foz do Iguaçu e Santa Terezinha de Itaipu. Foram avaliadas seis áreas no total, sendo avaliadas amostras de solo coletadas

na profundidade de 0-20 cm. Os AH foram extraídos pelo fracionamento químico da MOS, purificados, e posteriormente caracterizados por espectroscopia na região de Infravermelho com transformada de Fourier (FTIR). Esta técnica identificou os principais grupos orgânicos presentes nos AH por meio de espectros que permitem distinguir as vibrações moleculares de diferentes grupos estruturais e funcionais desta fração da MOS. De forma preliminar, se pode constatar semelhanças entre os espectros de AH de todas as áreas estudadas, porém foi possível destacar pela técnica as áreas sob floresta e sob pastagem.

PALAVRAS-CHAVE: Ácidos húmicos, matéria orgânica do solo, FTIR.

FOURIER TRANSFORMED INFRARED SPECTROSCOPY OF HUMIC ACIDS EXTRACTED FROM SOILS UNDER DIFFERENT PLANT COMPOSITIONS IN SOUTHERN BRAZIL

ABSTRACT: The study of humic acids (HA) extracted from soils under different vegetation cover is of great importance, as they play a fundamental role in understanding the qualitative modification of soil organic matter (SOM). The objective of this work was to evaluate the chemical composition of HA extracted from SOM in areas with different vegetation cover in southern Brazil. The study areas are located in the state of PR, between the municipalities of Foz do Iguaçu and Santa Terezinha de Itaipu. Six areas were assessed in total, with soil samples collected at a depth of 0-20 cm. The HAs were extracted by

chemical fractionation of SOM, purified and later characterized by Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR). This technique identified the main organic groups present in HA through spectra that allow distinguishing the molecular vibrations of different structural and functional groups of this SOM fraction. In a preliminary way, similarities can be observed between the HA spectra of all areas studied, but it was possible to highlight the areas under forest and under pasture using the technique.

KEYWORDS: Humic acid, soil organic matter, FTIR.

INTRODUÇÃO

Alterações no uso e ocupação do solo, principalmente em ambientes anteriormente cobertos por espécies nativas, não altera somente os níveis de carbono do solo, mas proporciona mudanças na fertilidade, na densidade do solo, aumentos nos níveis de acidez e modificações na composição química da matéria orgânica do solo (MOS) (Carrasco-Letelier et al., 2004; Dick et al., 2011; Almeida et al., 2012; Shrestha et al., 2015; Pulido et al., 2018; Santos et al., 2019). Essas modificações são mais sensíveis em regiões de clima tropical, uma vez que os solos destas regiões são altamente intemperizados, sendo, portanto, dependentes dos conteúdos de MOS (Adiaha, 2017).

A MOS ao ser fracionada quimicamente apresenta duas frações principais, conhecidas como substâncias húmicas e substâncias não húmicas (Santos et al., 2008). Os ácidos húmicos (AH), por exemplo, fazem parte das substâncias húmicas dos solos. A análise da estrutura orgânica destes ácidos pode elucidar se houve modificação na composição química da MOS, uma vez que a mudança de manejo do solo provoca também mudanças tanto na quantidade (Almeida et al., 2012) quanto na composição química da MOS (Santos et al., 2008).

As modificações na composição química molecular da MOS em decorrência da mudança da vegetação sobre o solo vão ocorrer de forma gradual, onde as estruturas moleculares presentes na MOS podem se assemelhar ou não as estruturas existentes na vegetação original, o que vai depender principalmente do tipo de vegetação, das características geográficas e do clima local.

Ao aplicar a técnica de infravermelho com transformada de Fourier em AH de solos sob plantio de eucalipto, Blum et. al. (2010) observou os seguintes picos: bandas largas próximas a 3400 cm^{-1} , associadas ao estiramento OH de grupos fenol ou da H_2O ; bandas em 2930 e 2850 cm^{-1} atribuídos ao estiramento assimétrico e simétrico, de CH alifático; picos em 1735 - 1700 cm^{-1} relacionados a C=O de ésteres e cetonas; pico em 1650 cm^{-1} que pode ser associado às vibrações estruturais de grupos COO^- . Alguns picos encontrados comparados com os picos comuns na literatura podem ser os estiramentos C-H de grupos alifáticos e os estiramentos C-O de aril-éteres, ésteres, grupos aromáticos e fenólicos. Para áreas de florestas, Blum et. al. (2010) e Santana (2014), observaram bandas largas em 3390 - 3250 cm^{-1} atribuídas ao estiramento OH em ligação de hidrogênio; de 2923 - 2845 cm^{-1}

devido ao estiramento C-H alifático; de 1698 a 1705 cm^{-1} referente ao estiramento C=O do grupo carboxílico; 1649-1613 cm^{-1} atribuída ao estiramento C=C aromático e C=O de grupo carboxílico; em de 1541 cm^{-1} referente à deformação N-H e ao estiramento C=N; de 1400 a 1380 cm^{-1} devido ao estiramento C-H alifático; em 1253 cm^{-1} atribuída ao estiramento C-O e à deformação OH do grupo carboxílico; e picos na região de 1070 cm^{-1} correspondente aos estiramentos C-O de carboidratos e de Si-O.

Este trabalho teve por objetivo avaliar a composição química de AH extraídos da MOS em áreas com diferentes coberturas vegetais no Sul do Brasil, onde os espectros de FTIR obtidos foram comparados para verificar se houve modificações significativas de grupos funcionais presentes nessas frações da MOS.

METODOLOGIA

As áreas de estudo estão localizadas no estado do PR, entre os municípios de Foz do Iguaçu e Santa Terezinha de Itaipu. Foram avaliadas seis áreas, incluindo uma floresta de Mata Atlântica (Parque Nacional do Iguaçu) (FL), remanescente de fragmento florestal (FG), regeneração florestal (REG), plantação de eucalipto (EU), monocultura de Soja/Milho (AGR) e Pastagem (PT). Também foi analisada uma amostra de ácido húmico industrializada (P.A.). Os solos foram coletados na profundidade de 0-20 cm ($r = 5$), secos ao ar e posteriormente passados em peneira com malha de 2,0 mm até se obter 20 g de solo de cada tratamento a ser estudado.

O fracionamento químico da MOS foi realizado adaptando as metodologias propostas por Dick et al. (2011) e Almeida et al. (2012), sendo realizado em duas etapas.

1ª Etapa (Extração da Matéria Orgânica Particulada e Substâncias não-húmicas): remoção da matéria orgânica particulada simultaneamente com as substâncias não-húmicas extraíveis em água deionizada (SNH-H₂O) e em HCl diluído (~ 0,010 mol L⁻¹) (SNH-HCl).

2ª Etapa (Extração das substâncias Húmicas): O fracionamento químico das substâncias húmicas foi realizado nas amostras de solo remanescente da extração anterior. Para cada amostra foi adicionado 30 mL de uma solução de NaOH 0,5 mol L⁻¹. As suspensões foram agitadas mecanicamente numa mesa agitadora horizontal (163 rpm por 2h). Logo foram centrifugadas (20 min, 3.500 rpm), aproveitando somente os sobrenadantes. Após esta etapa, o pH dos sobrenadantes foi ajustado para 1,0 utilizando uma solução de HCl 6,0 mol L⁻¹, o que provocou a precipitação do AH. Depois de ficar em repouso por 24h, o AH precipitado foi separado do ácido fúlvico (AF) por centrifugação (10 min, 3.500 rpm), sendo descartado o sobrenadante, ou seja, o AF. O precipitado (AH + impurezas) foi purificado (HF+HCl 5%) e seco por liofilização. Os espectros foram obtidos por análise de FTIR mediante o uso de pastilhas de KBr. A varredura dos espectros foi de 4000 e 400 cm^{-1} , utilizando-se uma resolução de 4 cm^{-1} , aquisição de 20 scans por amostra,

empregando-se o KBr como “back ground”. Os espectros obtidos foram interpretados de acordo com Santos et. al (2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estruturas químicas caracterizadas nos espectros FTIR identificadas nos AH estão representadas por meio de bandas de transmissão com diferentes números de onda, conforme pode ser observado pela figura 1.

Os diferentes grupos estruturais e funcionais observados foram: 3420 cm^{-1} de estiramentos de grupos O-H em ligação hidrogênio e N-H aminas inter e intra molecular; $2920\text{-}2850\text{ cm}^{-1}$ de estiramentos C-H de grupos alifáticos; 1585 cm^{-1} de deformação N-H aminas e estiramentos C-N do carbono nitrogenado referente as amidas; 1240 cm^{-1} de estiramentos C-O e deformação O-H, ambos de grupos COOH, estiramentos C-O de aril-éteres, ésteres, grupos aromáticos e fenólicos e $1050\text{-}1032\text{-}1008\text{ cm}^{-1}$ atribuídos a impurezas inorgânicas. Esse mesmo comportamento foi observado em todas as áreas estudadas.

A presença de um pico mais acentuado na região de 1.585 cm^{-1} do ambiente sob FL pode indicar a presença de compostos mais lábeis em relação as outras áreas com outras composições vegetais (Fontana et al., 2010). Geralmente em ambientes sob Floresta, principalmente Floresta tropical, é observado uma menor relação C/N da MOS nas camadas mais superficiais, indicando que a composição química da MOS se assemelha mais ao material de origem. Estes ambientes, por serem mais equilibrados, além de possuírem uma alta produção de serrapilheira sobre o solo (Shanin et al., 2016), também apresentam uma maior variação de sua composição vegetal devido a grande diversidade de plantas existentes, o que corrobora com a maior taxa de decomposição deste material e na consequente disponibilidade de nutrientes no solo (Pellegrini et al. 2014).

Na área sob PT pode-se observar um pico destacado em 1.050 cm^{-1} que, além de indicar estiramentos Si-O, também pode indicar a presença de estiramentos C-O de carboidratos (Blum et. al., 2010; Sant’ana, 2014). Em área sob pastagem, uma MOS com maiores proporções de C-O-alquil pode ser relacionada a maior entrada de resíduos ricos em carboidratos, tal como a celulose, por exemplo. Nas camadas superficiais do solo isso fica mais evidente, trazendo uma maior semelhança da composição química da MOS com o resíduo vegetal original. Além disso, as concentrações de celulose geralmente são maiores na vegetação de pastagem em relação a vegetação nativa (Mendham et al., 2002; Lammel et al., 2015).

O espectro FTIR de EU mostrou uma semelhança aos demais tratamentos de solo, mas não diferenciou nitidamente os picos. Os espectros de FTIR dos AH de tratamentos AGR, REG, PT, FL e FG tiveram comportamento espectral semelhante.

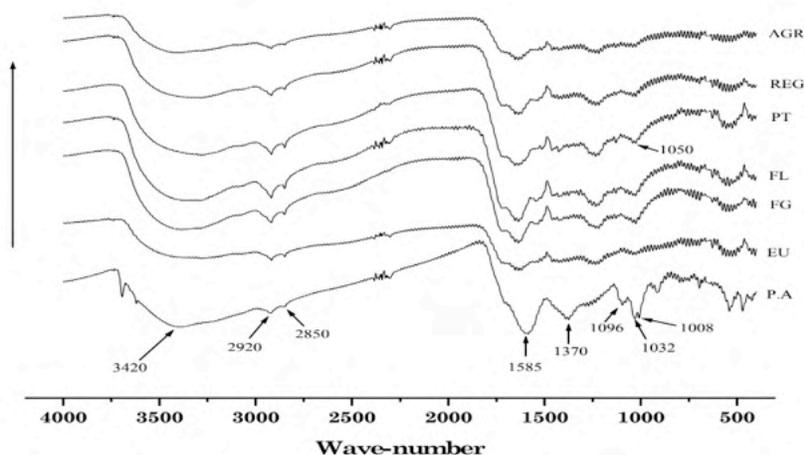


Figura 1. Espectros de FTIR (transmissão) de AH dos ambientes sob floresta de Mata Atlântica (FL), remanescente de fragmento florestal (FG), regeneração florestal (REG), plantação de eucalipto (EU), agricultura (soja e milho) (AGR) e Pastagem (PT) extraídos de amostras de solo na profundidade de 0-20 cm. Como referência também foi feita a análise de um ácido húmico padrão analítico (P.A.)

CONCLUSÕES

Os AH de diferentes áreas de cobertura vegetal que foram analisados apresentam grupos funcionais aromáticos, -OH fenólicos, carboxílicos, estruturas alifáticas, grupos funcionais relacionados aos carboidratos e algumas impurezas inorgânicas Si-O. Como verificado em vários trabalhos, existe uma semelhança espectral entre em AH analisados pela técnica de FTIR. No entanto, mesmo sabendo que esta técnica aplicada a MOS pode mostrar uma certa redundância espectral, a mesma foi importante para destacar os ambientes sob Floresta e sob Pastagem. O emprego de técnicas mais robustas, como a Ressonância Magnética Nuclear de ^{13}C poderá trazer uma maior clareza de diferenciação dos ambientes ao se analisar as frações químicas da MOS.

REFERÊNCIAS

- Adiaha, M.S. The Role of Organic Matter in Tropical Soil Productivity. World Scientific News. 2017. v.86. p.1-66.
- Almeida, H.C.; Dick, D.P.; Bertotto, F.L.; Chitarra, G.S. Distribution of chemical compartments of soil organic matter and C stocks of cambisol from south Brazil as affected by pinus afforestation. Química Nova. 2012. v.35. p. 1329-1335.
- Blum, H. Ácidos húmicos de solos em diferentes formações florestais na Floresta Nacional de Irati. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais (Dissertação de Mestrado), Irati, UNICENTRO, PR, 2010.

- Carrasco-Letelier, L.; Eguren, G.; Castiñeira, C.; Parra, O.; Panario, D. Preliminary study of prairies forested with *Eucalyptus* sp. at the northwestern Uruguayan soils. *Environmental Pollution*. 2004. v.127. p.49–55.
- Dick, D. P.; Leite, Benvenuti, S.; Dalmolin, R. S. D.; Almeida, H. C.; Heike, K. Pinus afforestation in South Brazilian highlands: soil chemical attributes and organic matter composition. *Scientia Agrícola*, 2011. v. 68. p. 175-181.
- Fontana, A.; Brito, R. J.; Pereira, M. G.; Loss, A.; Benites, V. M. Caracterização de substâncias húmicas da camada superficial do solo sob diferentes coberturas vegetais. *Magistra*, v.22, n.1, 2010. p.49-56.
- Lammel, D. R.; Nüsslein, K.; Tsai, S. M.; Cerri, C. C. Land use, soil and litter chemistry drive bacterial Community structures in samples of the rainforest and Cerrado (Brazilian Savannah) biomes in Southern Amazonia. *European Journal of Soil Biology*, v.66, 2015. p.32-39.
- Mendham, D.S.; Mathers, N.J.; O'Connell, A. M.; Grove, T. S.; Saffigna, P. G. Impact of land-use on soil organic matter quality in south-western Australia—characterization with ¹³C CP/MAS NMR spectroscopy. *Soil Biology & Biochemistry*. v.34, 2002. p.1669–1673.
- Pellegrini, A. F.; Hoffmann, W. A.; Franco, A. C. Carbon accumulation and nitrogen pool recovery during transitions from savanna to for-est in central Brazil. *Ecology*, 2014. v. 95. p.342–52.
- Pulido, M.; Schnabel, S.; Contador, J.F.L.; Lozano-Parra, J.; González, F. The Impact of Heavy Grazing on Soil Quality and Pasture Production in Rangelands of Sw Spain. *Land Degradation & Development*. 2018. v.29. p.219-230.
- Sant'n Ana, J. G. Qualidade da matéria orgânica pela espectroscopia de infravermelho de solos sob plantios florestais e pastos no norte Fluminense. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (Dissertação de Mestrado), Campos dos Goytacazes, UENF, RJ, 2014.
- Santos, G. de A.; Silva, L. S. da; Canellas, L. P.; Camargo, F. de O. (Ed.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2.ed. Porto alegre. Metropole, 2008.
- Santos, G. R.; Otto, M. S. G.; Passos, J. R. S.; Onofre, F. F.; Rodrigues, V. A.; Rossetti de Paula, F.; Ferraz, S. F. B. Changes in decomposition rate and litterfall in riparian zones with different basal area of exotic *Eucalyptus* in south-eastern Brazil, *Southern Forests: a Journal of Forest Science*, 2019. v.81. p.285-295.
- Shrestha, B. M.; Singh, B. R.; Forte, C.; Certini, G. Long-term effects of tillage, nutrient application and crop rotation on soil organic matter quality assessed by NMR spectroscopy. *Soil Use and Management*. 2015. v.31. p.358–366.
- Shanin, V.; Valkonen, S.; Grabarnik, P.; Má'kipá'a, R. Usingforest ecosystem simulation model EFIMOD in planninguneven-aged forest management. *For. Ecol. Manag.* 2016, v. 378. P.193–205.

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM TERMOGRAFIA EM UMA AGROINDÚSTRIA

Data de aceite: 01/06/2022

Enerdan Fernando Dal Ponte

<http://lattes.cnpq.br/2191295726744368>

Rosemar Cristiane Dal Ponte

<http://lattes.cnpq.br/8508426973547589>

Carlos Eduardo Camargo Nogueira

<http://lattes.cnpq.br/7250468059476566>

Jair Antônio Cruz Siqueira

<http://lattes.cnpq.br/5644626331586827>

RESUMO: A agroindústria em geral busca um aumento da sua produção com redução de seus custos. Neste contexto, as empresas investem em diagnósticos em eficiência energética para identificarem os pontos onde há perda de energia. Através da utilização da análise termográfica e estudo de eficiência de motores é possível determinar a eficiência energética. Este estudo de caso propõe realizar uma análise termográfica e uma simulação para troca de motores elétricos antigos por motores elétricos de alto rendimento para reduzir o consumo de energia elétrica.

PALAVRAS-CHAVE: Energia, Imagens Térmicas, Motores Elétricos.

ENERGY EFFICIENCY WITH THERMOGRAPHY IN AN AGRO-INDUSTRY

ABSTRACT: Agribusiness in general seeks an increase of its production with reduction of its costs. In this context, companies invest in

diagnostics in energy efficiency to identify the points where there is loss of energy. Through the use of thermographic analysis and study of efficiency of engines it is possible to determine the energy efficiency. This case study proposes to perform a thermographic analysis and a simulation for the exchange of old electric motors with high efficiency electric motors to reduce the consumption of electric energy.

KEYWORDS: Energy, Thermal Imaging, Electric Motors.

INTRODUÇÃO

Através da eficiência energética é possível obter um melhor desempenho na produção através de um menor consumo de energia. Para a redução do consumo de energia elétrica de uma agroindústria, pode ser implementado um conjunto de ações, visando a redução das perdas de energia durante o processo produtivo (AIMINHO, 2010).

Dentre estas ações destacam-se:

- Adotar sistemas de velocidade variável, tais como inversores de frequência e arrancadores suaves (“soft-start”) nos motores com potências maiores;
- Controlar o regime de funcionamento de todos os consumidores de energia elétrica de forma a assegurar que estão ligados, apenas, os necessários;
- Proceder a verificação termográfica

da rede de distribuição e de todos os pontos de ligação e utilização;

- Melhorar o fator de potência ao longo da rede de distribuição de energia (AIMI-NHO, 2010).

A termografia é uma técnica de detecção da distribuição de energia térmica emitida pela superfície de um ou vários corpos ou objetos. É um método capaz de detectar, visualizar e gravar diferentes níveis de distribuição de temperatura através da superfície de um objeto (ITEAG, 2010). A radiação eletromagnética, em especial a radiação térmica, pode ser emitida nas faixas de ultravioleta, luz visível, infravermelho e até na faixa de micro-ondas do espectro eletromagnético. Contudo, grande parte da radiação térmica para temperaturas típicas encontradas em equipamentos é emitida dentro da faixa de infravermelho. Por este motivo, os termovisores utilizados são fabricados com detectores que respondem a essa faixa do espectro, mais especificamente de 3 a 5 μm ou de 8 a 14 μm , sendo a última faixa ainda mais adequada às temperaturas e condições encontradas em inspeções de equipamentos industriais e de alta tensão expostos ao tempo.

A radiação infravermelha é um tipo de energia eletromagnética similar à radiação visível, ondas rádio e raios-X, que se desloca à velocidade da luz sob a forma de onda sinusoidal, diferindo apenas no comprimento de onda, e onde todos os corpos com uma temperatura acima do zero absoluto a emitem e a absorvem (ITEAG, 2010).

A termografia é utilizada para testar transformadores, caixas de distribuição elétrica, sistemas de comutação ou unidades elétricas. Pode ser usada também em todos os sistemas elétricos para localizar falhas nas conexões elétricas, para identificar condições de sobrecarga de qualquer tipo (ITEAG, 2010).

Os tipos de motores elétricos mais utilizados pelas indústrias são os trifásicos e os monofásicos de indução, os síncronos e os de corrente contínua (COPEL, 2005). A participação dos motores elétricos no consumo industrial no Brasil é expressiva, exigindo atenção especial em qualquer programa de gerenciamento e conservação de energia elétrica (COPEL, 2005).

As perdas em um motor de indução podem ser subdivididas em:

- perdas no enrolamento;
- perdas no funcionamento em vazio;
- perdas mecânicas, referentes a atritos nos mancais e potência para ventilação;
- perdas suplementares, decorrentes da distribuição não uniforme da corrente no enrolamento e das perdas adicionais no ferro (COPEL, 2005).

Sob qualquer carga, o motor apresenta perdas fixas, como as no ferro e as devido à ventilação e ao atrito. Além das perdas fixas, há as perdas variáveis com o carregamento do motor, como as perdas no cobre, que crescem com o quadrado da corrente de carga. Sendo assim, com pequenas cargas, em relação a sua potência nominal, o rendimento

do motor é baixo, tendo em vista serem grandes as perdas fixas em comparação com a potência fornecida 81 (ITEAG, 2010).

Os motores de alto rendimento apresentam características específicas que fazem com que acionem a mesma carga, porém absorvendo uma potência elétrica menor da rede. Consequentemente ele funcionará sob uma menor temperatura de trabalho resultando numa vida útil maior e menor necessidade de manutenção (COPEL, 2005).

Para fins de identificação das perdas de energia, o objetivo deste trabalho é propor um diagnóstico de eficiência energética utilizando sistemas de imagens termográficas dos painéis elétricos e avaliação de consumo de motores elétricos utilizados.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em uma agroindústria no ramo de nutrição animal, localizada na região oeste do Paraná. A primeira etapa do trabalho caracterizou-se pela realização levantamento fotográfico para a identificação dos equipamentos que compõem as instalações tais como: painéis e motores elétricos. Os dados coletados foram:

- a) Levantamento e identificação das características nominais e de operação dos equipamentos de força motriz (motores elétricos de indução), a partir dos dados fornecidos na placa de identificação dos motores (tipo de motor elétrico, potência, tensão e corrente nominais, rendimento e fator de potência), e a partir dos valores medidos de tensão entre fases, corrente em cada fase, fator de potência e potências ativa, reativa e aparente;
- b) Análise termográfica dos painéis e dos conjuntos de motores/redutores/polias;
- c) Avaliação do sistema motriz utilizado, verificando a possibilidade da substituição dos motores elétricos antigos por motores elétricos de alto rendimento.

Para realização da inspeção termográfica foi utilizado o TERMOVISOR (Modelo: Fluke Ti110 Thermography, Série: Ti110-14110375; Faixa de Medição: -10°C até +250°C; Precisão: $\pm 5^\circ\text{C}$ ou 5% da leitura; Emissividade: 0,95)

Após o levantamento dos dados foi confeccionado um diagnóstico de gestão energética industrial, que permite à empresa executar as medidas indicadas, para otimizar a utilização da energia, de forma adequada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das imagens geradas pelo termovisor foi possível identificar os pontos em que as temperaturas dos componentes ultrapassam às suas temperaturas de trabalho, conforme mostrado nas Figuras 1 e 2.

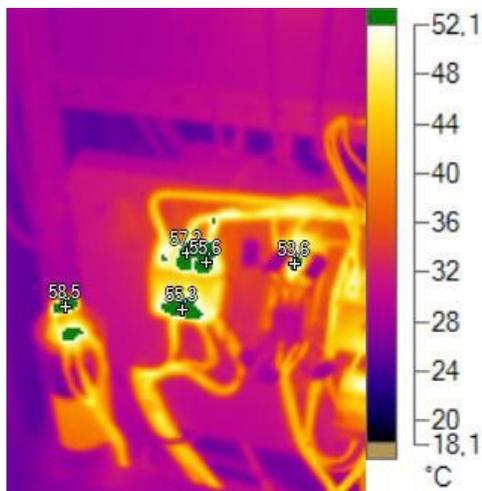


Figura 1. Imagem Térmica Painel Elétrico

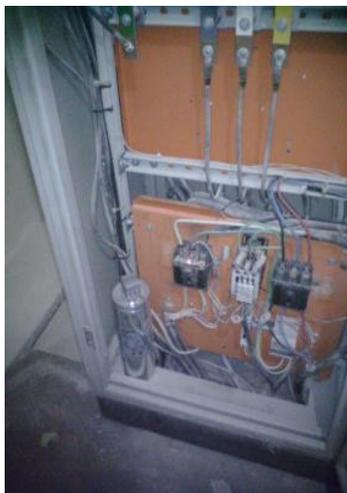


Figura 2. Imagem Painel Elétrico

Como pode ser observado pela Tabela 1, a temperatura dos pontos P0, P1, P2 e P3 apresentam temperaturas superiores à temperatura máxima permitida no ambiente de 40°C.

Nome	Temperatura
Ponto Central	57,2°C
P0	53,6°C
P1	55,3°C
P2	55,6°C
P3	58,5°C

Emissividade = 0,95 é a relação da energia de infravermelho irradiada por um objeto em uma determinada temperatura e faixa espectral e a energia emitida pelo irradiador perfeito.

Tabela 1. Marcadores da Imagem Térmica Painel Elétrico

Pode-se observar nas Figuras 3 e 4, um motor em condições de trabalho normal, a temperatura registrada foi de 46,5°C a 47,8°C.

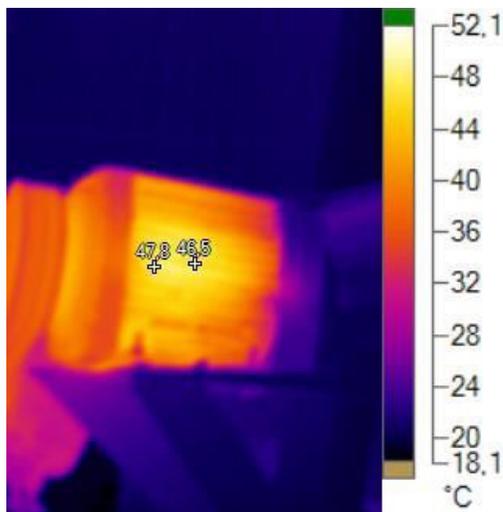


Figura 3. Imagem Térmica Motor1



Figura 4. Imagem Motor1

Conforme Tabela 2, é possível observar que a temperatura do motor está abaixo da temperatura de trabalho do motor.

Nome	Temperatura
Ponto Central	46,5°C
P0	47,8°C

Tabela 2. Marcadores da Imagem Térmica Motor1

As Figuras 5 e 6 mostram, um motor em condições de trabalho que ultrapassa o limite de temperatura de operação conforme norma NBR 17094 para os motores tipo Classe A, à uma temperatura ambiente de 40°C, a temperatura do ponto mais quente não pode ultrapassar 105 °C.

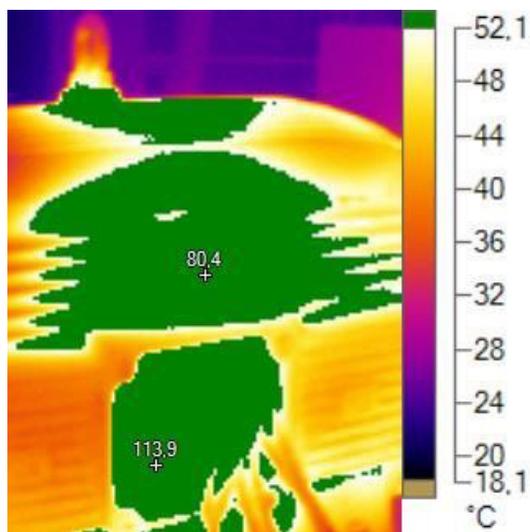


Figura 5. Imagem Térmica Motor2



Figura 6. Imagem Motor2

Já na Tabela 3, é possível observar que temperatura do motor ultrapassa o limite da temperatura de operação, indicando que o motor está trabalhando em sobre carga.

Nome	Temperatura
Ponto Central	80,4°C
P0	113,9°C

Tabela 3. Marcadores da Imagem Térmica Motor2

Conforme Tabela 4, expõe-se o resultado de uma simulação do consumo de energia dos motores utilizados atualmente pela empresa e, motores de alto rendimento com as mesmas potências, considerando o uso dos motores de alto rendimento durante 10 horas por dia, observa-se uma redução diária de 11,36% no de consumo de energia.

QTD.	Descrição	Pot.(cv)	Rend. Motor Normal	Rend. Motor Alto Rend.	Consumo Motor Normal (kW/h)	Consumo Motor Alto Rend. (kW/h)	Diferença Consumo	Redução Consumo
8	MOTOR 3CV	3	85,1	87,5	2,58	2,20	3,04	117,83%
8	MOTOR 5 CV	5	88,0	89,0	4,20	3,70	4,00	95,24%
7	MOTOR 15 CV	15	91,5	90,5	12,00	11,00	7,00	58,33%
1	MOTOR 2 CV	2	84,2	86,5	1,85	1,50	0,35	18,92%
9	MOTOR 10 CV	10	91,0	92,0	8,24	7,50	6,66	80,83%
4	MOTOR 20 CV	20	92,4	93,4	16,23	15,00	4,92	30,31%
1	MOTOR 25 CV	25	92,8	93,8	19,97	18,50	1,47	7,36%
2	MOTOR 40cv	40	93,4	94,4	31,70	30,00	3,40	10,73%
1	MOTOR 50cv	50	93,6	94,6	39,10	37,00	2,10	5,37%
1	MOTOR 60cv	60	94,1	95,1	47,30	45,00	2,30	4,86%
3	MOTOR 300cv	300	95,9	96,4	228,2	220,00	24,60	10,78%
6	MOTOR 12,5cv	12,5	91,0	92,0	10,2	9,20	6,00	58,82%
2	MOTOR 1,5 cv	1,5	81,6	83,0	1,5	1,10	0,80	53,33%
3	MOTOR 6cv	6	88,5	89,5	5,5	4,50	3,00	54,55%
3	MOTOR 4 cv	4	86,5	88,0	3,8	3,00	2,40	63,16%

Redução de consumo total por dia > 11,36%

Tabela 4. Consumo de Energia Elétrica - Motor Normal x Motor de Alto Rendimento

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos pode-se concluir que através da revisão dos circuitos elétricos dos painéis, reaperto dos borners e troca dos terminais condutores, contribui com a redução de suas temperaturas contribuindo para a redução no consumo de energia.

Com a substituição dos motores elétricos atualmente utilizados, por motores de alto rendimento é possível atingir uma redução diária de 11,36% no consumo de energia elétrica.

REFERÊNCIAS

AIMINHO – Associação Empresarial, **Manual de Boas Práticas para a Eficiência Energética**, Braga, out 2010. 162

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>> Acesso em: 04 out 2016. 165

CEMIG. COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. Alternativas energéticas: uma visão Cemig. Belo Horizonte, CEMIG, 2012. 369 p. 168

COPEL. **Manual de Eficiência Energética na Indústria**, nov 2005.

ITEAG, “**Termografia: Teoria, Procedimentos e Vantagens**”, Portugal, março 2010. Disponível em: http://sites.unisanta.br/ppgecomar/documentos/ANAIS_TERCEIRO_ENCONTRO_POS.pdf. Acesso: 04 out 2016

Termografia em sistemas eletricos. Soluções Texto. Disponível em: www.testo.pt. Acesso em: 10 out 2016.

REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA ESTIMATIVA DA CARGA TÉRMICA RADIANTE NO INTERIOR DE GALPÕES

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 26/05/2022

Pedro Hurtado de Mendoza Borges

Universidade Federal de Mato Grosso,
Faculdade de Agronomia e Zootecnia
Cuiabá – MT
<http://orcid.org/0000-0001-7603-8775>

Záira Morais dos Santos Hurtado de Mendoza

Universidade Federal de Mato Grosso,
Faculdade de Engenharia Florestal
Cuiabá – MT
<http://orcid.org/0000-0002-0930-7928>

Pedro Hurtado de Mendoza Morais

Universidade Federal de Mato Grosso,
Faculdade de Agronomia e Zootecnia
Cuiabá – MT
<http://orcid.org/0000-0003-2431-9262>

Charles Esteffan Cavalcante

Universidade Federal de Mato Grosso,
Faculdade de Agronomia e Zootecnia
Cuiabá – MT
<https://orcid.org/0000-0002-8768-5078>

Ronei Lopes dos Santos

Universidade Federal de Mato Grosso,
Faculdade de Agronomia e Zootecnia
Cuiabá – MT
<http://orcid.org/0000-0002-6858-0625>

Felipe Schmidt Ruver

Universidade Federal de Mato Grosso,
Faculdade de Agronomia e Zootecnia
Cuiabá – MT
<https://orcid.org/0000-0003-1689-0741>

RESUMO: Objetivou-se com este estudo desenvolver redes neurais artificiais para a predição do conforto térmico animal, com base na temperatura ambiente e a velocidade do ar correspondente ao dia no calendário juliano. Os dados de temperatura e velocidade do ar foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia, referentes a uma série histórica de 30 anos proveniente da Estação Meteorológica Convencional Padre Ricardo Remetter, localizada no município de Santo Antônio de Leverger-MT. A carga térmica de radiação, em função das variáveis climáticas, foi determinada para cada dia do ano. Assim, o dia do ano foi a variável de entrada para as redes neurais e a carga térmica de radiação a de saída. O número de camadas e neurônios foi variável de acordo com as diferentes arquiteturas. O ajuste dos modelos foi verificado com base no coeficiente de determinação, no erro absoluto médio, na porcentagem média do erro absoluto, bem como nos testes de normalidade e do teste t-Student. Os valores estimados pelas redes e os obtidos a partir da série histórica não evidenciaram discrepância significativa. Entretanto, as redes com melhor desempenho foram selecionadas para uma análise gráfica de resíduos. Concluiu-se que os dados meteorológicos utilizados possibilitaram definir as arquiteturas de redes neurais artificiais satisfatórias para o objetivo desta pesquisa. As redes do tipo perceptron formadas por tipologias de duas camadas ocultas foram apropriadas na predição do conforto térmico animal, em função do dia juliano. As redes neurais desenvolvidas apresentaram adequada confiabilidade e precisão nas predições, o que justifica a sua aplicação

para o planejamento, gestão e manejo de animais, principalmente em confinamento.

PALAVRAS-CHAVE: Inteligência artificial, conforto térmico, séries temporais.

ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS TO ESTIMATE THE RADIANT THERMAL LOAD INSIDE SHEDS

ABSTRACT: The objective of this study was to develop artificial neural networks for the prediction of animal thermal comfort, based on ambient temperature and air velocity corresponding to the day in the Julian calendar. The temperature and air speed data were obtained from the website of the National Institute of Meteorology, referring to a 30-year historical series from the Padre Ricardo Remetter Conventional Meteorological Station, located in the municipality of Santo Antônio de Leverger-MT. The thermal radiation load, as a function of climatic variables, was determined for each day of the year. Thus, the day of the year was the input variable for the neural networks and the radiation thermal load was the output variable. The number of layers and neurons varied according to the different architectures. The fit of the models was verified based on the coefficient of determination, on the mean absolute error, on the mean percentage of absolute error, as well as on the normality tests and the t-Student test. The values estimated by the networks and those obtained from the historical series showed no significant discrepancy. However, the networks with the best performance were selected for a graphical analysis of residuals. The meteorological data used made it possible to define the architectures of artificial neural networks satisfactory for the purpose of this research. The perceptron-type networks formed by typologies of two hidden layers were appropriate in the prediction of animal thermal comfort, as a function of the Julian day. The developed neural networks showed adequate reliability and accuracy in the predictions, which justifies their application for the planning, management and handling of animals, especially in confinement.

KEYWORDS: Artificial intelligence, thermal comfort, time series.

1 | INTRODUÇÃO

Dentre outros critérios, o conforto térmico é fundamental para avaliar o bem-estar animal, uma vez que possibilita identificar as condições ambientais e microclimáticas do seu alojamento. Diversas pesquisas têm constatado redução significativa no desempenho produtivo e reprodutivo dos animais devido ao estresse térmico (COUTINHO et al., 2014; NAVAS et al., 2016; NETO & BITTAR, 2018). O grau de estresse térmico do animal pode ser acentuado pela influência de variáveis climáticas como a temperatura e a velocidade do vento. As condições ambientais dos animais têm sido avaliadas por meio de índices de conforto térmico como a carga térmica radiante (CTR) sugerida por Esmay (1982).

Tanto a temperatura ambiente, quanto a velocidade do vento são informações meteorológicas disponíveis em bancos de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e podem ser obtidas facilmente. Já, a temperatura do globo negro, nem sempre é possível a sua aquisição de forma direta nessas bases de dados. Nesse sentido, Abreu et al. (2011) ajustaram um modelo linear com erro na predição de 3,19% para estimar a

temperatura do globo negro, em função da temperatura de bulbo seco.

As redes neurais artificiais têm sido aplicadas na estimativa de variáveis e modelagem de processos a partir de valores conhecidos. Santos et al. (2016) utilizaram esses recursos para monitorar suínos e obtiveram resultados precisos com adequada confiabilidade. Borges et al. (2018) desenvolveram redes neurais artificiais para prever o Índice de Temperatura e Umidade conforme o dia do ano na cidade de Santo Antônio de Leverger-MT. Nesses estudos adotaram-se as redes neurais artificiais do tipo perceptron com múltiplas camadas. Nesses trabalhos constata-se a viabilidade da aplicação das redes neurais e a sua habilidade para a previsão de informações.

As pesquisas consultadas permitem inferir que as redes neurais artificiais constituem uma útil e poderosa ferramenta computacional no processamento de dados meteorológicos e que pode ser viável o seu uso para estimar a carga térmica de radiação, baseada em informações climáticas de séries históricas registradas nas proximidades de instalações zootécnicas. Assim, este estudo fundamenta-se na hipótese de que esses modelos podem proporcionar os critérios para caracterizar o ambiente térmico em galpões, auxiliando a tomada de decisão para o adequado manejo dos animais. A problemática abordada motivou a elaboração deste trabalho, que teve como objetivo aplicar redes neurais artificiais na predição do conforto térmico animal para cada dia do ano, em função da temperatura do bulbo seco e da velocidade do ar.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo foram utilizados os dados horários da temperatura de bulbo seco e da velocidade do vento para uma série histórica de 30 anos, coletados na Estação Meteorológica Convencional Padre Ricardo Remetter, código OMN 83364, operante desde 01/01/1986, localizada no município Santo Antônio de Leverger-MT, com latitude de $-15,7833^\circ$, longitude de $-56,0667^\circ$ e altitude de 140 m. As referidas informações correspondem ao período compreendido entre 01/07/1998 e 30/06/2018 nos horários de 00:00, 12:00 e 18:00 horas, disponíveis no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia. A região apresenta clima tropical, com temperatura média anual de $26,1^\circ\text{C}$ e pluviosidade média anual de 1267 mm (INMET, 2018).

Os dados obtidos foram armazenados em arquivos textos e planilhas eletrônicas. Com as ferramentas de filtro e classificação disponíveis nas planilhas foram determinados os valores da carga térmica de radiação (CTR) para cada dia. Esse índice foi estimado utilizando-se a expressão sugerida por Esmay (1982), dada por:

$$\text{CTR} = \alpha \cdot \text{TRM}^4 \quad (1)$$

em que,

CTR: Carga térmica de radiação ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$);

α : Constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2} \cdot\text{K}^{-4}$);

TRM: Temperatura média radiante (K).

Pela sua vez a temperatura média radiante foi determinada por:

$$TRM = 100 \cdot \sqrt[4]{2,51 \cdot \sqrt{v} \cdot (Tgn - Tbs) + \left(\frac{Tgn}{100}\right)^4} \quad (2)$$

em que,

Tgn: Temperatura do globo negro (K);

Tbs: Temperatura de bulbo seco ou ambiente (K);

v: Velocidade do vento ($m \cdot s^{-1}$).

A temperatura do globo negro foi estimada conforme Abreu et al. (2011), como sendo:

$$Tgn = 1,0335 \cdot Tbs + 0,456 \quad (3)$$

Os valores da Carga Térmica de Radiação (CTR) para cada dia do ano foram introduzidos e processados pelo programa estatístico R para definir as possíveis arquiteturas das redes neurais artificiais (R CORE TEAM, 2018). Tomando como referência os estudos de Borges et al. (2017, 2018), optou-se pelas redes neurais artificiais com estrutura perceptron de múltiplas camadas (MPL), para a predição do referido índice térmico, em função do dia juliano. Em seguida, foram definidas diversas arquiteturas de redes, tendo como variável independente na camada de entrada o dia juliano e como variável dependente na camada de saída a carga térmica radiante (CTR), contendo também uma ou duas camadas intermediárias com até 15 neurônios cada uma. Tanto a variável de entrada, quanto a de saída foram normalizadas entre 0 e 1 para evitar saturação e erros no resultado e depois os valores estimados foram desnormalizados, utilizando-se as relações:

$$Vnor = \frac{Vori - Vmin}{Vmax - Vmin} \quad (4)$$

$$Vdnor = Vnor (Vmax - Vmin) + Vmin \quad (5)$$

em que,

Vnor: Valor normalizado de CTR (adimensional);

Vori: Valor original de CTR ($W \cdot m^{-2}$);

Vmin: Valor mínimo do conjunto de dados de CTR ($W \cdot m^{-2}$);

Vmax: Valor máximo do conjunto de dados de CTR ($W \cdot m^{-2}$).

Vdnor: Valor estimado desnormalizado de CTR ($W \cdot m^{-2}$).

Conforme Borges et al. (2017, 2018), para reduzir o número de redes neurais obtidas e selecionar as mais adequadas, foram calculados o coeficiente de determinação (R^2), erro absoluto médio (MAE), erro quadrático médio (MSE), raiz do erro quadrático médio (RMSE) e porcentagem média do erro absoluto (MAPE). As redes que apresentaram os melhores índices foram submetidas a uma análise de normalidade dos resíduos por meio dos testes

de Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors e Shapiro-Wilk e de ajuste entre os valores observados e estimados aplicando-se o teste t-Student (BORGES et al., 2017, 2018). Embora os critérios analíticos apresentados possibilitem concluir sobre a precisão das redes na previsão da carga térmica de radiação (CTR), Borges et al. (2017, 2018) recomendam elaborar o histograma dos resíduos e o diagrama quantil-quantil com as bandas do intervalo de confiança.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na presente pesquisa foram testadas 78 arquiteturas de redes neurais artificiais, contendo uma camada de entrada, uma ou duas camadas intermediárias (ocultas) e uma de saída. O aumento de uma camada intermediária para duas elevou a precisão dos resultados. Entretanto, o aumento do número de neurônios nessas camadas não interferiu no desempenho da rede neural. Na Tabela 1 constam os resultados correspondentes às dez redes neurais artificiais com índices satisfatórios. De acordo com essa Tabela as arquiteturas 2, 5, 6 e 10 apresentaram os maiores coeficientes de determinação (R^2) e os menores valores do erro absoluto médio (MAE), da raiz do erro quadrático médio (RMSE) e da porcentagem do erro absoluto médio (MAPE).

RNA	Arquitetura	R^2 (-)	MAE (-)	MSE (-)	RMSE (-)	MAPE (%)
1	MLP 1:1-2-6-1:1	0,7597	0,0129	0,0003	0,0170	1,2909
2	MLP 1:1-3-6-1:1	0,7755	0,0127	0,0003	0,0166	1,2711
3	MLP 1:1-4-4-1:1	0,7635	0,0130	0,0003	0,0170	1,2982
4	MLP 1:1-5-4-1:1	0,7658	0,0128	0,0003	0,0169	1,2846
5	MLP 1:1-6-5-1:1	0,7823	0,0123	0,0003	0,0164	1,2325
6	MLP 1:1-6-6-1:1	0,7755	0,0127	0,0003	0,0166	1,2653
7	MLP 1:1-7-8-1:1	0,7643	0,0127	0,0003	0,0170	1,2735
8	MLP 1:1-8-5-1:1	0,7618	0,0130	0,0003	0,0171	1,3013
9	MLP 1:1-8-7-1:1	0,7664	0,0128	0,0003	0,0169	1,2784
10	MLP 1:1-9-5-1:1	0,7717	0,0127	0,0003	0,0168	1,2740

Tabela 1. Valores dos índices para cada arquitetura de rede neural artificial.

Os valores do coeficiente de determinação obtidos neste estudo foram inferiores aos estimados por Borges et al. (2017), sendo maiores do que 0,9. Entretanto, foram

superiores aos determinados por Borges et al. (2018) de 0,71 em média. Provavelmente, essas discrepâncias devem-se à elevada oscilação diária ao longo dos anos das variáveis temperatura e velocidade do ar, o que sem dúvidas gera diferenças entre os valores observados e estimados pelos modelos. Contudo, as quatro referidas arquiteturas apresentaram coeficientes de determinação superiores a 0,7, valor mínimo aceito neste trabalho para indicar ajuste adequado.

Os testes de Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk e Lilliefors aplicados aos resíduos das quatro redes neurais artificiais evidenciaram probabilidade superior a 0,05 (Tabela 2). De acordo com esse resultado podemos aceitar a hipótese de normalidade da sua distribuição. Na Tabela 2 observa-se, ainda, que não há diferença significativa entre os valores observados e os estimados pelas quatro redes conforme o teste t-Student, dado pela probabilidade maior do que 0,99. Esses resultados constituem premissas básicas para obter um adequado ajuste entre valores observados, isto é, os coletados ou obtidos experimentalmente e os estimados por modelos.

RNA	Arquitetura	Testes de normalidade			Teste de Ajuste (t-Student)
		Kolmogorov-Smirnov	Shapiro-Wilk	Lilliefors	
2	MLP 1:1-3-6-1:1	0,2923(ns)	0,0523(ns)	0,0795(ns)	0,9908(ns)
5	MLP 1:1-6-5-1:1	0,1241(ns)	0,0583(ns)	0,0571(ns)	0,9939(ns)
6	MLP 1:1-6-6-1:1	0,2824(ns)	0,0867(ns)	0,0753(ns)	0,9965(ns)
10	MLP 1:1-9-5-1:1	0,2465(ns)	0,0829(ns)	0,0817(ns)	0,9957(ns)

Legenda: ns: Não significativo.

Tabela 2. Probabilidade dos testes para as quatro redes neurais artificiais.

Neste estudo os três testes de normalidade evidenciaram resultados semelhantes. A premissa de normalidade dos resíduos confere maior confiabilidade na aplicação do teste t-Student. Assim, os resultados obtidos permitem afirmar que os valores dos resíduos seguem uma distribuição simétrica sem ocorrência de valores estimados discrepantes ou muito distantes dos observados.

Os resultados dos testes analíticos confirmaram a normalidade dos resíduos das redes e o seu adequado ajuste. Entretanto, foram elaborados o histograma com a curva da probabilidade para os resíduos padronizados e o gráfico de probabilidade normal com as bandas do intervalo de confiança de 95% com o propósito de visualizar a distribuição desses resíduos em relação às suposições de normalidade e independência, bem como à ocorrência de valores estimados muito discrepantes dos observados e sua magnitude (Figuras 1 e 2).

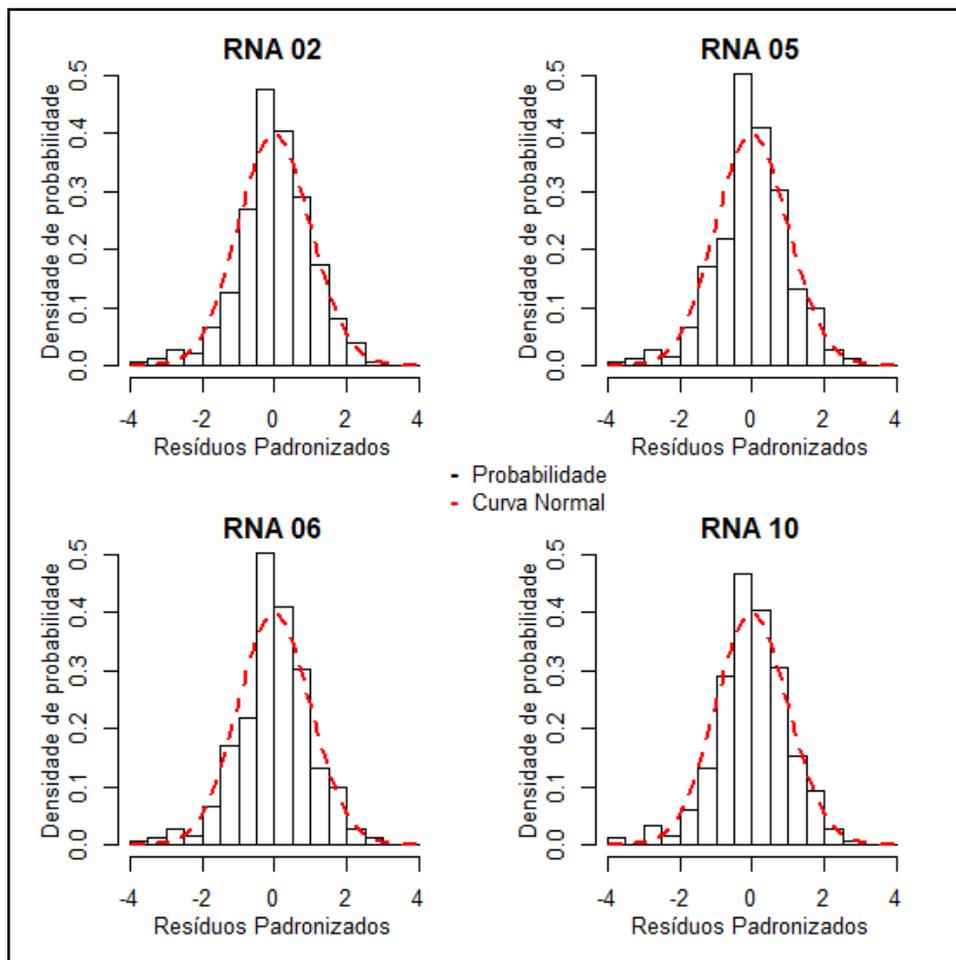


Figura 1. Histograma da densidade de probabilidade para os resíduos padronizados de cada rede neural artificial.

Para as quatro redes neurais selecionadas, observa-se uma distribuição simétrica com a maior concentração de valores na região central e poucos valores nas extremidades, estando muito próxima da curva normal (Figura 1). Na Figura 2, nota-se que a maior parte dos pontos coordenados formados pelos valores dos quantis teóricos e dos resíduos aproximaram-se da linha de referência ou bissetriz e afastaram-se alguns pontos somente nos extremos. Na própria Figura constata-se, ainda, que todos os pontos permaneceram entre os limites de confiança para 95%. Essas características indicam que os resíduos apresentaram distribuição normal, o que confere maior confiabilidade à estimativa dos valores da carga térmica de radiação pelas redes neurais artificiais desenvolvidas.

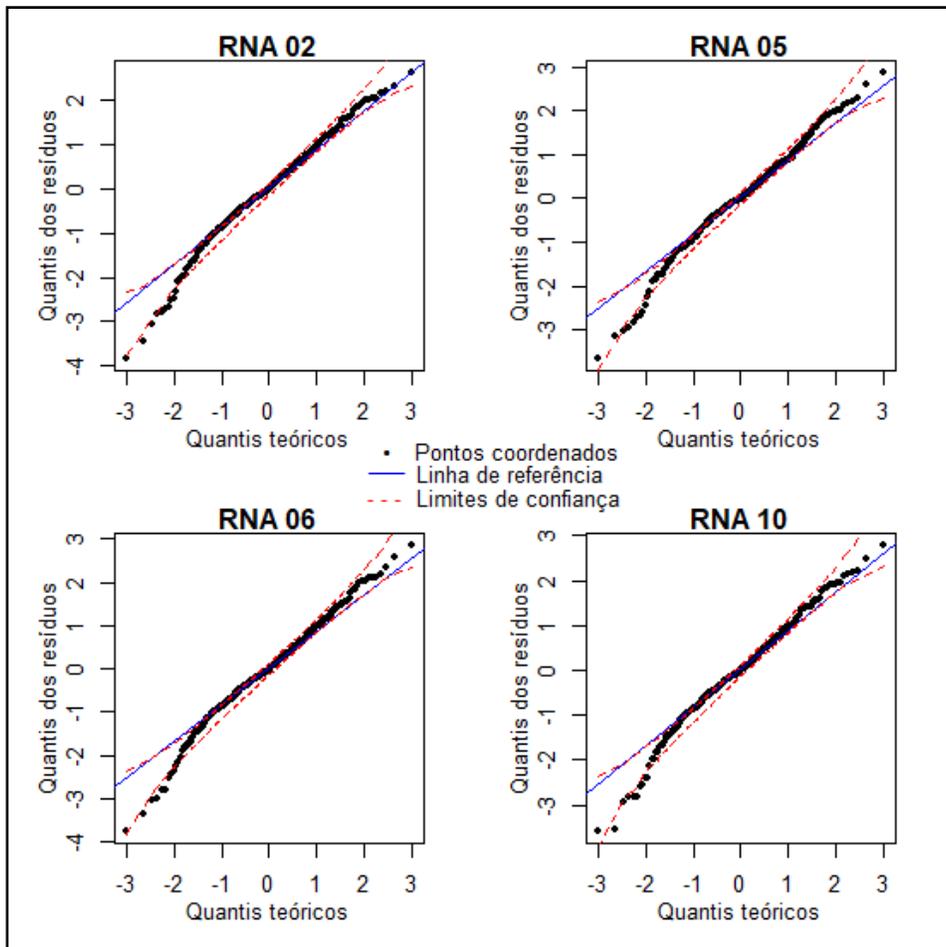


Figura 2. Gráfico de probabilidade normal dos resíduos padronizados (Q-Q Normal) com as bandas do intervalo de confiança para 95%.

Após a confirmação do adequado ajuste das quatro redes neurais selecionadas por meio de análises analítica e gráfica, foi elaborado o diagrama de dispersão para representar os valores da carga térmica de radiação (CTR) observados e estimados, em função do dia juliano (Figura 3). Conforme essa Figura, os valores estimados pelas quatro redes seguiram a tendência apresentada pelos valores reais observados da referida variável de forma semelhante e não evidenciaram grandes diferenças entre elas, ficando as correspondentes curvas muito próximas.

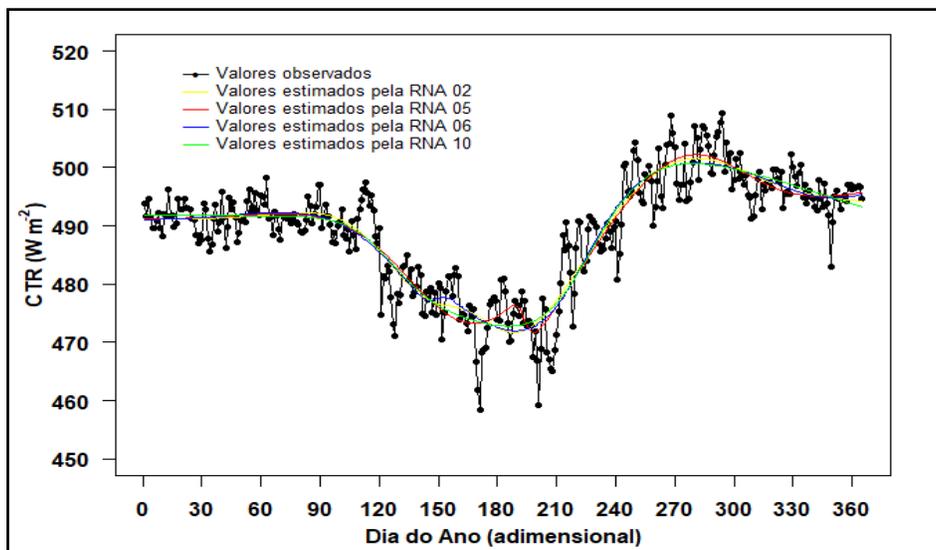


Figura 3. Diagrama de dispersão do índice de temperatura e umidade, em função do dia do ano.

De acordo com a Figura 5, deduz-se que os valores mínimos da carga térmica radiante se mantiveram muito próximos de 475 W/m^2 e foram obtidos durante o mês de julho, correspondendo aos dias 180 e 190 do calendário Juliano. Esos valores fueron inferiores a los determinados, en período semejante, por Avila et al. (2013), en torno de 550 W/m^2 . Contudo, os valores deste estudo foram superiores a $117,73 \text{ W/m}^2$, estimados por Brettas et al. (2017). Essas diferenças devem-se, provavelmente, às condições climáticas da região, o que evidencia a importância de prever a carga térmica radiante com adequada precisão, para o eficiente controle do conforto ambiental. Deve-se salientar que as redes obtidas detectaram satisfatoriamente a sazonalidade da carga térmica de radiação em ambiente coberto, aspecto relevante no manejo de animais, principalmente em confinamento.

Os resultados obtidos evidenciaram a excelente capacidade das redes neurais artificiais para estimar ou prever valores com adequada precisão, apesar da elevada variabilidade diária dos dados iniciais da temperatura ambiente e da velocidade do vento na região. Nesta pesquisa corroboram-se as afirmações formuladas por Binoti et al. (2014a); Binoti et al. (2014b); Ferraz et al. (2014); Georgens et al. (2014); Valente et al. (2014); Borges et al. (2017, 2018). Esses autores não recomendaram a adoção de fórmulas para definir a arquitetura e o número de neurônios dentro das camadas ocultas, entretanto, deve-se realizar uma rigorosa análise com diversas tipologias.

4 | CONCLUSÃO

Os dados meteorológicos utilizados possibilitaram definir as arquiteturas de redes neurais artificiais satisfatórias para o objetivo desta pesquisa. As redes do tipo perceptron formadas por tipologias de duas camadas ocultas foram apropriadas na predição do conforto térmico animal, em função do dia juliano. As redes neurais desenvolvidas apresentaram adequada confiabilidade e precisão nas predições, o que justifica a sua aplicação para o planejamento, gestão e manejo de animais, principalmente em confinamento.

REFERÊNCIAS

ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N.; FRANCISCON, L.; COLDEBELLA, A.; AMARAL, A. G. Estimativa da temperatura de globo negro a partir da temperatura de bulbo seco. *Revista Engenharia na Agricultura*, v.19, n.6, p.557-563. 2011.

AVILA, A. S.; JÁCOME, I. M. T. D.; FACCENDA, A.; PANAZZOLO, D. M.; MÜLLER, E. R. Avaliação e correlação de parâmetros fisiológicos e índices bioclimáticos de vacas holandes em diferentes estações. *Revista REGET, Santa Maria*, v. 14, n. 14, p. 2878-2884, 2013.

BINOTI, M. L. M. S.; BINOTI, D. H. B.; LEITE, H. G.; GARCIA, S. L. R.; FERREIRA, M. Z.; RODE, R.; SILVA, A. A. L. Redes neurais artificiais para estimação do volume de árvores. *Revista Árvore, Viçosa*, v. 38, n. 2, p. 283-288, 2014a.

BINOTI, M. L. M. S.; BINOTI, D. H. B.; LEITE, H. G.; GARCIA, S. L. R.; SILVA, A. A. L.; PONTES, C. Utilização de redes neurais artificiais para a projeção da distribuição diamétrica de povoamento equiâneos. *Revista Árvore, Viçosa*, v. 38, n. 4, p. 747-754. 2014b.

BORGES, P.H.M.; MENDOZA, Z.M.S.H.; MAIA, J.C.S.; BIANCHINI, A.; FERNÂNDES, H.C. Estimation of fuel consumption in agricultural mechanized operations using artificial neural networks. *Revista Engenharia Agrícola*, v. 37, n.1, p.136-147. 2017.

BORGES, P.H.M.; MENDOZA, Z.M.S.H.; MORAIS, P.H.M.; SANTOS, R.L. Artificial neural networks for predicting animal thermal comfort. *Revista Engenharia Agrícola*, v.38, n.6, p.844-856. 2018.

BRETTAS, P. K. M.; NASCIMENTO, M. R. B. M.; GUIMARÃES, E. C.; SOUZA, G. P. Melhor índice de estresse térmico para novilhas leiteiras mestiças. *Acta Scientiae Veterinariae, Porto Alegre*, v. 45, n. 1486, p. 1-8, 2017.

COUTINHO, G.S.; MAGALHÃES, P.C.M.; FORMIGONI, A.S.; VALLE, G.R.; MOREIRA, A.H. Conforto térmico e manejo de suínos na maternidade levando em consideração o bem-estar animal. *Revista Eletrônica Nutritime*. v.11, n.1, p.3109-3119. 2014.

ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. West Port: AVI, 1982. 325p.

FERRAZ, P. F. P.; YANAGI JUNIOR, T; JULIO, Y. F. H.; CASTRO, J. O.; GATES, R. S.; REIS, G. M.; CAMPOS, A. T. Predicting chick body mass by artificial intelligencebased models. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v. 49, n. 7, p. 559-568, jul. 2014.

GEORGENS, E. B.; LEITE, H. G.; GLERIANI, J. M.; SOARES, C. P. B.; CEOLIN, A. Influência da arquitetura na estimativa de volume de árvores individuais por meio de redes neurais artificiais. Revista *Árvore*, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 289-295. 2014.

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa. Disponível: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>.

NAVAS, T.O.; OLIVEIRA, H.F.; CARVALHO, F.B.; STRINGHINI, J.H.; CAFÉ, M.B.; HELLMEISTER FILHO, P. Estresse por calor na produção de frangos de corte. Revista *Eletrônica Nutritime*, v.13, n.1, p.4550-4557. 2016.

NETO, O.V.; BITTAR, D.Y. Análise do conforto térmico e sua influência na produção e qualidade do leite em ambiente de domínio de cerrado. Revista *PUBVET*, v.12, n.4, p.1-6. 2018.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Disponível: <<http://www.R-project.org/>>.

SANTOS, D.S.; ARCE, A.I.C.; PIZA, L.V.; SILVA, A.C.S.; COSTA, E.J.X.; TECH, A.R.B. Redes bluetooth associadas a redes neurais artificiais para monitoramento de suínos. Revista *Archivos de Zootecnia*, v.65, n.252, p.557-563. 2016.

VALENTE, G. F. S.; GUIMARÃES, D. C.; GASPARDI, A. L. A.; OLIVEIRA, L. A. Aplicação de redes neurais artificiais como teste de detecção de fraude de leite por adição de soro de queijo. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, Juiz de Fora, v. 69, n. 6, p. 425-432, 2014.

SOBRE AS ORGANIZADORAS

RAISSA RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA-MATOS - Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de Pernambuco - UPE (2009), Mestre em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal do Piauí - UFPI (2012), com bolsa do CNPq. Doutora em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB (2016), com bolsa da CAPES. Atualmente é professora adjunta do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em fitotecnia, fisiologia das plantas cultivadas, propagação vegetal, manejo de culturas, nutrição mineral de plantas, adubação, atuando principalmente com fruticultura e floricultura. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0720581765268326>

LÍDIA FERREIRA MORAES - Graduada em Agronomia pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências de Chapadinha - CCC (2021). Técnica em Meio Ambiente pelo Instituto Federal do Maranhão (IFMA) - Campus Açailândia (2015). Atualmente é residente agrícola em fruticultura pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Tem experiência principalmente com fruticultura e floricultura, propagação de plantas e produção de mudas. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1998856441237863>

FABÍOLA LUZIA DE SOUSA SILVA - Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Maranhão-UFMA, diretora de Gestão de Pessoas na AgropecJr-Ej de Serviços Agropecuários e Ambientais (2021-2022). Tem atuação nas áreas de fitotecnia, nutrição mineral de plantas, propagação vegetal, substratos alternativos, atuando principalmente na fruticultura e floricultura. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4527314930415453>

ÍNDICE REMISSIVO

A

- Ácido acético 58, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 75
Ácido giberélico 19, 22, 23, 26, 32, 33, 35, 37, 156, 157, 160, 163, 166
Ácido propiônico 58, 66, 69, 70, 71
Ácidos húmicos 192, 193, 196
Ácidos orgânicos 53, 54, 56, 58, 59, 60, 61, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 74
Agave sisalana 129, 134, 137
Agricultura de precisão 144
Amostragem padrão 38
Análise de imagens 88, 90
Análises geoestatísticas 144
Aproveitamento do resíduo 129, 130, 137

B

- Bacia hidrográfica 177, 179, 180, 183, 185, 186, 187, 189, 190, 191

C

- Cabeludinha 19, 20
Calidad 1, 2, 8
Câncer 98, 99, 100, 101, 102, 103
Cartas de controle 138, 140, 141
Colheita mecanizada 138, 139, 142, 144
Conservação do solo 78, 79, 143
Cyclanthera pedata L. 52, 53

D

- Déficit hídrico 38, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 71, 75
Descarga excêntrica 105, 106, 108, 124

E

- Elaeocarpaceae 12, 17, 18
Energia 17, 90, 125, 198, 199, 200, 201, 203, 204
Estruturas de armazenamento 105

F

- Filogenia multi-locus 168

Formação de professores 98

FTIR 192, 193, 194, 195, 196

G

GA₃ 19, 20, 23, 25, 26, 35, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164

H

Híbrido 11648 129, 130, 131, 132, 134, 135, 136

I

Imagens térmicas 198

Índice de vegetação da diferença normalizada 144

InVEST 87, 177, 178, 179, 181, 183, 185, 188, 198

M

Maracujá doce 156, 157, 159

Marcadores 1, 3, 5, 7, 174, 201, 202, 203

Matéria orgânica do solo 83, 192, 193, 197

Método de amostragem aleatória 38, 48

Monitoramento 88, 89, 101, 177, 181, 188, 215

Motores elétricos 198, 199, 200, 204

O

Olerículas 52

P

Passifloraceae 36, 156, 165, 166, 168, 169

Patogenicidade 168, 170, 171, 172, 173

Prevenção 98, 99, 100, 101, 102, 103

Propriedades do solo 78, 79, 82

R

Recalcitrância 12, 15

Rizogênese 20, 28, 31

S

Sementes florestais 12

Soja 59, 65, 67, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 107, 110, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 139, 194, 196

Suco de sisal 129, 130, 132, 133, 135, 136

V

Variabilidade espacial de nutrientes 144

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA CIENTÍFICA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AGRONOMIA

3

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA CIENTÍFICA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AGRONOMIA

3