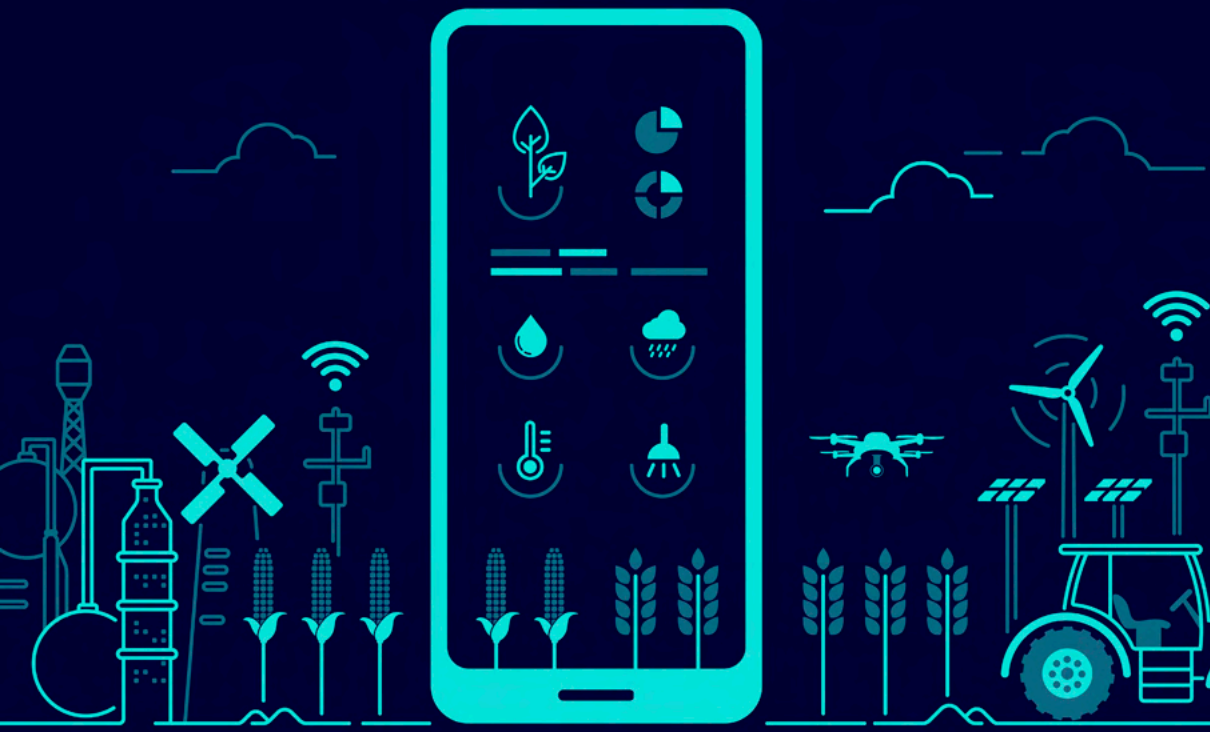
Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Luiz Alberto Melo de Sousa
Raimundo Cleidson Oliveira Evangelista
(Organizadores)

CIÊNCIAS AGRÁRIAS:

Conhecimento e difusão de tecnologias



Atena Editora
Ano 2022

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Luiz Alberto Melo de Sousa
Raimundo Cleidson Oliveira Evangelista
(Organizadores)

CIÊNCIAS AGRÁRIAS:

Conhecimento e difusão de tecnologias

Atena Editora
Ano 2022

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Camila Alves de Cremo
Daphynny Pamplona
Gabriel Motomu Teshima
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

CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Atena Editora
Ano 2022

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª 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
Profª Drª 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

CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Atena Editora
Ano 2022

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Luiz Alberto Melo de Sousa
Raimundo Cleidson Oliveira Evangelista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências agrárias: conhecimento e difusão de tecnologias / Organizadores Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos, Luiz Alberto Melo de Sousa, Raimundo Cleidson Oliveira Evangelista. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-962-9
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.629221002

1. Ciências agrárias. I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano da (Organizadora). II. Sousa, Luiz Alberto Melo de (Organizador). III. Evangelista, Raimundo Cleidson Oliveira (Organizador). 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

CIÊNCIAS AGRÁRIAS

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 campo das ciências agrárias envolve aspectos de uso da terra, pecuária e cultivo de vegetais, suas atividades, portanto, visam aumentar a produtividade, aprimorar as técnicas de manejo e conservação de recursos naturais. No atual cenário mundial as ciências agrárias tem se tornado um dos principais protagonistas na busca por reverter a crise de alimentos e o aquecimento global, apresentando sempre soluções viáveis na busca por esse propósito.

Junto a isso, a descoberta e a crescente disseminação de tecnologias vêm abrindo os olhos do mundo e mostrando cada vez mais a importância do desenvolvimento das ciências agrárias, principalmente por sua íntima relação com a produção de alimentos, o desenvolvimento sustentável e a conservação ambiental.

Nesse sentido, as diversas áreas que compõem as ciências agrárias buscam contribuir de forma significativa para o crescente desenvolvimento das cadeias produtivas agropecuárias, introduzindo o conceito de sustentabilidade nos inúmeros sistemas de produção considerando sempre os diversos níveis de mercado.

Diante do exposto, esta obra busca apresentar ao leitor o crescente desenvolvimento das pesquisas relacionadas ao campo das ciências agrárias, além de incentivar a busca por conhecimento e técnicas que visam a sustentabilidade nos sistemas de cultivo e manejo dos recursos naturais.

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Luiz Alberto Melo de Sousa
Raimundo Cleidson Oliveira Evangelista

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 ..... **1**

AGROCONHECIMENTO: METODOLOGIAS INOVADORAS EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL SOBRE AGROQUÍMICOS ALIADO AO DESENVOLVIMENTO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS ALTERNATIVOS

Hiago de Oliveira Lacerda
Letícia de Oliveira Lacerda
Luana Peixoto Borges
Raquel Helena Alves Campos

https://doi.org/10.22533/at.ed.6292210021

CAPÍTULO 2 ..... **13**

PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E ACÚMULO DE CARBONO E NITROGÊNIO EM ESPÉCIES DE PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO EM LATOSSOLO VERMELHO NO SUL DO BRASIL

Arthur Bonatto Abegg
Marciel Redin
Eduardo Lorensi de Souza
Mastrângello Enivar Lanzanova
Danni Maisa da Silva
Divanilde Guerra
Robson Evaldo Gehlen Bohrer
Ramiro Pereira Bisognin
Rodrigo Rotili Júnior

https://doi.org/10.22533/at.ed.6292210022

CAPÍTULO 3 ..... **24**

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DO FEIJOEIRO COMUM SOB INOCULAÇÃO COM *RHIZOBIUM* E ADUBAÇÃO NITROGENADA

Rodrigo Luiz Neves Barros
Leandro Barbosa de Oliveira
Carlos Pimentel

https://doi.org/10.22533/at.ed.6292210023

CAPÍTULO 4 ..... **39**

PRODUTIVIDADE DE TRIGO COM APLICAÇÃO DE PÓ DE BASALTO E INOCULAÇÃO COM *AZOSPIRILLUM BRASILENSE*

Thaniel Carlson Writzl
Eduardo Canepelle
Marciel Redin

https://doi.org/10.22533/at.ed.6292210024

CAPÍTULO 5 ..... **51**

PRODUÇÃO DE MILHO INOCULADO COM *Azospirillum brasilense* NO SUL DO BRASIL

Luiz Emilio Nunes Carpes Filho
Marlon de Castro Vasconcelos

Daniel Erison Fontanive
Julio Cesar Grazel Cezimbra
Matheus Rocha
Robson Evaldo Gehlen Bohrer
Danni Maisa da Silva
Maiara Figueiredo Ramires
Daniela Mueller de Lara
Divanilde Guerra
Eduardo Lorensi de Souza

https://doi.org/10.22533/at.ed.6292210025

CAPÍTULO 6 63

DENSIDADE VERTICAL DE RAIZ DE *Euterpe oleracea* Mart. SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO EM MONOCULTIVO E CONSÓRCIO, LESTE DA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Matheus Lima Rua
Deborah Luciany Pires Costa
Carmen Grasiela Dias Martins
João Vitor de Nóvoa Pinto
Maria de Lourdes Alcântara Velame
Stefany Porcina Peniche Lisboa
Adrielle Carvalho Monteiro
Erika de Oliveira Teixeira de Carvalho
Igor Cristian de Oliveira Vieira
Denilson Barreto da Luz
Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes
Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza

https://doi.org/10.22533/at.ed.6292210026

CAPÍTULO 7 76

MODIFICAÇÕES ESTOMÁTICAS EM EXPLANTES DE BANANEIRA CV. GALIL-7 SUBMETIDAS A DOSES DE SILÍCIO EM MEIO DE CULTURA *IN VITRO*

Ramon da Silva de Matos
Naracelis Poletto
Leandro Lunardi

https://doi.org/10.22533/at.ed.6292210027

CAPÍTULO 8 89

ESTABILIDADE TOXICOLÓGICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE MANJERICÃO SOBRE *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) EM GRÃOS DE FEIJÃO-CAUPI ARMAZENADO

Benedito Charlles Damasceno Neves
Francisco Roberto de Azevedo
João Roberto Pereira dos Santos

https://doi.org/10.22533/at.ed.6292210028

CAPÍTULO 9 ..... **99**

REACCIÓN AL CARBÓN PARCIAL (*Tilletia indica*) EN VARIEDADES Y LÍNEAS AVANZADAS DE TRIGO CRISTALINO EN EL CICLO 2018-2019

Guillermo Fuentes-Dávila
María Monserrat Torres-Cruz
Ivón Alejandra Rosas-Jáuregui
José Félix-Fuentes
Pedro Félix-Valencia

https://doi.org/10.22533/at.ed.6292210029

CAPÍTULO 10 ..... **111**

DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ESPÉCIES DE Passiflora L. COM BASE EM CARACTERÍSTICAS DAS PLÂNTULAS

Sérgio Alessandro Machado Souza
Kellen Coutinho Martins

https://doi.org/10.22533/at.ed.62922100210

CAPÍTULO 11 ..... **122**

EMERGÊNCIAS MULTIDIMENSIONAIS PARA INTERSECÇÕES ENTRE GÊNERO, SAÚDE E AGROECOLOGIA

Cristiane Coradin
Alfio Brandenburg
Sonia Fátima Schwendler

https://doi.org/10.22533/at.ed.62922100211

CAPÍTULO 12 ..... **129**

MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO DE PASTAGENS TROPICAIS

Barbara Mayewa Rodrigues Miranda
Alliny das Graças Amaral
Wendel Cruvinel de Sousa

https://doi.org/10.22533/at.ed.62922100212

CAPÍTULO 13 ..... **143**

PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DE UM CAMBISSOLO HÚMICO E DE UM NITOSSOLO BRUNO SOB CONDIÇÕES NATURAIS

David José Miquelluti
Juliana Mazzucco Boeira
Letícia Sequinatto
Jean Alberto Sampietro

https://doi.org/10.22533/at.ed.62922100213

CAPÍTULO 14 ..... **154**

ETAPAS NO PROCESSAMENTO DE IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT E GERAÇÃO DE MAPA DE LOCALIZAÇÃO ATRAVÉS DOS SOFTWARES SPRING E QGIS: ESTUDO DE CASO DO INSTITUTO FEDERAL DE RORAIMA, *CAMPUS* NOVO PARAÍSO

Carlos Henrique Lima de Matos

José Frutuoso do Vale Júnior
Ana Caroline dos Santos Nunes
Osvaldo Campelo de Mello Vasconcelos
Ana Karyne Pereira Melo

https://doi.org/10.22533/at.ed.62922100214

CAPÍTULO 15.....177

MERCADO DE FLORES FRENTE A PANDEMIA DA COVID-19

Marina Pacheco Santos
Ingred Dagmar Vieira Bezerra
Vitória Araujo de Sousa
Mayara de Sousa dos Santos
Jorge Fernando de Oliveira Rocha
Brenda Ellen Lima Rodrigues
Ramón Yuri Ferreira Pereira
Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos

https://doi.org/10.22533/at.ed.62922100215

CAPÍTULO 16.....184

QUANTIDADE, ORIGEM E DESTINO DA COMERCIALIZAÇÃO DE FRUTOS DE AÇAI (*Euterpe oleraceae* Mart.)

Layse Barreto de Almeida
Gabriela Ribeiro Lima
Antônia Benedita da Silva Bronze
Gleicilene Brasil de Almeida
Wilson Emílio Saraiva da Silva
Rafael Antônio Haber
Jaqueline Lima da Silva
Tainara Monteiro Nunes
Sinara de Nazaré Santana Brito
Harleson Sidney Almeida Monteiro
Alef Ferreira Martins
Tinayra Teyller Alves Costa

https://doi.org/10.22533/at.ed.62922100216

CAPÍTULO 17.....194

ATIVIDADE ENZIMÁTICA DE MICRORGANISMOS EM DIFERENTES TEORES DE UMIDADE DO SOLO

Késia Kerlen dos Santos Costa
Daniela Tiago da Silva Campos

https://doi.org/10.22533/at.ed.62922100217

CAPÍTULO 18.....202

ESTUDO DE PATENTES DE TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE OSTRAS EM AQUACULTURA

Ana Maria Álvares Tavares da Mata
Ricardo Manuel Nunes Salgado

https://doi.org/10.22533/at.ed.62922100218

CAPÍTULO 19 ..... **213**

AVALIAÇO DO MÉTODO DE VALIDAÇÃO TÉRMICA DA LINGUIÇA CALABRESA UTILIZANDO MICRORGANISMOS INDICADORES DE QUALIDADE

Suyanne Teske Pires
Fabiana Andreia Schafer de Martini Soares

https://doi.org/10.22533/at.ed.62922100219

CAPÍTULO 20 ..... **228**

A QUALIDADE DO SOLO A PARTIR DO MANEJO AGROECOLÓGICO: ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICAS

Esther Mariana Flaeschen de Almeida Nunes
Alessandra Paiva Ribeiro

https://doi.org/10.22533/at.ed.62922100220

CAPÍTULO 21 ..... **233**

PROPOSTA DE SOLUÇÕES PARA SANEAMENTO BÁSICO EM COMUNIDADES RURAIS E TRADICIONAIS DE GOIÁS – GO, O CASE SANRURAL

Mariane Rodrigues da Vitória

https://doi.org/10.22533/at.ed.62922100221

SOBRE OS ORGANIZADORES **255**

ÍNDICE REMISSÍVO **256**

CAPÍTULO 1

AGROCONHECIMENTO: METODOLOGIAS INOVADORAS EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL SOBRE AGROQUÍMICOS ALIADO AO DESENVOLVIMENTO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS ALTERNATIVOS

Data de aceite: 01/02/2022
Data de submissão: 29/12/2021

Hiago de Oliveira Lacerda
Pesquisador do Grupo de Iniciação Científica da Escola Estadual Newton Ferreira de Paiva
Santo Antônio do Amparo – Minas Gerais
http://lattes.cnpq.br/8575900223129043

Letícia de Oliveira Lacerda
Pesquisadora do Grupo de Iniciação Científica da Escola Estadual Newton Ferreira de Paiva
Santo Antônio do Amparo – Minas Gerais
http://lattes.cnpq.br/8076195839048787

Luana Peixoto Borges
Pesquisadora do Grupo de Iniciação Científica da Escola Estadual Newton Ferreira de Paiva
Santo Antônio do Amparo – Minas Gerais
http://lattes.cnpq.br/2249306341450636

Raquel Helena Alves Campos
Professora de Química, orientadora do trabalho e coordenadora do Grupo de Iniciação Científica da Escola Estadual Newton Ferreira de Paiva
Santo Antônio do Amparo – Minas Gerais
http://lattes.cnpq.br/8036606687522685

RESUMO: A educação ambiental é de extrema importância para o desenvolvimento social e segurança global, principalmente em relação aos agrotóxicos, que são produtos químicos fortemente utilizados no setor de produção agrícola e, que apesar de úteis para o combate às pragas, podem causar graves danos à saúde e ao meio ambiente quando mal administrados ou consumidos em excesso. Apesar de relevantes, o tema e a prática ambiental ainda não são amplamente discutidos da forma adequada, principalmente no ensino básico, o que leva a carência no desenvolvimento de novos produtos agrícolas. Então buscando disseminar o relevante tema dos agroquímicos de uma forma clara, ampla e inovadora e oferecer alternativas aos defensivos agrícolas convencionais, foi desenvolvido o projeto intitulado AGROCONHECIMENTO que une a criação de ferramentas de comunicação e interação: um quiz de alta qualidade que visa a democratização da informação, tanto em relação à idade dos jogadores quanto as condições de acesso à internet e um podcast com grande quantidade de dados transmitidos em uma linguagem de fácil entendimento; e o desenvolvimento de biofertilizantes líquidos fáceis de se serem feitos e com ótimo custo-benefício, criados a partir da folha da mamona (*Ricinus communis*), da borra de café e casca de ovos; produtos que podem facilitar a aplicação e diminuir a contaminação alimentar e ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Agrotóxicos; Educação ambiental; Quiz; Podcast; Biofertilizantes.

AGROKNOWLEDGE: INNOVATIVE METHODOLOGIES IN ENVIRONMENTAL EDUCATION ON AGROCHEMISTRY ALLIED TO THE DEVELOPMENT OF ALTERNATIVE AGRICULTURAL PESTS

ABSTRACT: Environmental education is extremely important for social development and global security, especially in relation to

pesticides, which are chemical products heavily used in the agricultural production sector and, despite being useful for combating pests, can cause serious damage to health and to the environment when mismanaged or consumed in excess. Despite being relevant, the theme and environmental practice are still not widely discussed in an adequate way, mainly in basic education, which leads to a lack of development of new agricultural products. So, seeking to disseminate the relevant topic of agrochemicals in a clear, broad and innovative way and to offer alternatives to conventional agricultural pesticides, the project entitled AGROKNOWLEDGE was developed, which combines the creation of communication and interaction tools: a high-quality quiz aimed at democratization information, both regarding the age of the players and the conditions for accessing the internet and a podcast with a large amount of data transmitted in an easy-to-understand language; and the development of easy to make and cost-effective liquid biofertilizers, created from castor bean (*Ricinus communis*), coffee grounds and eggshells; products that can facilitate application and reduce food and environmental contamination.
KEYWORDS: Pesticides; Environmental education; Quiz; Podcast; Biofertilizers.

1 I INTRODUÇÃO

Os agrotóxicos são produtos químicos largamente utilizados no setor de produção agrícola, garantindo a produtividade das lavouras, evitando doenças e possíveis pragas. São também conhecidos como pesticidas ou defensivos agrícolas e apesar de terem propriedades úteis no combate às doenças em plantas, os agrotóxicos, aplicados de forma errada e consumidos em excesso, podem causar malefícios como disfunções cerebrais (FERREIRA, 2019) além de problemas ambientais como contaminação dos recursos hídricos.

Hoje, o Brasil é o maior produtor e exportador de alimentos do mundo e o campeão mundial no uso de pesticidas na agricultura, alternando sua posição dependendo da ocasião apenas com os Estados Unidos. O feijão, a base da alimentação brasileira, tem um nível permitido de resíduos de Malationa (inseticida) que é quase 400 vezes maior do que aquele permitido pela União Europeia (FERREIRA, 2019). Apesar de estarem tão presente na vida e espaço dos consumidores, as vantagens e desvantagens dos defensivos agrícolas ainda são pouco conhecidas e debatidas em âmbito social.

Pensando em mudar essa realidade e minimizar os problemas causados pelos agrotóxicos, na importância da educação ambiental e no avanço do conhecimento, foi desenvolvido ferramentas digitais com o intuito de popularizar informações seguras, claras e de fontes confiáveis: um jogo de perguntas e respostas, AgroQuiz, e um podcast, AgroConhecimentoCast, de 4 episódios em sua primeira temporada, estes que contam com uma grande quantidade de dados, curiosidades, dinamismo e inovação, uma vez que a abordagem dessa temática é rara nos meios digitais. Além disso, foram criados dois fertilizantes de origem natural a partir de borra de café e cascas de ovos e da folha da Mamona (Ricinus communis) que são ricas em nutrientes e menos invasivas a saúde e

ao meio ambiente. Sendo assim, o projeto AGROCONHECIMENTO, une a importância da comunicação, educação ambiental e divulgação científica com o desenvolvimento de novos produtos.

2 I METODOLOGIA

2.1 Desenvolvimento do AgroQuiz para compor a parte interativa do AGROCONHECIMENTO TEC

A falta de materiais didáticos para o tema dos agrotóxicos e educação ambiental, aonde os assuntos disponíveis apresentam uma linguagem técnica e de difícil compreensão pelos alunos e pela sociedade, gera a pouca popularização, o que traz grandes consequências para as nossas vidas e a sociedade em geral. Pensando em facilitar o entendimento e deixar a aprendizagem mais ilustrativa, desenvolveu-se um quiz, utilizando a plataforma Power Point que, além de acessível, permite com que o jogo possa ser executado sem internet, uma vez que baixado.

Materiais utilizando para a criação do AgroQuiz

- Um notebook/computador com a plataforma PowerPoint;
- Matérias, resumos e artigos científicos;
- Aplicativos de *design*.

Métodos

Para se criar o quiz, a equipe do AGROCONHECIMENTO reuniu-se com a orientadora do projeto, em sua casa, respeitando-se todas as medidas de segurança em relação ao combate à COVID-19, para decidir qual a melhor maneira para criar o jogo. Após muitas pesquisas, foi decidido que a plataforma utilizada seria o PowerPoint. Uma vez que a ferramenta *hiperlink*, associada a uma ordem de slides bem apresentados e feitos com aplicativos de *design*, permitiriam a elaboração do game. Em seguida, ficou decidido que o estilo do quiz seria um jogo de perguntas e respostas. Então, foram criados e utilizados elementos do aplicativo *Canva*, que ajudariam na ilustração e *design* do quis e avatares ilustrando os desenvolvedores do projeto:

Figura 1 – Elementos criados nos aplicativos *Canva* e *Avattor* para produção do quiz

Fonte: Autoria própria

Após a criação dos elementos e dos avatares, a montagem dos slides foi iniciada no PowerPoint, onde os *designs* já criados foram colocados na ordem para dar a sequência correta ao jogo. A tela inicial conta com quatro teclas diferentes, estas que serão as portas de entrada para o quiz.

Para a elaboração do botão **ESTUDAR**, uma grande quantidade de matérias e artigos científicos foram repassados de forma resumida e com uma linguagem de simples compreensão. A tecla **ESTUDAR**, representada por uma pilha de livros, possui a função de levar o participante a um espaço onde ele terá a opção de escolher sobre qual temática quer estudar, antes de responder às perguntas. Foram definidas seis temáticas diferentes: História dos agrotóxicos, Diminuir Impactos: Biofertilizantes e EPIs, Tipos de defensivos agrícolas, Brasil: País dos agroquímicos, Vantagens e Desvantagens dos defensivos agrícolas, Química dos agrotóxicos. Durante o desenvolvimento do botão **JOGAR**, foram desenvolvidos quatro níveis de dificuldades onde as questões seriam uma conferência dos assuntos estudados anteriormente na tecla **ESTUDAR.**

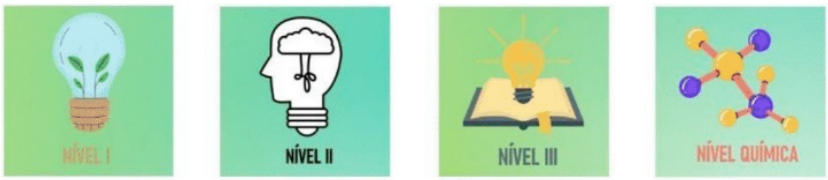


Figura 2 – Níveis de dificuldade do AgroQuiz

Fonte: Autoria própria

Ficou decidido que cada um dos Níveis teria dez questões e três ou quatro opções, aonde uma estará correta. Ao clicar na questão errada o avatar responsável pelo nível irá revelar se a resposta está correta ou não, além de apresentar as opções de responder novamente ou escolher um outro nível.

Após todo conteúdo educacional criado, partes explicativas, perguntas e respostas, desenvolveu-se a tecla **COMO JOGAR,** para reforçar as instruções do quiz, proporcionando uma melhor experiência para o jogador.

Essa tecla explica, de forma clara e direta, como movimentar os slides, escolher os níveis, bem como qual conteúdo estudar. Também foi disponibilizado um e-mail de contato para reportar qualquer erro ou dúvida que possa aparecer durante a interação com o quiz.

Em seguida foi desenvolvida a tecla **SOBRE** que tem como função apresentar como surgiu a ideia do projeto, objetivos e os desenvolvedores do quiz, afim de aproximar o jogador do intuito dos autores pesquisadores.

Por fim, as referências bibliográficas e de *design* foram acrescentadas ao jogo, deixando claro que todas as informações vieram de fontes confiáveis e todas as imagens e elementos foram retirados de aplicativos e sites como o Canva, Avatoon e Pixabay, que **permitem a edição, compartilhamento e demais usos** sem a necessidade de direitos autorais.

Figura 3 – Tela inicial do AGROCONHECIMENTO QUIZ após a elaboração do jogo

Fonte: Autoria Própria

2.2 Desenvolvimento do AgroConhecimentoCast para compor a parte comunicativa do AGROCONHECIMENTO TEC

A educação ambiental é de extrema importância para a sociedade contudo, a maneira que essas informações são passadas interferem no interessa da sociedade e pode dificultar o entendimento, devido à quantidade exagerada determos técnicos. Em destaque estão os jovens que buscam maneiras mais rápidas de ganhar conhecimento, e pelos fatores citados acabam ignorando os acontecimentos ambientais a nossa volta. Pensando

em alcançar não apenas esses jovens, mas o maior número de pessoas, foi criado um podcast com linguagem simples e de fácil de compreensão sobre o tema Agrotóxicos.

Materiais e Métodos

- Um computador com acesso a informações;
- Um celular com o aplicativo *Ancher*;
- Acesso à internet.

Para criar o podcast, a equipe do AGROCONHECIMENTO se reuniu na casa da orientadora do projeto, respeitando-se todas as normas de combate à COVID-19, para decidir quais abordagens seriam tomadas para elaborar o programa de voz. Após algumas pesquisas, foi decidido que o aplicativo utilizado seria o *Anchor*, pois ele permite a gravação de áudio e edição de música/voz, além de publicar os programas em demais meios de comunicação como o Spotify. Em seguida, o *design* do podcast foi elaborado, onde foi decidido que o nome seria AgroCast e a logo foi criada:

Figura 4 – Logo do AgroCast

Fonte: Autoria própria

A logo foi criada, assim como os elementos do quiz, pelo aplicativo Canva. Possui o fundo verde, representando o meio ambiente, e estampa o nome do projeto, juntamente com um microfone, representando a comunicação e a parte de um cérebro, para representar o conhecimento.

Em seguida, foi decidido que o AgroCast teria 4 episódios divididos da seguinte forma:

- **Episódio 1:** No episódio 1, que foi comandado pelo autor Hiago Lacerda, o projeto foi apresentado de forma resumida, bem como o objetivo e os demais integrantes do mesmo e foram tratados a história, definição e classificação dos agrotóxicos.
- **Episódio 2**: O segundo episódio do AgroCast foi apresentado pela autora Letí-

cia Lacerda, que fez uma breve introdução, retomando o tema e instigando os ouvintes e falou sobre as vantagens e desvantagens dos defensivos agrícolas.

- **Episódio 3:** O terceiro episódio do AgroCast, também foi gravado na residência da orientadora do projeto dentro das normas de combate à COVID-19, onde a apresentadora foi a pesquisadora Luana que explicou a como os agroquímicos estão presentes no Brasil e deu dicas de como diminuir o impacto desses produtos por meio da criação de hortas caseiras e aplicação de adubos e biofertilizantes.
- **Episódio 4 (Especial):** O episódio 4 do AgroCast, também chamado de episódio especial, foi apresentado por todos os autores do projeto, e contou com a presença e participação da orientadora Raquel Helena Alves Campos. Nesse episódio foi falado dos bastidores do projeto e da importância da iniciação científica para sociedade.

2.3 Criação e desenvolvimento de biofertilizantes para compor o AgroConhecimento

- **Biofertilizante de borra de café e cascas de ovos**

Materiais

- 100 gramas de borra de café (cerca de 3 colheres de sopa),
- 2 litros de água,
- 2 colheres de sopa de casca de ovos moídas,
- 1 garrafa PET 2,5L,
- 1 funil,
- 1 espátula ou 1 colher grande,
- 1 recipiente plástico de 5L ou 1 balde de 5L.

Modo de preparo

Foram colocados em um recipiente plástico de 5L, 2 (dois) litros de água, 100g de borra do café e 2 (colheres) de casca de ovos moídas. Em seguida agitou-se o recipiente com uma espátula e esperou-se macerar por 24h.

Após o período de maceração, utilizando-se um funil, transferiu-se o Biofertilizante para uma garrafa PET de 2,5L

Após esse processo, o Biofertizante de Borra de café e Cascas de ovos está pronto para uso.

A aplicação deve ser realizada de 15 em 15 dias ou de 10 em 10, caso as plantas apresentem mais necessidades.

Figura 5 - Produção do Biofertilizante de borra de café e cascas de ovos

Fonte: Autoria Própria

- **Biofertilizante de Folha de Mamona**

Materiais

- 4 folhas de Mamona,
- 1L de água,
- 1 garrafa PET 2L,
- 1 recipiente plástico de 2L ou 1 balde de 2L,
- 1 pedaço de madeira,
- 1 funil.

Modo de preparo

Extraíram-se os talos das 4 (quatro) folhas de mamona, pois os mesmos não têm interesse, pois são nas folhas que se concentram os princípios ativos desta planta.

Rasgaram-se e colocaram-se as folhas de mamona num recipiente junto com 1 (um) litro água e, com a ajuda de um pedaço de madeira, pressionaram-se bem as folhas, tendo como finalidade a extração do máximo de princípios ativos.

Depois de bem pressionadas, as folhas permaneceram 12h fora do alcance da luz para macerar.

Depois de decorrido o tempo indicado, coou-se o biofertizante e transferiu-o para uma garrafa.

O Biofertizante de Mamona ficou pronto para uso.

Para a aplicação, colocou-se em um borrifador na razão de 10mL de biofertizante para 90mL de água.

Figura 6 - : Biofertilizante de Mamona pronto para uso

Fonte: Autoria Própria

3 | RESULTADOS

3.1 Resultados do desenvolvimento do AgroQuiz

Após o desenvolvimento de todas as etapas do quiz, as mudanças de slides foram dadas pela ferramenta *hiperlink*, que possibilita que, ao clicar em determinado espaço na tela, o slide mude de acordo com o comando da figura selecionada.

Teste 1: Após a conclusão da produção do quiz, o mesmo foi testado nos principais equipamentos eletrônicos. No celular, o jogo apresentou algumas falhas, uma vez que a mudança de slides ficou mais difícil graças ao *touth* da tela, o que ativou uma pequena aba de edição.

Teste 2: Após os testes no celular, o quiz foi testado em computadores. Verificou-se uma melhor aceitação nesses aparelhos, uma vez que estes conseguem reproduzir sem empecilhos a mudança de slides e visualização.

Sendo assim, concluiu-se que o jogo de perguntas e respostas, denominado AgroQuiz, apresentou um excelente resultado não apenas em seu conteúdo científico, informativo e ambiental, mas também em sua aplicação na plataforma PowerPoint. Verificou-se que a jogabilidade apresenta uma qualidade melhor em computadores ou computadores móveis, não impedindo que seja jogado pelo celular ou outros aparelhos eletrônicos semelhantes.

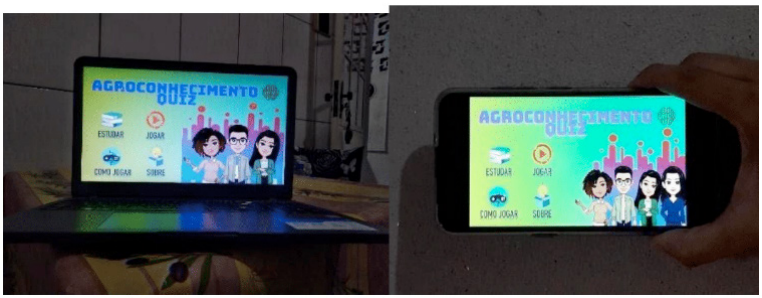


Figura 7 – Reprodução do AgroQuiz no computador móvel/notebook

Fonte: Autoria própria

3.2 Resultado do desenvolvimento do AgroCast:

Após a conclusão das gravações, respeitando todas as medidas de segurança impostas pelos órgãos públicos de saúde, além dos direitos autorais dos aplicativos usados, o podcast AgroCast foi publicado em diferentes e principais aplicativos de áudios no Brasil, como o *Google Podcasts* e o *Spotif*, estes que por sua vez possuem um acordo de distribuição com o aplicativo *Anchor*.

Concluiu-se que o podcast, nomeado AgroCast, possui uma grande quantidade de informações, dinamismo e praticidade ao ser baixado e ouvido, sendo este um programa que visa suprir a escassez de informações sobre o relevante tema dos defensivos agrícolas.

3.3 Resultados do desenvolvimento dos biofertilizantes para compor o AgroConhecimento

- **Biofertilizante de borra de café e cascas de ovos**

Teste 1

A princípio usou-se um filtro de papel para separar a parte sólida (borra de café e cascas de ovos moídas) da parte líquida da substância (água), porém o pó de café impedia o escoamento da água.

Teste 2

No segundo teste agitou-se a substância sem o processo de filtração e em seguida aplicou-a nas plantas. O problema é que o resultado obtido não foi o esperado, pois as plantas não apresentaram mudanças significativas.

Teste 3

Por fim, deixou-se a água junto com os demais ingredientes macerar por aproximadamente 24 horas em local fechado. Depois desse tempo agitou-se a substância e aplicou-a nas plantas. Obteve-se sucesso, as culturas se mostraram mais saudáveis e o número de insetos e pragas diminuiu.

Depois da aplicação, as plantas se apresentaram mais firmes e mais vistosas, o desenvolvimento mostrou muito efetivo com a aplicação do Biofertilizante de borra de café e cascas de ovos.

- **Biofertilizante de Folha de Mamona**

Teste 1

Após preparar a substância, a mesma foi aplicada nas folhas das plantas com o auxílio de um borrifador. Porém as culturas não mostraram mudanças consideráveis.

Teste 2

Visto que o biofertilizante não atingiu o resultado esperado, deixou-se a mistura macerar por aproximadamente 12 horas. Depois desse tempo agitou-se a substância e aplicou-se nas folhas das plantas. O resultado foi o esperado, as pragas e predadores sumiram e as plantas se mostram mais vistosas.

Figura 8: Aplicação do teste 2

Depois da aplicação, as plantas se apresentaram mais firmes e mais vistosas (mais verdinhas). Na última percebe-se inclusive o nascimento e desenvolvimento de um brotinho.

4 I CONCLUSÃO

Desde o surgimento da Medicina e da Agricultura, a saúde e o meio ambiente são os dois principais pilares da sociedade. Os agrotóxicos, por sua vez, interferem diretamente nessas áreas, e, apesar disso, não são conhecidos pelo grande público sendo muito mal interpretados pelo mesmo. Isso acarreta diversos problemas ambientais, como a perda de nutrientes do solo, de saúde como o consumo excessivo de produtos tóxicos e até mesmo sociais, uma vez que o trabalho de cientistas e pesquisadores são desvalorizados pela falta de informação.

Sendo assim, o AGROCONHECIEMNTO TEC traz metodologias inovadoras e pioneiras para a educação ambiental e científica em relação aos principais produtos químicos presentes em nossas vidas, além de pesquisar e desenvolver novos defensivos agrícolas menos invasivos à saúde e ao meio ambiente. O AgroQuiz que visa à aprendizagem divertida, apresenta ótimos resultados em sua jogabilidade e abordagem, incentivando a leitura e os estudos teórico, histórico e químico. O AgroCast aborda a divulgação científica em uma linguagem simples o que, ligado a uma grande distribuição e alcance, aumenta a democratização ao acesso à informação, mostrando uma construção sólida e objetiva em sua originalidade. Já as pesquisas realizadas no desenvolvimento dos biofertilizantes do projeto mostraram-se viáveis e com ótimos resultados nas plantas onde foram aplicadas, podendo assim ser utilizados como uma forma de incentivar a criação de hortas em casa para diminuir a ingestão de produtos químicos e aproximar as pessoas do consumo orgânico e, consequentemente, de uma vida mais consciente e saudável.

Concluiu-se, com ótimos resultados, que essas ferramentas e produtos trazem o avanço e a valorização do conhecimento ambiental, social e científico em nossa sociedade.

REFERÊNCIAS

ATKINS, P. W.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente.** 5. ed., Porto Alegre: Ed. Bookman, 2012.

DAMASCENO, R. J. A. **A Resistência do Professor diante das Novas Tecnologias.** Disponível em: <https://meuartigo.brasilescola.uol.com.br/educacao/a-resistencia-professor-diante-das-novas-tecnologias.htm> Acesso em: 29 Jun. 2021.

FERREIRA, I. **Lançado na Europa mapa do envenenamento de alimentos no Brasil.** Jornal da USP Ciências Ambientais, 01/07/2019. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-ambientais/lancado-na-europa-mapa-doenvenenamento-de-alimentos-no-brasil/> Acesso em: 12 jan. 2021.

MELDAU, D. C. **A história dos agrotóxicos.** Disponível em: <https://agroquimica3a.blogspot.com/2017/05/agrotoxico-e-sua-historia-.html> Acesso em: 12 jan. 2021.

MORATORI, P. B. **Por Que Utilizar Jogos Educativos no Processo de Ensino Aprendizagem?** UFRJ: Rio de Janeiro, 2003.

CAPÍTULO 2

PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E ACÚMULO DE CARBONO E NITROGÊNIO EM ESPÉCIES DE PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO EM LATOSSOLO VERMELHO NO SUL DO BRASIL

Data de aceite: 01/02/2022
Data de submissão: 23/11/2021

Arthur Bonatto Abegg
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS
Três Passos – RS
http://lattes.cnpq.br/0100244612736219

Marciel Redin
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS
Três Passos – RS
http://lattes.cnpq.br/7912908707815307

Eduardo Lorensi de Souza
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS
Três Passos – RS
http://lattes.cnpq.br/2959552862063583

Mastrângello Enivar Lanzanova
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS
Três Passos – RS
http://lattes.cnpq.br/9256571296288965

Danni Maisa da Silva
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS
Três Passos – RS
http://lattes.cnpq.br/2971607375965625

Divanilde Guerra
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS
Três Passos – RS
http://lattes.cnpq.br/9759850350175482

Robson Evaldo Gehlen Bohrer
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS
Três Passos – RS
http://lattes.cnpq.br/3842686753056199

Ramiro Pereira Bisognin
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS
Três Passos – RS
http://lattes.cnpq.br/4350438232851273

Rodrigo Rotili Júnior
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS
Três Passos – RS
http://lattes.cnpq.br/1447686658922754

RESUMO: O uso de plantas de cobertura de solo é fundamental para a manutenção e sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola, no entanto, pouco trabalhos avaliam a produção de matéria seca em regiões de Latossolo do RS. Assim, o objetivo foi avaliar produção de matéria seca e acúmulo de carbono e nitrogênio nos resíduos culturais de espécies de plantas de cobertura de solo. As espécies de primavera/verão utilizadas foram: Sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor),* Crotalária juncea (*Crotalaria juncea*), crotalária espectabilis (*Crotalaria spectabilis*), feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) e mucuna cinza (*Stizolobium niveum).* No pleno florescimento das espécies foi determinada a produção de matéria seca da parte aérea das plantas. Posteriormente, foi estimada a produção de raízes e acúmulo de carbono e

nitrogênio nos resíduos culturais. A produção de matéria seca variou de 488 a 16493 kg/ha para raízes de feijão de porco e parte aérea da crotalária juncea, respectivamente. O acúmulo total de carbono (parte aérea e raízes) variou de 2940 (mucuna cinza) a 9102 kg/ha (sorgo forrageiro) e nitrogênio de 189 a 321 kg/ha para as mesmas espécies, respectivamente. A crotalária juncea e sorgo forrageiro apresentaram as maiores produções de matéria seca da parte aérea (média de 16020 kg/ha) e o sorgo forrageiro de raízes (3533 kg/ha). A parte aérea das plantas de cobertura de solo estudadas acumularam maior quantidade de carbono (8,1 vezes) e nitrogênio (14,7 vezes), comparado às raízes. O sorgo forrageiro acumula maior quantidade de carbono e nitrogênio nos seus resíduos culturais, sendo uma importante opção de cultivo para proteção do solo e ciclagem desses nutrientes.
PALAVRAS-CHAVE: Proteção do solo, biomassa, acúmulo de nutrientes.

PRODUCTION OF DRY MATTER AND CARBON AND NITROGEN ACCUMULATION OF COVER CROPS SPECIES IN A RED OXISOL IN SOUTHERN BRAZIL

ABSTRACT: The use of soil cover crops is fundamental for the maintenance and sustainability of agricultural production systems, however, little study evaluates the production of dray matter in regions of Oxissol of RS. Thus, the aim was to evaluate dry matter production and accumulation of carbon and nitrogen in the cultural residues of species of cover crops. The spring/summer species used were: forage sorghum (*Sorghum bicolor*), sunn hemp (*Crotalaria juncea*), showy rattlebox (*Crotalaria spectabilis*), jack beans (*Canavalia ensiformis*) and gray mucuna (*Stizolobium niveum*). In the full flowering of the species, the dry matter production of the shoot plants was determined. Subsequently, the production of roots and the accumulation of carbon and nitrogen in cultural residues were estimated. The dry matter production ranged from 488 to 16493 kg/ha for jack bean roots and shoot of the Sunn hemp, respectively. The total accumulation of carbon (shoot and roots) ranged from 2940 (gray mucuna) to 9102 kg/ha (forage sorghum) and nitrogen from 189 to 321 kg/ha for the same species, respectively. Sunn hemp and forage sorghum show the highest yields of dry matter in the shoot (meam of 16020 kg/ha) and forage sorghum of roots (3533 kg/ha). The shoot of the studied cover crops accumulate a greater amount of carbon (8.1 times) and nitrogen (14.7 times), compared to the roots. Forage sorghum accumulates a greater amount of carbon and nitrogen in its culturais residues, being an important cultivation option for soil protection and cycling of these nutrients.
KEYWORDS: Soil protection, biomass, nutrient accumulation.

1 I INTRODUÇÃO

No sistema de plantio direto (SPD) a utilização de plantas de cobertura de solo é vital em planejamentos de sucessão e rotação de culturas. Para isso é importante a utilização de plantas que apresentem boa quantidade e qualidade de resíduos, interferindo, por exemplo, na persistência deste resíduo no solo e ciclagem de nutrientes (TORRES et al., 2008). Com a prática do SPD, a utilização de revolvimento do solo se tornou inviável, tornando assim necessário a manutenção da cobertura do solo através de resíduos de plantas. Os resíduos culturais, além da proteção física, promovem a melhoria da química

do solo e diminui a incidência de plantas daninhas (OTONNI et al., 2016). Ainda, atua na ciclagem de nutrientes, além de estímulo a atividade biológica do solo e a interação do mesmo com a atividade da sua fauna edáfica (REIS et al., 2012), alta capacidade de produção de biomassa para manter o solo protegido quando as plantas estão vivas ou mortas (resíduos culturais – matéria seca) (PORTO, 2017), incluindo a diminuição da amplitude térmica (COELHO et al., 2013) e melhoria na qualidade física e química do solo, seja pelos resíduos da parte aérea ou raízes no solo (SOUZA et al., 2014).

As plantas de cobertura proporcionam aumento no teor de matéria orgânica, além de atributos que fortalecem a camada superior do solo prevenindo-o de erosão superficial e a perda do mesmo (ROSSETTI et al., 2012). Entretanto, os efeitos positivos ou negativos dependem não só do tipo ou da espécie da planta, mas também do manejo adotado na biomassa, época de cultivo de entressafra ou safra da planta de cobertura, época de corte, o tempo da permanência da espécie vegetal sobre o solo, e as condições e intempéries climáticas da região do cultivo, tudo dependente das interações ocorridas entre estes fatores (SILVA, 2018). Sendo assim, a velocidade do desenvolvimento e da cobertura do solo tem influência sobre a erosão, pois, no início do seu ciclo as plantas têm pouca massa vegetal cobrindo pouco do solo, tendo um maior índice de erosão, já com as plantas no auge do seu desenvolvimento o índice de erosão é menor, pois o solo está mais coberto e seguro pela massa vegetal (BEZERRA; CANTALICE, 2006).

O fator que contribui para o avanço e utilização do SPD tem relação com as espécies de plantas utilizadas, incluindo as plantas de cobertura de solo, que afetarão a quantidade e qualidade de biomassa para a cobertura do solo, sendo assim, é de suma importância a escolha correta das espécies, pois além de atuar na cobertura e proteção física, a planta age como barreira contra intempéries climáticas (VENDRUSCULO et al., 2017). Além disto, outros benefícios que as plantas de cobertura podem trazer ao solo é o aumento da capacidade de troca de cátions do solo, aumento na disponibilidade de nutrientes, incluindo o nitrogênio pela fixação biológica em leguminosas, tornando assim o solo mais estável e produtivo (MANDARIANO, 2020).

O uso destas plantas de cobertura de solo, sobretudo das Fabaceae tem se tornado uma estratégia de produção de algumas propriedades, tendo a capacidade de aumentar a sustentabilidade da produção agrícola (ROSA, 2017), também buscando a sustentabilidade da produção e uma diminuição no gasto com fertilizantes nitrogenados. Ainda, proteção do solo e o ambiente (PEDROSA et al., 2014), que segundo Bertol et al. (2007), em condições onde as plantas de solo podem cobrir 100% da superfície do solo é possível que estas plantas possam reduzir totalmente as perdas de solo. Ainda, utilizadas como plantas de rotação e sucessão de grandes culturas em entressafras para diversificação de espécies, quebra de ciclos de pragas e doenças. No entanto, em muitas áreas e lavouras se observa deficiência de cobertura de solo, problema este que poderia ser solucionado com uso de espécies de plantas de cobertura de solo nas entressafras e em rotação de culturas

(WOLSCHICK, 2014). Outro aspecto muito importante é o potencial de adição de carbono e nitrogênio no solo pelos seus resíduos vegetais, afetando a quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo, tendo o seu valor estimado para indicar a qualidade do solo e dos sistemas de manejo (NANZER et al., 2019).

Dentre a escolha do material vegetal a ser utilizado existem vantagens de escolher determinadas espécies como representantes da família das Fabaceae, pois acumulam maior quantidade de nitrogênio, podendo estar disponível para culturas em sucessão (REDIN et al., 218), associado com a sua rápida decomposição no solo (TEIXEIRA, 2006). As espécies da família das Poaceae têm uma boa produção de resíduos com relação C/N mais alta, as quais tem uma taxa de decomposição mais lenta, proporcionando mais tempo de proteção do solo, além de adição de carbono (SILVA et al., 2012). As espécies escolhidas são fatores primários na determinação de quais plantas adicionam mais ou menos C/N no solo, em relação a participação de cada órgão da planta sendo ele caule/colmo, raiz e folhas (REDIN et al., 2018).

No entanto, poucos trabalhos avaliam a produção de matéria seca da parte aérea e raízes, e acúmulo de carbono e nitrogênio de planta de cobertura de solo em regiões de Latossolo gaúcho. Assim, o objetivo foi avaliar produção de matéria seca e acúmulo de carbono e nitrogênio nos resíduos culturais de espécies de plantas de cobertura de solo.

2 I MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local, clima e solo

O experimento foi implantado em outubro de 2019 em Campo Novo - RS em área de lavoura conduzida em sistema de plantio direto consolidado. O solo da região é caracterizado como Latossolo Vermelho (SANTOS et al., 2018). O clima na região é do tipo Cfa, subtropical úmido sem estação de seca definida, com verões quentes, conforme classificação de Köppen-Greiger (PEEL et al., 2007). Anteriormente a área vinha sendo conduzida com a cultura trigo.

2.2 Delineamento experimental, tratamentos, condução e avaliação do estudo

As espécies de plantas de cobertura de solo primavera/verão utilizadas foram: Sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor), c*rotalária juncea (*Sunn hemp*), crotalária espectabilis (*Crotalaria spectabilis*), feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) e mucuna cinza (*Stizolobium niveum).* As espécies foram implantadas em delineamento de blocos ao acaso com três repetições de cada cultura em parcelas experimentais de 3 x 5m, totalizando 15m². A semeadura foi realizada em linhas com espaçamento de 45 cm, densidade média de 7 a 10 sementes por metro linear, cerca de 10 kg/ha de sementes, dependendo da recomendação técnica da espécie. Na semeadura de todas as espécies foram usados 150 kg/ha de adubo

formulado NPK 02-20-20.

Durante o cultivo das espécies não foi realizada aplicação de defensivos agrícolas, apenas quinzenalmente realizadas capinas manuais para controle de plantas daninhas. No pleno florescimento de cada espécie foi determinada a produção de matéria seca das plantas. A determinação foi realizada através da coleta de um metro quadrado no centro de cada parcela. Incialmente, o material verde foi separado em folhas e talos/colmos que foram secos separadamente em estufa a 65ºC até atingir peso constante, posteriormente os materiais foram pesados e determinados a produção da matéria seca de plantas.

A partir dos resultados obtidos da parte aérea, foi estimada a produção de matéria seca de raízes das plantas. Com os dados da produção de matéria seca da parte aérea e raízes das plantas foi estimado o acúmulo de carbono e nitrogênio. A estimativa da produção de raízes e acúmulo de carbono e nitrogênio foi realizado com base no trabalho de Redin et al. (2018).

2.3 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e posteriormente ao teste de Tukey (5%), utilizando os procedimentos disponíveis no pacote estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019).

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de matéria seca da parte aérea das plantas de cobertura de solo (folhas + caule/colmos) apresentou diferença estatística entre as espécies variando de 5518 a 16493 kg/ha para a mucuna cinza e para a crotalária juncea, respectivamente (Figura 1).

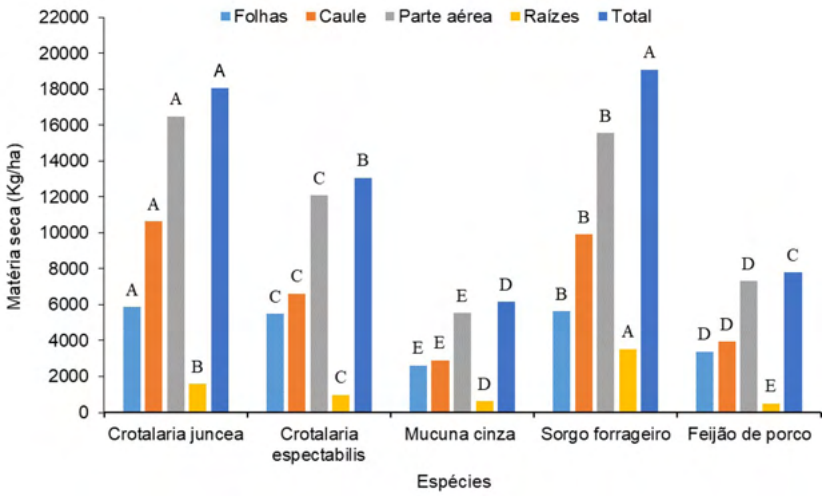


Figura 1 - Produção de matéria seca das plantas de cobertura de solo. Médias para cada órgão/partes entre as culturas seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, 5%.

A produção de matéria da parte aérea do sorgo forrageiro e mucuna cinza foram superiores aos resultados obtidos por Calegari et al. (1993) o qual observou produção de 5000 e 12000 kg/ha para as mesmas espécies, respectivamente. Já Oliveira (2002), avaliando a cultura do feijão de porco observou produção de matéria seca de 14100 kg/ha, 44% superior ao encontrado em nosso estudo. Da mesma forma, para a crotalária juncea, produção superior de matéria seca foi obtida no estudo de Fontanétti et al. (2004) com 12750 kg/ha. Por outro lado, a produção da crotalária espectabilis foi superior (40%), em relação ao estudo de Gitti (2009) com 7850 kg/ha.

A produtividade de folhas variou de 2610 a 5854 kg/ha e de caule/colmo variou de 2909 a 10639 kg/ha, também para as espécies mucuna cinza e crotalária juncea, respectivamente. Entre as espécies estudadas, a quantidade de folhas foi sempre inferior aos caules/colmo (média de 8%). A crotalária juncea e sorgo forrageiro apresentaram a menor quantidade de folhas (36%), feijão de porco e mucuna cinza as maiores (47%), comparado a quantidade de caule/colmos. Redin et al. (2014), também observaram maiores produções de folhas, superior a 42%, para as culturas da mucuna cinza e feijão de porco. Em relação a produção de matéria seca de raízes houve diferença estatística entre as espécies variando de 488 a 3533 kg/ha para o feijão de porco e sorgo forrageiro, respectivamente. Redin et al. (2018) observaram produtividades de 880, 590, 670, 1840 e 540 kg/ha para crotalária juncea, espectabilis, mucuna cinza, sorgo (granífero) e feijão de porco, respectivamente.

O acúmulo total de C nas plantas (parte aérea e raízes) apresentou diferença estatística variando de 2940 a 9102 kg/ha para a mucuna cinza e sorgo forrageiro, respectivamente, com valor médio de 5885 kg/ha para todas as espécies estudadas (Figura 2).

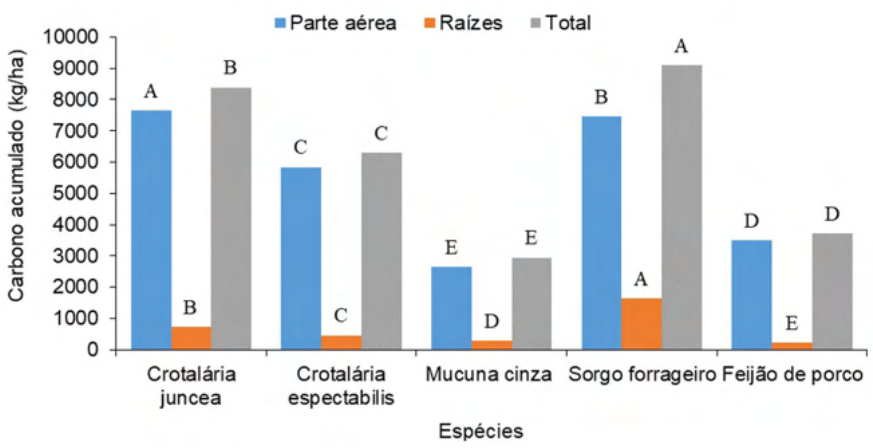


Figura 2 - Acúmulo de carbono nos resíduos culturais das plantas de cobertura de solo. Médias para cada órgão/parte de planta não seguidas pela mesma letra diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade.

Na parte aérea, composta por folhas e talos/colmos, local de maior acúmulo de C pelas plantas, foram observados valores 2649 a 7653 kg/ha nas culturas da mucuna cinza e crotalária juncea, respectivamente, com valor médio 5420 kg/ha. Redin et al. (2018) observaram resultados semelhantes na quantidade de C acumulado na parte aérea da crotalária espectabilis (3474 kg/ha) e inferior para crotalária juncea (4129 kg/ha), porém superior em relação à mucuna cinza (3064 kg/ha). Favero et al. (2000) observou menor acúmulo de C do feijão de porco com (2781 kg/ha). Já em relação as raízes os resultados variam de 224 a 1639 kg/ha (média de 668 kg/ha) sendo 55% superior na espécie de Poaceae (gramínea). Trabalho de Redin et al. (2018), também observou maior acúmulo de C nas espécies de Poaceae, comparado Fabaceae (leguminosas). O acúmulo de C pela parte aérea das plantas representa a maior quantidade, pois por exemplo, representa 84% do total de C acumulado pela cultura do sorgo forrageiro e de 90% para a cultura da mucuna cinza. Em relação ao N acumulado pela parte aérea representam 97% do N para as culturas de crotalária espectabilis e feijão de porco (Figura 3).

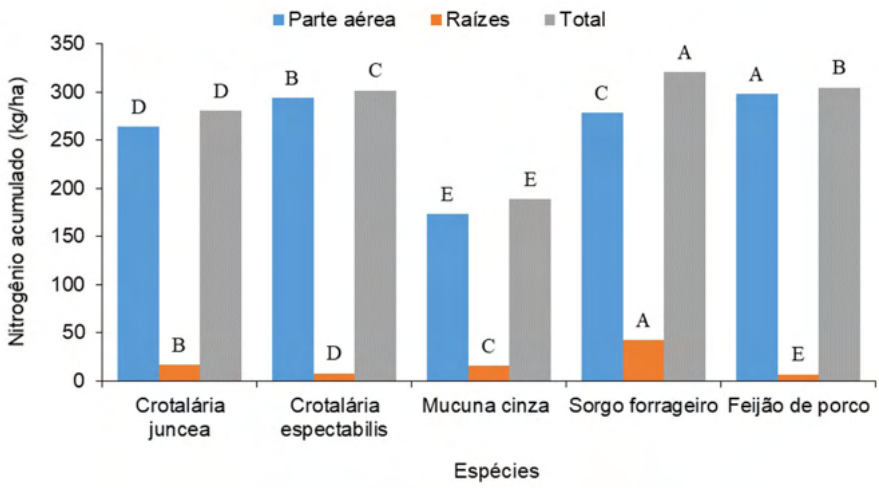


Figura 3 - Acúmulo de nitrogênio nos resíduos culturais das plantas de cobertura de solo. Médias não seguidas pela mesma letra entre órgão/partes de planta diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade.

O acúmulo de N na parte aérea das plantas de cobertura de solo variou de 173 a 298 kg/ha para mucuna cinza e feijão de porco, respectivamente, com valor médio para as espécies estudadas 261 kg/ha. Favero et al. (2000) com seu estudo, observou acúmulo de 206 kg/ha para o feijão de porco, resultado este menor que o presente estudo. Côrrea (2014), observou menor acúmulo para crotalária juncea (178,86 kg/ha). Em estudo realizado por Redin et al. (2018), o acúmulo de N para a crotalária espectabilis (174,8 kg/ha) e mucuna cinza (180 kg/ha) foi semelhante ao presente estudo (179,5 e 173 kg/ha,

respectivamente), porém inferior para a cultura do sorgo (278 vs 136,5 kg/ha). Variações no acúmulo de C e N são esperadas em diferentes estudos, pois são dependentes da produção de matéria seca das espécies, que por sua vez é dependente das condições de solo e clima dos locais de cultivo.

O acúmulo de N pela parte das raízes nas plantas de cobertura de solo variou de 6,6 a 42,4 kg/ha para feijão de porco e sorgo forrageiro, respectivamente. A maior quantidade de C e N total acumulado pela planta (parte aérea e raízes) foi observado com a cultura do sorgo forrageiro (9102 e 321 kg/ha, respectivamente), mostrando-se, assim uma espécie com grande potencial de uso para cobertura de solo. A média de N acumulado pelas raízes foi de 17,8 kg/ha, aproximadamente 15 vezes menor se comparada parte aérea das plantas. No entanto, embora as raízes acumulem menores quantidades de C e N nos resíduos, estas podem promover maiores acúmulos desses elementos no solo. Segundo estudo de Prakash et al. (2002) a contribuição das raízes ao aporte do material orgânico do solo é de 23% a 45% a matéria seca da parte aérea, dependendo da cultura e do manejo utilizado, sendo que o C e o N radicular apresentam menor taxa de decomposição, quando comparados com a parte aérea, além da raiz ficar mais protegida da atividade microbiológica do solo, pela sua capacidade de entrar nos agregados do solo (CHAVES, 2017). Ainda, tendo por base os estudos de Nanzer (2017), podemos estimar a quantidade de matéria orgânica acrescentada ao solo a partir dos resíduos culturais das plantas de cobertura, que é equivalente a 0,6% do total de matéria seca, assim, das culturas estudadas são capazes de acrescentar na média 76,9 kg/ha de matéria orgânica.

Contudo, outro aspecto muito importante é a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, a qual depende do aumento da rentabilidade do produtor, tendo assim uma forma de garantir a permanência do produtor na atividade como também um aumento na sua rentabilidade. Neste aspecto as plantas de cobertura de solo estão interligadas ao sistema de cultivo e a utilização das mesmas para uma maior longevidade e resistência das lavouras e sua produtividade elevada ao longo dos anos (BORGES et al., 2020). A utilização de plantas de cobertura de solo, especialmente sobre um SPD, garante a sustentabilidade da agricultura moderna, ainda mais quando se visa uma redução de gastos partindo do princípio da adubação verde pela ciclagem de nutrientes. Ainda, estas plantas são capazes de proteger o solo contra a erosão por sua palhada disponibilizada sobre a cobertura do solo reduzindo o impacto de gostas de chuva, facilitando penetração de água e reduzindo a perda do solo, por consequência reduzindo a degradação do solo e suas características físicas, químicas e biológicas (SOUZA et al., 2017).

Com base nesse estudo, assim como também observado por Pereira et al. (2017), destaca-se o sorgo forrageiro, crotalária juncea e crotalária espectabilis como espécies com grande potencial de produção de matéria seca e acúmulo de C e N no solo. Assim, nesse contexto pode-se inferir que são boas espécies para cultivo, apresentando grande potencial produtivo de matéria seca ultrapassando até a quantidade sugerida pela adequada

manutenção dos sistemas agrícolas, 8-12 toneladas/hectare (EMBRAPA, 2018).

Ainda, além da questão de cobertura e proteção do solo, a decomposição de seus resíduos culturais traz além de benefícios as propriedades químicas pela ciclagem de nutrientes, o favorecimento ao acúmulo de C, matéria orgânica do solo, representado assim, uma economia financeira para o produtor rural pela redução da necessidade de adubação nos cultivos e sustentabilidade dos sistemas de produção.

4 I CONCLUSÕES

A crotalária juncea e sorgo forrageiro apresentam as maiores produções de matéria seca da parte aérea (média de 16020 kg/ha) e sorgo forrageiro de raízes (3533 kg/ha).

A parte aérea das plantas de cobertura de solo estudadas acumulam maior quantidade de carbono (8,1 vezes) e nitrogênio (14,7 vezes), comparado às raízes.

O sorgo forrageiro acumula maior quantidade de carbono e nitrogênio nos seus resíduos culturais, sendo uma importante opção de cultivo para proteção do solo e ciclagem desses nutrientes.

REFERÊNCIAS

BERTOL, I. et al. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v. 31, n. 1, p. 133-142, 2007.

BEZERRA, A. S.; CANTALICE J. R. B. Erosão entre sulcos em diferentes condições de cobertura do solo, sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v. 30, n. 3, p. 565-573, 2006.

BORGES, I. M. S. et al. Family farming: analysis of sustainability through social economic and environmental indicators. **Agrarian and Biological Sciences,** v. 9, n. 4, e54942832, 2020.

CALEGARI, A. et al. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M. B. B. (Coord). **Adubação verde no Sul do Brasil.** 2. ed. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa. 1993. 346p.

CHAVES, B. **Carbono de raízes e parte aérea de culturas de verão em frações físicas da matéria orgânica de dois solos de várzea.** Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). 53p. 2017.

COELHO, M. E. H. et al. Coberturas do solo sobre a amplitude térmica e a produtividade de pimentão. **Planta Daninha,** v. 31, n. 2, p. 369-378, 2013.

FAVERO C. et al. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v. 24, p. 171-177, 2000.

FERREIRA, D. F. Sisvar: Um sistema de análise de computador para projetos do tipo de plotagem dividida de efeitos fixos. **Revista Brasileira de Biometria,** v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FONTANÉTTI, A. Adubação verde no controle de plantas invasoras e na produção de alface americana e repolho. **Ciência e Agrotecnologia,** v. 28, n. 5, p. 967-973, 2004.

MANDARIANO, A. P. **Atributos químicos de latossolo vermelho em função de plantas de cobertura e adubação nitrogenada.** Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Universidade Estadual Paulista (UNESP). 44p. 2020.

NANZER, M. C. et al. Estoque de carbono orgânico total e fracionamento granulométrico da matéria orgânica em sistemas de uso do solo no Cerrado. **Revista de Ciências Agroveterinárias,** v.18, n.1, p. 136-145, 2019.

OLIVEIRA, E. L. Coberturas verdes de inverno e adubação nitrogenada em algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v. 18, n. 2, p. 235-241, 2002.

OTONNI, F. A. S. E. et al. Características agronômicas de cultivares de sorgo em sistema de plantio direto no semiárido de Pernambuco. **Revista Ciência Agrícola,** v.14, n.1, p. 29-36, 2016.

PEDROSA, A. W. et al. Brachiaria residues fertilized with nitrogen in coffee fertilization. **Coffee Science,** v. 9, n. 3, p. 366-373, 2014.

PEEL, M. C. et al. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Science,** v. 11, n. 5, p. 1633-1644, 2007.

PEREIRA, A. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de verão. **Revista de Ciências Agrárias,** v. 40, n. 4, p. 799-807, 2017.

PORTO, E. M. V. Produção de biomassa de três cultivares do gênero *brachiaria* spp. submetidos a adubação nitrogenada. **Agropecuária Científica no Semiárido,** v. 13, n. 1, p. 9-14, 2017.

PRAKASH, V. et al. Annual carbon input to soil through rainfed soybean (*Glycine max*)-wheat (*Triticum aestivum*) cropping sequence in mid-hills of Northwest Himalaya. **Indian Journal of Agricultural Sciences,** v. 72, n. 12, p. 14-17, 2002.

REDIN M. et al. How the chemical composition and heterogeneity of crop residue mixtures decomposing at the soil surface affects C and N mineralization. **Soil biology and biochemistry,** p. 65-75, e10.1016, 2014.

REDIN, M. et al. Root and shoot contribution to carbon and nitrogen inputs in the topsoil layer in no-tillage crop systems under subtropical conditions. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** p. 42:e0170355, 2018.

REIS, R. J. A. et al. Efeitos de plantas de cobertura nas associações do milho (*Zea mays* L.) com fungos benéficos do solo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável,** v. 2, n. 1, p. 75-80, 2012.

ROSA, D. M. Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura com rotação de milho e soja. **Revista Ciência Agronômica,** v. 48, n. 2, p. 221-230, 2017.

ROSSETTI, K. V. et al. Atributos físicos do solo em diferentes condições de cobertura vegetal em área de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias,** v. 7, n. 1, p. 427-433, 2012.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356p.

SILVA, J. A. N. et al. Crescimento e produção de espécies forrageiras consorciadas com pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v. 47, n. 1, p. 769775, 2012.

SILVA, W. Cobertura de solo com material orgânico no desenvolvimento inicial do sorgo forrageiro. **Agrarian Academy,** v. 5, n. 9, p.122-129, 2018.

SOUZA, L. S. et al. Adubação verde na física do solo. In: LIMA FILHO, O.F. et al. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: Fundamentos e prática.** Brasília: Embrapa, 2014. 507p.

SOUZA, W. D. et al. Sustentabilidade da agricultura familiar no município de Barro-CE. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental,** v. 6, n. 2, p. 302-327, 2017.

TORRES, J. L. R. et al. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v. 32, n. 1, p. 1609-1618, 2008.

VENDRUCULO, E. P. et al. Analise econômica da produção de alface crespa em cultivo sucessivo de plantas de cobertura em SPD. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias,** v. 12, n. 4, p. 458-463, 2017.

WOLSCHICK, N. H. **Desempenho de plantas de cobertura e influência nos atributos do solo e na produtividade de culturas em sucessão.** Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), 93p. 2014.

CAPÍTULO 3

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DO FEIJOEIRO COMUM SOB INOCULAÇÃO COM *RHIZOBIUM* E ADUBAÇÃO NITROGENADA

Data de aceite: 01/02/2022

Rodrigo Luiz Neves Barros
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima – IFRR
Amajari – RR
http://lattes.cnpq.br/2167995795684567

Leandro Barbosa de Oliveira
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais – IFNMG
Almenara – MG
http://lattes.cnpq.br/4840488127526579

Carlos Pimentel
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ
Seropédica – RJ
http://lattes.cnpq.br/6405553451083267
ORCID: 0000-0002-6579-7749

RESUMO: O cultivo do feijoeiro comum em solos de baixa fertilidade, especialmente pobres em nitrogênio (N), é um dos principais fatores limitantes da sua produtividade. Assim, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito de diferentes fontes de N, fertilizante mineral e fixação biológica de N, no crescimento e produtividade do feijoeiro comum, cultivar Carioca. Para isto, dois experimentos foram conduzidos, nos anos de 2013 e 2014, no campo experimental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Brasil. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com três tratamentos no primeiro ano: apenas adubado com 20kg N ha^{-1} na semeadura e 40kg N ha^{-1} aos 25 dias após a emergência (DAE) (A); inoculado com *Rhizobium* e adubado com 40kg N ha^{-1} aos 25 DAE (I+N); inoculado com *Rhizobium* e adubado com 20kg N ha^{-1} na semeadura e 40kg N ha^{-1} aos 25 DAE (IA); e um quarto tratamento somente inoculado com *Rhizobium* (I-N), apenas avaliado no segundo ano de cultivo. Na polinização, avaliou-se o número de nódulos (NN), massa seca de nódulos (MSN), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR). Além disso, foi determinado o teor de proteínas solúveis nas folhas (TPSF), em quatro estádios de desenvolvimento e foram coletadas semanalmente três plantas ao acaso para uma análise de crescimento. A maior produtividade de grãos (PG) foi obtida no tratamento IA, em ambos os anos, não sendo observada diferença significativa nos demais componentes de produção. Assim a inoculação com rizóbios pode substituir a adubação com 20kg N ha^{-1} na semeadura sem perda de produtividade, mas a inoculação com rizóbios, acrescida de 20kg N ha^{-1} na semeadura, não inibiu a nodulação e propiciou alta produtividade do feijoeiro comum na época da seca. No entanto, mais estudados são necessários para recomendação dessas práticas agronômicas.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris*, *Rhizobium*, Nutrição de plantas, Ureia.

GROWTH AND GRAIN YIELD OF COMMON BEAN UNDER INOCULATION WITH *RHIZOBIUM* AND NITROGEN FERTILIZATION

ABSTRACT: The principal cause for common

bean's low yield is its cultivation in soils with low nitrogen (N) content. Therefore, this study aimed to evaluate the effect of different forms of N, mineral fertilizer, or N biological fixation, on the growth and yield of common bean cultivar Carioca. Accordingly, two experiments were conducted in 2013, and 2014 at the experimental field of the Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Brazil. The experimental design was in randomized blocks with three treatments in the first year: only fertilized with 20 kg N ha^{-1} at sowing and 40 kg N ha^{-1} with 25 days after emergence (DAE) (A); inoculated with *Rhizobium* and fertilized with 40 kg N ha^{-1} with 25 DAE (I+N); inoculated with *Rhizobium* and fertilized with 20 kg N ha^{-1} at sowing and 40 kg N ha^{-1} with 25 DAE (IA); a fourth treatment was included in the second year, which was only inoculated with *Rhizobium* (I-N). At pollination, it was evaluated the number of nodules (NN), nodules dry weight (MSN), shoot dry weight (MSPA), and root dry weight (MSR). In addition, it was determinate the leaf soluble proteins content (TPSF) in four developmental stages. In addition, a growth analysis was performed using three plants collected weekly. A significantly higher yield (PG) was observed in the treatment IA for both years, without differences for the other yield components. Therefore, the inoculation with *Rhizobium* can substitute the sowing fertilization with 20 kg N ha^{-1} without yield and yield reduction. Still, the inoculation with *Rhizobium* plus sowing fertilization with 20 kg N ha^{-1} allows a higher yield of common bean in the dry season. However, more studies are needed to recommend these agronomic practices.
KEYWORDS: *Phaseolus vulgaris*, *Rhizobium*, Plant nutrition, Urea.

1 I INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum é cultivado em diversificados sistemas de produção e em todas as regiões brasileiras, revestindo-se de grande importância socioeconômica, pelo fato de ser componente fundamental da dieta do brasileiro (HUNGRIA; MENDES; MERCANTE, 2013a). Entre os principais fatores limitantes da produtividade da cultura do feijoeiro no país, destacam-se aqueles relacionados ao baixo nível tecnológico empregado pelos pequenos produtores, condições climáticas adversas e o cultivo do feijoeiro em solos de baixa fertilidade, especialmente pobres em N (HUNGRIA; MENDES; MERCANTE, 2013b).

O nitrogênio é o macronutriente requerido em maior quantidade pela cultura do feijoeiro e sua disponibilidade tem influência significativa na produtividade (HUNGRIA; VARGAS, 2000). Assim como a maioria das leguminosas, o feijão pode se beneficiar da fixação biológica de N (FBN), por meio de uma relação simbiótica com rizóbios fixadores de N do ar (PACHECO et al., 2020). Porém, a FBN no feijoeiro não é capaz de prover todas as suas exigências, para obtenção de elevada produtividade, sendo necessária a adição de fertilizante nitrogenado, para complementar as exigências do feijoeiro, que não foram supridas pelo N inorgânico do solo ou pela FBN (HUNGRIA; KASCHUK, 2014).

O objetivo deste estudo foi avaliar a resposta do feijoeiro comum à inoculação com rizóbio, associada à suplementação com N mineral, no crescimento e produtividade da cultura. No intuito de se avaliar os efeitos das diferentes fontes de N (fertilizante mineral e FBN) sobre as plantas, fez-se uso da análise de crescimento que, por meio de sucessivas coletas, permite descrever as alterações no acúmulo de massa seca do vegetal em função

do tempo (HUNT et al., 2002). A análise de crescimento é muito útil na avaliação do efeito do crescimento na produtividade das espécies vegetais cultivadas, possibilitando a obtenção de bons resultados sem a necessidade de equipamentos sofisticados (PEREIRA; MACHADO, 1987).

2 I MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição da área experimental e do clima

O estudo foi conduzido na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, (latitude: 22º45'S, longitude: 43º41'W e altitude de 40 m). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Aw – com verão quente e chuvoso e inverno seco. Para isto, foram instalados dois experimentos de Campo, o primeiro no ano 2013 e o segundo em 2014, com semeadura no mês de maio, que corresponde ao plantio da seca.

O solo da área experimental utilizado foi um Argissolo Vermelho Amarelo, cuja análise química, na profundidade de 0-20 cm, revelou: pH em água 5,6; 1,8 $cmol_c$ dm^{-3} de Ca; 1,3 $cmol_c$ dm^{-3} de Mg; 0,0 $cmol_c$ dm^{-3} de Al; 0,9 $cmol_c$ dm^{-3} de H^+ + Al; 77 mg dm^{-3} de P disponível; 92 mg dm^{-3} de K disponível; 10,1 g kg^{-1} de matéria orgânica; 79% de saturação de bases (V) e textura franco-arenosa. Para o primeiro ano a precipitação total, a evaporação total e a temperatura média da máxima e mínima, durante o experimento, foram de 153,5 mm, 217,9 mm, 28°C e 18,1°C, respectivamente. No segundo experimento a precipitação total, a evaporação total e a temperatura média da máxima e mínima, durante o experimento, foram de 139,2 mm, 235,1 mm, 28,3°C e 18,6°C, respectivamente.

2.2 Manejo da cultura

Para ambos os experimentos, foi utilizada a cultivar de feijoeiro comum Carioca que é proveniente do Instituo Agronômico de Campinas (IAC).

O preparo do solo foi constituído por uma aração e duas gradagens, seguido pela abertura dos sulcos mecanicamente. Todos os tratamentos, nas duas épocas de plantio, na semeadura receberam adubação de 30kg P_2O_5 ha^{-1} (superfosfato simples) e 45kg K_2O ha^{-1} (cloreto de potássio). Aos 25 DAE foram aplicados no sulco de plantio 40kg N ha^{-1} (ureia), com exceção do tratamento apenas inoculado sem adubação nitrogenada, que será descrito abaixo.

A adubação seguiu os resultados da análise de solo, em concordância com a recomendação e exigência da cultura (VIEIRA et al., 2006). A semeadura foi realizada manualmente, para obter-se um estande final de 12 plantas por metro linear. Nos tratamentos com inoculação, as sementes foram inoculadas com a estirpe de *Rhizobium fleirei* (SEMIA 4080, com $1x10^9$ células viáveis por grama de inoculante), presentes no inoculante para feijoeiro comum produzido pela Embrapa Agrobiologia, sendo utilizado 50g de inoculante turfoso mais 40mL de solução de água açucarada a 10% por 10kg de sementes. Após

serem inoculadas, as sementes secaram a sombra e depois foram semeadas nos sulcos de plantio. Durante o desenvolvimento da cultura a área experimental foi mantida livre de plantas daninhas pelo controle manual.

Para realizar a análise de crescimento, foram coletadas três plantas ao acaso nas linhas ao lado da bordadura de cada parcela. As coletas foram iniciadas aos 14 DAE e espaçadas de sete dias uma da outra até o fim do ciclo da cultura. Todas as folhas foram separadas do restante da planta para determinação da área foliar por meio do integrador portátil de área foliar (Li-3000C, da LI-COR). Após a determinação da área foliar, as folhas e o restante da planta (caule e raízes) foram levados à estufa de ventilação forçada a 65°C até obter massa constante. Os dados primários de massa seca e área foliar foram convertidos para biomassa por área de terreno e índice de área foliar (IAF) respectivamente. Os dados primários por área foram obtidos dos valores alcançados pelo valor médio três plantas, multiplicado pelo número de plantas em um m^2. A partir dos dados de massa seca total (massa seca de folíolos, caule + ramos + pecíolos + massa seca de raiz, massa seca de flores e massa seca de vagens do início da sua formação até a maturação dos grãos) e IAF foram derivadas as taxas de crescimento da cultura (TCC) e de assimilação líquida (TAL) segundo a metodologia proposta por Hunt (1978).

Quanto a nodulação e acúmulo de massa seca da planta, no estádio de polinização, ocasião em que as parcelas apresentam 50% das plantas com botões florais (VIEIRA et al., 2008), que ocorreu aos 33 DAE e 31 DAE para o ano de 2013 e 2014 respectivamente, foram coletadas três plantas ao acaso na linha ao lado da bordadura, por parcela. As raízes foram separadas da parte aérea e lavadas e os nódulos foram separados das raízes e contados para determinação do número de nódulos por planta (NN), levados à estufa de ventilação forçada a 65°C até obter massa constante para determinar a massa seca de nódulos por planta (MSN). A parte aérea e raiz também foram secas em estufa de ventilação forçada, a 65ºC até obter massa constante, para a determinação da massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) por planta. Além disso, na maturação fisiológica, foram coletadas todas as plantas das duas linhas centrais de cada parcela, desprezando-se o meio metro final de cada extremidade, para determinação do número de vagens por planta (NV), número de grãos por vagem (NGV), massa seca de 100 grãos (MS100G) e produtividade de grãos (PG) que foi padronizada para 13% de teor de umidade.

Além disto, em quatro estádios de desenvolvimento, descrito por Vieira et al. (2008): antes da adubação de cobertura (20 DAE), na polinização (quando aparecem os primeiros botões florais em 50% das plantas), o florescimento pleno (abertura da primeira flor em 50% das plantas) e no enchimento de grãos (primeiras vagens cheias de grãos em 50% das plantas), foi coletado o folíolo central da folha mais jovem totalmente expandida (folha em máxima atividade fotossintética) de três plantas por parcela, que foi imediatamente envolvido em papel alumínio e imerso em N líquido. Nestas amostras de folhas foi realizada a análise do teor de proteínas solúveis foliar (TPSF), segundo o método de Bradford (1976).

2.3 Delineamento experimental e análise estatística

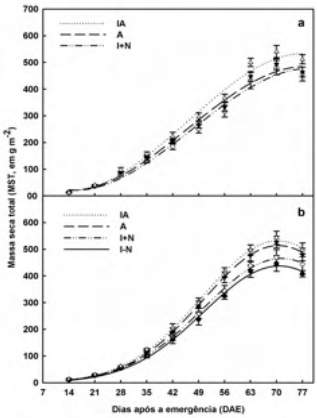
O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com três tratamentos no ano de 2013 e quatro tratamentos no ano de 2014 (inclusão de uma testemunha sem aplicação nenhuma de N), ambos com quatro repetições. Cada parcela foi constituída por seis linhas de 5m de comprimento, com 0,5m de espaçamento entre linhas por 2,5m de largura. Os três tratamentos, aplicados no primeiro ano, foram: inoculação e adubação nitrogenada com 40kg N ha^{-1} em cobertura aos 25 DAE (I+N); inoculação e adubação com 20kg N ha^{-1} na semeadura e 40kg N ha^{-1} em cobertura aos 25 DAE (IA); adubação com 20kg N ha^{-1} na semeadura e 40kg N ha^{-1} em cobertura aos 25 DAE (A). No segundo ano, um quarto tratamento foi aplicado: inoculação sem adubação nitrogenada na semeadura e em cobertura (I-N).

Os dados de todas as variáveis estudadas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F, e quando os tratamentos apresentaram significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey com nível de significância fixado em $p<0,05$. A análise estatística dos dados foi realizada por meio do software Sisvar 5.1 Build 72 (FERREIRA, 2011), que é distribuído gratuitamente pela Universidade Federal de Lavras (UFLA).

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Acúmulo de massa seca e área foliar

Analisando o acúmulo de massa das plantas ao longo do tempo, foram constatadas diferenças significativas ($p < 0,05$) para a massa seca total (MST) entre os tratamentos, nos dois anos de cultivo (Figura 1). Os tratamentos que receberam adubação nitrogenada na semeadura (A e IA) apresentaram maior acúmulo de MST em ambos os anos, fato que pode ser explicado pela nodulação ainda incompleta nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, passando a FBN a contribuir efetivamente com N para as plantas, só a partir dos 15 a 20 DAE como já demonstrado por Hungria, Barradas e Wallsgrove (1991), ocasionando assim menor acúmulo de MST nos tratamentos só inoculados na semeadura (I+N e I-N, respectivamente, para o primeiro e segundo ano de cultivo), sem a dose inicial de N mineral. Nos dois anos de cultivo, o tratamento IA apresentou valores significativamente superiores aos demais tratamentos em grande parte das coletas, sendo observado o pico de acúmulo de MST aos 70 DAE, em ambos os anos de cultivo, estádio que corresponde ao enchimento de grãos, como já mostrado por Gomes et al. (2000).

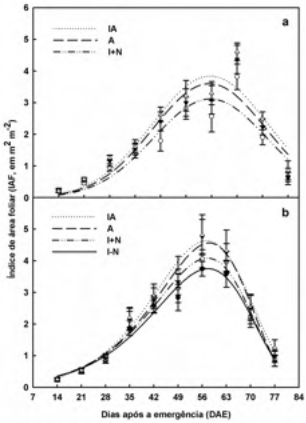


[I] Barra de erro padrão das médias, [a] ano de 2013 e [b] ano de 2014.

Figura 1: Massa seca total (MST, em g m^{-2}) do feijoeiro comum, cultivar Carioca, nos tratamentos, apenas adubado com 20 kg N ha^{-1} na semeadura e 40 kg N ha^{-1} aos 25 DAE (A, ▼), inoculado com *Rhizobium* e adubado com 40 kg N ha^{-1} aos 25 DAE (I+N, ○), inoculado com *Rhizobium* e adubado com 20 kg N ha^{-1} na semeadura e 40 kg N ha^{-1} aos 25 DAE (IA, Δ) e um tratamento adicional somente inoculado com *Rhizobium* (I-N, ●), apenas avaliada no segundo ano de cultivo

Em relação ao IAF, também foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos nos dois anos de cultivo (Figura 2), sendo que, o pico de IAF ocorreu aos 63 e 56 DAE para o primeiro e segundo ano respectivamente, coincidindo com o início do estádio de enchimento de grãos, no primeiro ano de cultivo e um pouco antes no segundo ano, assim como demonstrado por Gomes et al. (2000), indicando senescência foliar a partir destes picos, ou seja, no momento de maior demanda de fotoassimilados pela planta, que corresponde ao estádio de enchimento de grãos, a planta está reduzindo a área foliar e por conseguinte a fotossíntese, como pode ser constatado pelos baixos valores da TAL, com consequente redução nos fotoassimilados que seriam destinados para garantir o enchimento de grãos (PIMENTEL, 2006).

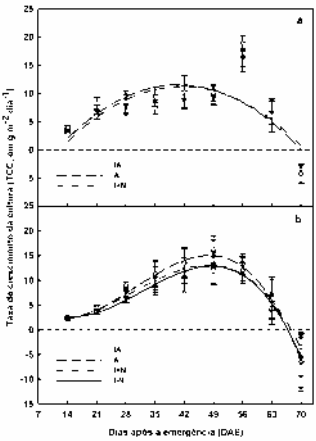
O IAF no tratamento IA foi significativamente superior aos demais tratamentos para várias coletas (Figura 2), o que permitiu obter-se produtividade mais elevada neste tratamento IA, em ambos os anos de cultivo (Tabela 2). Por conseguinte, o alto IAF esteve correlacionado com alta MST (Figura 1) e, provavelmente, com uma fotossíntese líquida mais elevada, como indicado pela TAL (Figura 4), com consequente elevação do acúmulo de fotoassimilados nas folhas, segundo Pimentel (2006), que por sua vez contribui para uma elevada produtividade (Tabela 2).



[I] Barra de erro padrão das médias, [a] ano de 2013 e [b] ano de 2014.

Figura 2: Índice de área foliar (IAF, em m^2 m^{-2}) do feijoeiro comum, cultivar Carioca, nos tratamentos, apenas adubado com 20 kg N ha^{-1} na semeadura e 40 kg N ha^{-1} aos 25 DAE (A, ▼), inoculado com *Rhizobium* e adubado com 40 kg N ha^{-1} aos 25 DAE (I+N, ○), inoculado com *Rhizobium* e adubado com 20 kg N ha^{-1} na semeadura e 40 kg N ha^{-1} aos 25 DAE (IA, Δ) e um tratamento adicional somente inoculado com *Rhizobium* (I-N, ●), apenas avaliada no segundo ano de cultivo

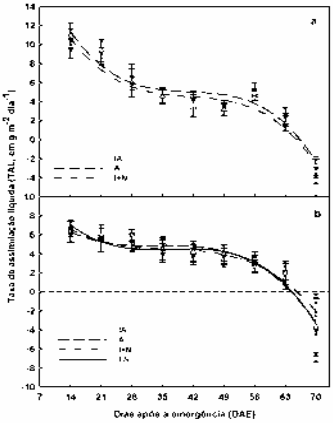
Por outro lado, o máximo acúmulo de massa seca por área de solo no tempo, a TCC, ocorreu antes do pico de IAF, aos 56 e 49 DAE para o primeiro e segundo ano respectivamente, ocorrendo diferenças significativas entre os tratamentos, nos dois anos de cultivo. No primeiro ano, a TCC do tratamento IA foi significativamente superior aos demais, nas coletas iniciais e finais. Para o segundo ano, houve diferenças significativas apenas aos 28 DAE e 42 DAE com IA significativamente superior a I-N, porém A e I+N não diferiram de ambos. O pico de acúmulo de MST ocorreu no final do ciclo, aos 70 DAE, quando a TCC atinge valores negativos, o que está relacionado ao fato do feijoeiro comum apresentar elevada taxa de senescência foliar já a partir do florescimento (PIMENTEL; LAFRAY; LOUGUET, 1999a).



[I] Barra de erro padrão das médias, [a] ano de 2013 e [b] ano de 2014.

Figura 3: Taxa de crescimento da cultura (TCC, em g m^{-2} dia^{-1}) do feijoeiro comum, cultivar Carioca, nos tratamentos, apenas adubado com 20 kg N ha^{-1} na semeadura e 40 kg N ha^{-1} aos 25 DAE (A, ▼), inoculado com *Rhizobium* e adubado com 40 kg N ha^{-1} aos 25 DAE (I+N, ○), inoculado com *Rhizobium* e adubado com 20 kg N ha^{-1} na semeadura e 40 kg N ha^{-1} aos 25 DAE (IA, Δ) e um tratamento adicional somente inoculado com *Rhizobium* (I-N, ●), apenas avaliada no segundo ano de cultivo

A variável da análise de crescimento, que indica a biomassa produzida por unidade de área foliar e por unidade de tempo, ou seja, o acúmulo de biomassa produzida a partir da fotossíntese é a TAL (PEREIRA; MACHADO, 1987), que foi elevada na primeira avaliação, aos 14 DAE para ambos os anos (Figura 4), reduzindo-se gradualmente depois disso. Porém, os tratamentos não diferiram entre si para a TAL, durante todas as avalições e em ambos os anos de cultivo, chegando a valores perto de zero ou negativos, a partir de 63 DAE. O decréscimo da TAL e IAF, a partir de 63 DAE, provocar aborto dos últimos órgãos reprodutivos a se formar (VIEIRA et al., 2008), devido à redução da fotossíntese total da planta (PIMENTEL; LAFRAY; LOUGUET, 1999a).



[1] Barra de erro padrão das médias, [a] ano de 2013 e [b] ano de 2014.

Figura 4: Taxa de assimilação líquida (TAL, em g m^{-2} dia^{-1}) do feijoeiro comum, cultivar Carioca, nos tratamentos, apenas adubado com 20 kg N ha^{-1} na semeadura e 40 kg N ha^{-1} aos 25 DAE (A, ▼), inoculado com *Rhizobium* e adubado com 40 kg N ha^{-1} aos 25 DAE (I+N, ○), inoculado com *Rhizobium* e adubado com 20 kg N ha^{-1} na semeadura e 40 kg N ha^{-1} aos 25 DAE (IA, Δ) e um tratamento adicional somente inoculado com *Rhizobium* (I-N, ●), apenas avaliada no segundo ano de cultivo

3.2 Nodulação e acúmulo de massa seca das plantas no estádio de polinização

No estádio de polinização aos 33 e 31 DAE para o primeiro e segundo ano, respectivamente, que é um estádio com uma alta demanda de N para síntese e atividade da Rubisco (PIMENTEL; LAFRAY; LOUGUET, 1999a), foram avaliadas as variáveis NN e MSN, e o acúmulo de massa seca das plantas, pela MSR e MSPA, para cada tratamento, em ambos os experimentos (Tabela 1). Em relação ao NN e MSN, houve diferença significativa entre os tratamentos, nos dois anos de cultivo. No primeiro ano, o tratamento I+N foi significativamente superior para o NN e MSN em relação aos outros dois tratamentos adubados com 20kg N ha^{-1} na semeadura (A e IA) e, no segundo ano a MSN foi significativamente superior para I-N em relação a A com I+N e IA não diferindo de ambos. Porém a MSPA, no primeiro ano, foi significativamente superior para o tratamento IA, em relação a I+N, mas o tratamento A não diferiu de ambos (Tabela 1a). Já, no segundo ano, não houve diferença entre os tratamentos para MSPA. Isso evidencia que a aplicação de 20kg N ha^{-1} na semeadura inibiu apenas parcialmente o processo de nodulação da população de rizóbios inoculados, como também observado por Hungria, Campo e Mendes (2003) com a aplicação de 15kg N ha^{-1} na semeadura do feijoeiro comum a campo, sendo que estes autores observaram redução na nodulação com uma dose de 30kg N ha^{-1} na semeadura. Por outro lado, estes resultados referentes à nodulação contradizem alguns encontrados na literatura, relatando que, mesmo baixas quantidades de N são capazes de inibir a nodulação em feijoeiro (ROMANINI JUNIOR et al., 2007). Já em relação à MSPA, neste mesmo estádio de polinização, foi observada diferença significativa entre

os diferentes tratamentos, apenas para o primeiro ano de cultivo (Tabela 1a), aonde o tratamento IA foi significativamente superior ao tratamento I+N, porém não diferiu do tratamento A, como também foi observado para a MST (Figura 1), o IAF (Figura 2) e a TCC (Figura 3), em ambos os anos. No entanto, para a MSR não houve diferenças significativas entre os tratamentos em ambos os anos (Tabela 1), como já relatado por Pimentel (2006) para culturas anuais.

	Primeiro ano de cultivo			
Tratamentos	NN	MSN (mg)	MSPA(g)	MSR(g)
I+N	57,75 a	170,19 a	7,37 b	0,640 a
A	38,00 b	129,03 b	7,67 ab	0,537 a
IA	40,50 b	130,24 b	8,85 a	0,594 a
Pr>Fc	0,0071	0,0109	0,0348	0,2467
CV%	12,98	10,52	7,87	14,05
	Segundo ano de cultivo			
Tratamentos	NN	MSN (mg)	MSPA (g)	MSR (g)
I-N	70,25 a	182,75 a	6,74 a	0,70 a
I+N	65,00 a	165,50 ab	7,45 a	0,63 a
A	41,75 b	111,78 b	7,86 a	0,58 a
IA	54,64 ab	158,52 ab	8,22 a	0,61 a
Pr>Fc	0,0107	0,0151	0,1089	0,1317
CV%	17,21	15,91	10,23	10,04

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

Tabela 1: Número de nódulos por planta (NN), massa seca de nódulos por planta (MSN), massa seca da parte aérea por planta (MSPA) e massa seca de raiz por planta (MSR), do feijoeiro comum, cultivar Carioca, avaliados no estádio de polinização, nos tratamentos, apenas adubado com 20 kg N ha^{-1} na semeadura e 40 kg N ha^{-1} aos 25 DAE (A), inoculado com *Rhizobium* e adubado com 40 kg N ha^{-1} aos 25 DAE (I+N), inoculado com *Rhizobium* e adubado com 20 kg N ha^{-1} na semeadura e 40 kg N ha^{-1} aos 25 DAE (IA) e um tratamento adicional somente inoculado com *Rhizobium* (I-N), avaliado apenas no segundo ano de cultivo

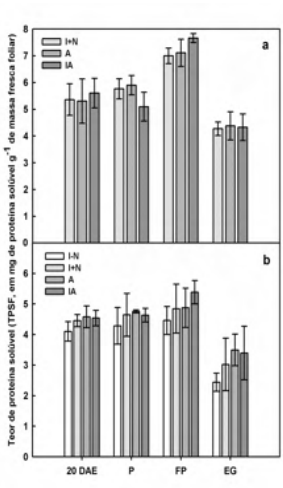
3.3 Teor foliar de proteína solúvel em quatro estádios fenológicos

O teor de proteína solúvel foliar (TPSF) é proporcional ao conteúdo e atividade da Rubisco, o que influencia a taxa fotossintética líquida e, consequentemente, o rendimento da cultura (LONG et al., 2006).

Houve diferença significativa para o TPSF apenas no estádio de florescimento pleno em ambos os anos, que ocorreu aos 39 e 38 DAE para o primeiro e segundo ano, respectivamente, com o tratamento IA significativamente superior ao tratamento I+N, sendo que o tratamento A que não diferiu dos tratamentos IA e I+N no primeiro ano, mas no

segundo ano, o tratamento IA foi significativamente superior ao I-N, e os tratamentos A e I+N não diferiram dos tratamentos IA e I-N, ainda no florescimento pleno.

Os valores de TPSF não foram comparados estatisticamente entre os diferentes estádios de desenvolvimento da planta, mas ele tende a aumentar no estádio de florescimento pleno e a cair no estádio de enchimento de grãos (Figura 5), provavelmente para permitir a elevação da taxa fotossintética nesse período, como observado por Pimentel, Lafray e Louguet (1999a); Pimentel, Hérbet e Vieira (1999b), para que ocorra aumento no conteúdo foliar de carboidratos, que são as reservas a serem remobilizadas para manter o crescimento do embrião até a maturação fisiológica (KRAMER; BOYER, 1995). Assim, os tratamentos com maior TPSF (Figura 5) terão, portanto, maior conteúdo de Rubisco, garantindo provavelmente maior produção de fotoassimilados, primeiro para o crescimento da parte aérea (Figura 1) e depois para o desenvolvimento do grão (PIMENTEL; HÉRBET; VIEIRA, 1999b), o que permitirá uma maior produtividade (Tabela 2) dos tratamentos (I+N e IA) que apresentaram maior TPSF nesse estádio de desenvolvimento (Figura 5).



[1] Barra de erro padrão das médias, [a] ano de 2013 e [b] ano de 2014.

Figura 5: Teor de proteína solúvel (TPSF, em mg de proteína solúvel g^{-1} de massa fresca foliar), quantificadas aos 20 dias após a emergência (20 DAE), polinização (P), florescimento pleno (FP) e enchimento de grãos (EG) do feijoeiro comum, cultivar Carioca, nos tratamentos, apenas adubado com 20 kg N ha^{-1} na semeadura e 40 kg N ha^{-1} aos 25 DAE (A), inoculado com *Rhizobium* e adubado com 40 kg N ha^{-1} aos 25 DAE (I+N), inoculado com *Rhizobium* e adubado com 20 kg N ha^{-1} na semeadura e 40 kg N ha^{-1} aos 25 DAE (IA) e um tratamento adicional somente inoculado com *Rhizobium* (I-N), apenas avaliada no segundo ano de cultivo

3.4 Componentes de produção

Quanto aos componentes de produção ocorreu diferença significativa entre os tratamentos apenas para PG, que representa a produtividade da cultura, com o tratamento

IA apresentando rendimentos mais elevados em ambos os anos. Porém, no primeiro ano de cultivo o tratamento IA foi significativamente superior a A com I+N não diferindo de ambos, enquanto no segundo ano, o tratamento IA foi significativamente superior a I-N, com I+N e A não diferindo de ambos (Tabela 2).

Assim sendo, o tratamento IA apresentou a MST (Figura 1), o IAF (Figura 2), a TCC (Figura 3), e a MSPA (Tabela 1) significativamente superiores, sendo que a MSPA se correlacionou com uma alta PG, nas duas épocas (Tabela 2).

	Primeiro ano de cultivo			
Tratamentos	NV	NGV	MS100G (g)	PG (Kg ha^{-1})
I+N	13,75 a	5,75 a	25,55 a	2346,00 ab
A	13,25 a	5,50 a	25,76 a	2248,69 b
IA	15,0 a	5,50 a	25,69 a	2509,42 a
Pr>Fc	0,7327	0,9190	0,7609	0,2437
CV%	22,51	17,66	1,55	15,64
	Segundo ano de cultivo			
Tratamentos	NV	NGV	MS100G (g)	PG (Kg ha^{-1})
I-N	15,00 a	5,25 a	25,68 a	2207,52 b
I+N	18,50 a	6,50 a	26,44 a	2529,85 ab
A	17,25 a	6,00 a	26,17 a	2474,77 ab
IA	20,00 a	5,50 a	26,00 a	2642,58 a
Pr>Fc	0,3178	0,7733	0,1059	0,0137
CV%	20,35	19,25	1,47	17,97

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey (P <0,05).

Tabela 2: Número de vagens por planta (NV), número de grãos por vagem (NGV), massa seca de 100 grãos (MS100G) e produtividade de grãos (PG), do feijoeiro comum, cultivar Carioca, avaliados na maturação dos grãos, nos tratamentos, apenas adubado com 20 kg N ha^{-1} na semeadura e 40 kg N ha^{-1} aos 25 DAE (A), inoculado com *Rhizobium* e adubado com 40 kg N ha^{-1} aos 25 DAE (I+N), inoculado com *Rhizobium* e adubado com 20 kg N ha^{-1} na semeadura e 40 kg N ha^{-1} aos 25 DAE (IA) e um tratamento adicional somente inoculado com *Rhizobium* (I-N), apenas avaliada no segundo ano de cultivo

Nos dois anos de cultivo foi observado que a aplicação de 20kg N ha^{-1} na semeadura, juntamente com a inoculação, permitiu um acréscimo de produtividade, corroborando com Hungria, Campo e Mendes (2003). Por outro lado, a produtividade dos tratamentos I-N e I+N não diferiram do tratamento A (Tabela 2), como já observado por Bellaver e Fagundes (2009), mostrando que a inoculação pode substituir a dose de 20kg de N ha^{-1} na semeadura, mantendo a mesma produtividade (GRANGE et al., 2007).

Hungria, Mendes e Mercante (2013a) relatam que a resposta do feijoeiro à inoculação, em condições de campo, pode variar em função de diferentes fatores, tais como: presença de estirpes nativas nos solos brasileiros, que pode ser comprovada pela

nodulação do tratamento que não recebeu inoculação (Tabela 1); a susceptibilidade do feijoeiro ao estresse hídrico e térmico e a variabilidade de resposta das diferentes cultivares a inoculação (GRANGE; HUNGRIA, 2004). Porém, apesar das limitações edafoclimáticas, ganhos de até 1500 Kg de grãos ha^{-1} em relação à testemunha não inoculada já foram relatados em cultivares responsivas à inoculação, corroborando com os resultados obtidos nestes experimentos, há uma indicação que apenas o uso da inoculação forneceu um aporte de N capaz de gerar produtividade semelhante aos tratamentos que utilizaram N mineral em 20kg N ha^{-1} na semeadura mais 40kg N ha^{-1} em cobertura aos 25 DAE, e tudo isso a um baixo custo quando comparado aos adubos nitrogenados.

4 I CONCLUSÃO

A inoculação de rizóbio na semeadura pode substituir a adubação nitrogenada com 20 kg N ha^{-1} na semeadura, sem perda de produtividade.

A adubação com 20 kg N ha^{-1} na semeadura, juntamente com a inoculação inibiu parcialmente a nodulação do feijoeiro comum, mesmo assim propiciou acréscimos de massa seca total e produtividade de grãos.

A avaliação do teor de proteínas solúveis no tecido foliar no florescimento pleno se correlacionou com uma maior produtividade de grãos, sendo, portanto, uma variável fisiológica que poderá servir para discriminar genótipos de feijão comum mais produtivos.

REFERÊNCIAS

BELLAVER, A.; FAGUNDES, R. S. Inoculação com *Rhizobium tropici* e uso do nitrogênio na base e por cobertura na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 2, p. 1-10, 2009.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 72, p. 248-254, 1976.

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

GOMES, A. A.; ARAÚJO, A. P.; ROSSIELLO, R. O. P.; PIMENTEL, C. Acumulação de biomassa, características fisiológicas e rendimento de grãos em cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 1927-1937, 2000.

GRANGE, L.; HUNGRIA, M. Genetic diversity of indigenous common bean (Phaseolus vulgaris L.). **Soil Biology and Biochemistry**, Brisbaine, v. 36 p. 1389-1398, 2004.

GRANGE, L.; HUNGRIA, M.; GRAHAM, P. H.; MARTÍNEZ-ROMERO, E. New insights into the origins and evolution of rhizobia that nodulate common bean (Phaseolus vulgaris L.) in Brazil. **Soil Biology e Biochemistry**, Brisbaine, v. 39, p. 867-876, 2007.

HUNGRIA, M.; BARRADAS, C. A.; WALLSGROVE, R. M. Nitrogen fixation, assimilation and transport during the initial growth stage of *Phaseolus vulgaris* L. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 42, p. 839-844, 1991.

HUNGRIA, M.; KASCHUK, G. Regulation of N2 fixation and NO3-/NH4+ assimilation in nodulated and N-fertilized Phaseolus vulgaris L. exposed to high. **Environmental and Experimental Botany**, Oulu, v.98, p.32-39, 2014.

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; MERCANTE, F. M. Tecnologia de fixação biológica do nitrogênio com o feijoeiro: viabilidade em pequenas propriedades familiares e em propriedades tecnificadas. Londrina, PR: **Embrapa Soja, 2013a, 30 p. (Embrapa soja. Documentos, 338)**.

HUNGRIA, M.; MENDES, I.C.; MERCANTE, F.M. A fixação biológica do nitrogênio como tecnologia de baixa emissão de carbono para as culturas do feijoeiro e da soja. Londrina, PR: **Embrapa soja, 2013b. (Embrapa soja. Documentos, 337).**

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T. Environmental factors affecting N_2 fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 65, p. 151-164, 2000.

HUNT, R. **Plant growth analysis**. London: Eduard Arnold, 1978.

HUNT, R.; CAUSTON, D. R.; SHIPLEY, B.; ASKEW, A. P. A modern tool for classical plant growth analysis. **Annals of Botany**, London, v. 90, p.485-488, 2002.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plants and soils**. San Diego: Academic Press, 1995.

LONG, S. P.; ZHU, X. Z.; NAIDU, S. L.; ORT, D. Can improvement in photosynthesis increase crop yields? **Plant, Cell and Environment**, Malden, v. 29, p. 315-330, 2006.

PACHECO, Rafael Sanches et al. Differences in contribution of biological nitrogen fixation to yield performance of common bean cultivars as assessed by the 15 N natural abundance technique. **Plant and Soil**, v. 454, n. 1, p. 327-341, 2020.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais**. Campinas: IAC, 1987.

PIMENTEL, C. **Efficiency of nutrient use by crops for low input agro-environments**. In: SINGH, R. P.; SHANKAR, N.; JAIWAL, P. K. (eds.). Nitrogen nutrition in plant productivity. Houston: Studium Press, 2006. p. 277-328.

PIMENTEL, C.; HÉBERT, G.; VIEIRA, S. J. Effects of drought on O2 evolution and stomatal conductance of beans at the pollination stage. **Environmental and Experimental**. Botany, Florença, v. 42, p. 155-162, 1999b.

PIMENTEL, C.; LAFFRAY, D.; LOUGUET, P. Intrinsic water use efficiency at the pollination stage as a parameter for drought tolerance selection in *Phaseolus vulgaris* L. **Physiology Plantarum**, Scandinavica, v. 106, p. 184-198, 1999a.

ROMANINI JUNIOR, A.; ARF, O.; BINOTTI, F. F. S.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; FERNADES, F. A. Avaliação da inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada no desenvolvimento do feijoeiro, sob sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, p. 74-82, 2007.

VIEIRA, C., DE PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2ª Edição revisada e ampliada. Viçosa: Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa, 2006, 600p.

VIEIRA, N. M. B.; ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, J. G. C.; ALVES JUNIOR, J.; MORAIS, A. R. Altura de planta e acúmulo de matéria seca do feijoeiro cvs. BRS MG talismã e ouro negro em plantio direto e convencional. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 32, p. 1687-1693, 2008.

CAPÍTULO 4

PRODUTIVIDADE DE TRIGO COM APLICAÇÃO DE PÓ DE BASALTO E INOCULAÇÃO COM *AZOSPIRILLUM BRASILENSE*

Data de aceite: 01/02/2022
Data de submissão: 29/11/2021

Thaniel Carlson Writzl
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS
Três Passos – RS
http://lattes.cnpq.br/9511802344834037

Eduardo Canepelle
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Frederico Westphalen – RS
http://lattes.cnpq.br/9610736541010188

Marciel Redin
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS
Três Passos – RS
http://lattes.cnpq.br/7912908707815307

RESUMO: Na cultura do trigo (*Triticum aestivum*) não existem informações de adubação com pó de basalto (PB) associado com *Azospirillum brasilense*. O objetivo foi avaliar a eficiência do PB associado ou não com *A. brasilense* no crescimento e produtividade de grãos do trigo. O experimento foi conduzido durante dois anos em área com doses residuais de PB: 5, 10, 20, 40, 60, 80, 120, 160 e 200 Mg ha^{-1}, além dos tratamentos NPK e testemunha. Metade de cada parcela recebeu inoculação com *A. brasilense* nas sementes, posteriormente, em cobertura 30 dias após semeadura. A outra metade recebeu nitrogênio (N) de cobertura, aos 30 e 45 dias. Foi avaliado a matéria seca da parte aérea (MSPA), número de grãos por espiga (NGE), peso de mil sementes (PMS) e produtividade de grãos. Doses de 5 a 120 Mg ha^{-1} de PB sem inoculação apresentaram produção média de MSPA, NGE e PMS de 5449 kg ha^{-1}, 34,2 e 34,7, respectivamente, igual ao NPK e inferiores a 160 e 200 Mg ha^{-1}. Quando inoculado houve acréscimo de 19,4, 6,06 e 7,38% na MSPA, NGE e PMS, respectivamente. O trigo inoculado promove maior produção de MSPA, NGE, PMS e grãos, exceto com NPK. Até 120 Mg ha^{-1} o PB com inoculação apresenta produção de MSPA, NGE, PMS e grãos igual à fertilização NPK e potencializada nas doses 160 e 200 Mg ha^{-1} de PB, independente da inoculação com *A. brasilense*.

PALAVRAS-CHAVE: *Triticum aestivum,* pó de rocha, fertilização alternativa, bactérias diazotróficas.

PRODUCTIVITY OF WHEAT WITH APPLICATION OF BASALT POWDER AND INOCULATION WITH *AZOSPIRILLUM BRASILENSE*

ABSTRACT: In wheat (*Triticum aestivum*) there is no information on fertilization with basalt powder (BP) associated with *Azospirillum brasilense*. The objective was to evaluate the efficiency of BP associated or not with *A. brasilense* on wheat grain growth and yield. The experiment was carried out for two years in an area with residual doses of BP: 5, 10, 20, 40, 60, 80, 120, 160 and 200 Mg ha^{-1}, in addition to the NPK and control treatments. Half of each plot was inoculated with *A. brasilense* in the seeds, later covered 30 days after sowing. The other half received

nitrogen (N) coverage, at 30 and 45 days. Shoot dry matter (MSPA), number of grains per ear (NGE), weight of a thousand seeds (PMS) and grain yield were evaluated. Doses of 5 to 120 Mg ha^{-1} of BP without inoculation showed mean production of MSPA, NGE and PMS of 5449 kg ha^{-1}, 34.2 and 34.7, respectively, equal to NPK and less than 160 and 200 Mg ha^{-1}. When inoculated, there was an increase of 19.4, 6.06 and 7.38% in MSPA, NGE and PMS, respectively. Inoculated wheat promotes higher production of MSPA, NGE, PMS and grains, except with NPK. Up to 120 Mg ha^{-1} of BP with inoculation presents production of MSPA, NGE, PMS and grains equal to NPK fertilization and potentiated in doses 160 and 200 Mg ha^{-1} of BP, regardless of inoculation with *A. brasilense.*
KEYWORDS: *Triticum aestivum*, rock dust, alternative fertilization, diazotrophic bacteria.

1 I INTRODUÇÃO

A cultura do trigo é influenciada por fatores climáticos, pragas e doenças (TONIN *et al.,* 2013), com destaque à baixa fertilidade dos solos (Kramer et al. 2014). De modo geral, os solos brasileiros apresentam baixo teor matéria orgânica, tornando a adubação nitrogenada uma prática indispensável, garantindo assim as melhores respostas em termos de rendimento da cultura do trigo (MUMBACH, 2017).

Atualmente, o cultivo do trigo é realizado basicamente com fertilizantes químicos, principal responsável pelo aumento dos custos de produção do trigo (GITTI *et al.,* 2012), sendo necessário a busca por fontes de fertilizantes alternativos sustentáveis. Alguns autores têm apresentado estudos sobre práticas alternativas sustentáveis e ambientalmente corretas de fertilização dos solos, supressão, complementação ou redução do uso de fertilizantes, incluindo os nitrogenados na cultura do trigo (MUNARETO *et al.,* 2019; QUATRIN *et al.,* 2019). Neste sentido, tem se destacado a possibilidade da utilização de inoculantes à base de bactérias fixadoras de nitrogênio, principalmente do gênero *Azospirillum* com grande potencial simbiótico da espécie *A. brasilense*, incluindo na cultura do trigo (MILLÉO; CRISTÓFOLI, 2016).

O uso de *A. brasilense* já foi testada em associação, com diversas culturas, como milho (DARTORA *et al.,* 2013; MUMBACH *et al.,* 2017), trigo (PEREIRA *et al.,* 2017; MUNARETO *et al.,* 2019), cevada (BARZOTTO *et al.,* 2018), arroz (BEUTLER *et al.,* 2016), pastagens (AGUIRRE *et al.,* 2020) e soja (NAOE *et al.,* 2020). Bactérias *A. brasilense* promovem, entre outros, aumento no crescimento das plantas, devido a fixação biológica de N, atuam na solubilização de fosfato inorgânico, possibilitando um maior desenvolvimento e absorção das raízes, e ainda aumenta o conteúdo de clorofila e condutância estomática que acarretam em alterações positivas nas atividades fotossintéticas das plantas (FUKAMI *et al.,* 2016; GORDILLO-DELGADO *et al.,* 2016). Estudos também mostram que a associação de *A. brasilense* na cultura do trigo pode substituir em parte (QUATRIN *et al.,* 2019) ou totalmente a adubação nitrogenada (MUNARETO *et al.,* 2019).

Além do uso de inoculação com *A. brasilense*, outra prática em rápida expansão é a rochagem, na qual são utilizadas rochas moídas como fonte de nutrientes para as plantas

(THEODORO; LEONARDOS, 2006). Dentre as rochas, destaca-se o basalto, pela sua composição química com diversos elementos, tanto macro quanto micronutrientes, além de ter uma ampla distribuição geográfica e de fácil obtenção. Os pós de rochas são utilizados como fonte de nutrientes de baixo custo e de amplo alcance no setor agropecuário, tanto para pequenos, quanto para grandes produtores (MELO *et al.,* 2012). O PB comparado aos fertilizantes minerais solúveis, apresenta baixa solubilidade e lenta liberação de nutrientes contribuindo para um maior efeito residual a longo prazo (HARLEY; GILKES, 2000). O uso de rochas moídas já mostrou eficiência na fertilização de solos em algumas culturas, usado puro (MELO *et al.,* 2012; SILVA *et al.,* 2015) ou em associação com fertilizantes orgânicos (WRITZL *et al.,* 2019; GOTZ *et al.,* 2019). Entretanto, a grande limitação do PB, é o não fornecimento de N, que pode ser complementado com fertilização orgânica ou através da fixação biológica de N com *A. brasilense*.

A literatura dispõe de trabalhos que avaliam em separado a inoculação de *A. brasilense* em trigo e uso de PB em algumas culturas, porém, não existe informações da associação, sobretudo de doses de PB, com inoculação no desempenho agronômico do trigo. Ainda, é importante se conhecer a dinâmica e a eficiência em condições de agroecossistemas locais, sobretudo em áreas de Latossolo. Embora o uso de fontes de fertilizantes nitrogenados minerais solúveis seja eficiente para produção da cultura do trigo, o uso associado de *A. brasilense* com PB poderia suprir a necessidade de N, mantendo a produtividade da cultura. Assim, o trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência do PB associado ou não com *A. brasilense* no crescimento das plantas e produtividade de grãos da cultura do trigo.

2 I MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido por dois anos experimentais, safras 2018/19 e 2019/20 na região Noroeste do Rio Grande do Sul em solo caracterizado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (Santos 2018). As parcelas experimentais foram constituídas de 6 m² (3m x 2m) em um delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições. No primeiro ano experimental antes da implantação do experimento foi realizada amostragem de solo para análise química nas profundidades de 0-10: pH (H_2O) = 5,6; Saturação por bases (V%) = 59,3; Matéria orgânica do solo (MOS) = 3,5; Argila (g kg^{-1}) = 172,1; P (g kg^{-1}) = 10,2; K (g kg^{-1}) = 156,4; H+AL ($mmol_c$ dm^{-3}) = 2,8; Ca = 3,1 ($mmol_c$ dm^{-3}) e Mg ($mmol_c$ dm^{-3}) = 3,5.

Nos dois anos experimentais a cultura do trigo foi implantada na mesma área sobre parcelas com efeito residual de nove doses de PB cultivadas com feijão preto. Em ambas as safras, após a colheita do feijão cada parcela foi subdividida ao meio, e posteriormente semeada a cultura do trigo, cultivar TBIO Toruk em parcelas subdividas, com e sem inoculação de *A. brasilense* cepas AbV5 e AbV6. Na condição inoculada, as sementes

receberam uma dose de *A. brasilense* na proporção de 100 ml ha^{-1}.

Os tratamentos residuais de PB foram os seguintes: 5, 10, 20, 40, 60, 80, 120, 160 e 200 Mg ha^{-1}. Além desses, foi ainda conduzido um tratamento com adubação química NPK de acordo com a análise de solo e seguindo as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do RS (CQFS, 2016), e um tratamento, testemunha, sem adição de nenhum tipo de fertilizante. O PB foi aplicado a lanço em dose única na camada superficial, na implantação da cultura anterior do experimento (feijão preto), o qual apresentava as seguintes propriedades químicas: Ca = 12,7 mmolc dm^{-3}; Mg = 2,4 mmolc dm^{-3}; Al e H + Al = 0,0 mmolc dm^{-3}; saturação por bases = 96%; S = 7 mg dm^{-3}; P (Mehlich^{-1}) = 349 mg dm^{-3}; K = 72 mg dm^{-3} ; Cu = 13,7 mg dm^{-3} ; Zn = 1,8 mg dm^{-3} ; Fe = 430 mg dm^{-3} e Mn = 3,4 mg dm^{-3}.

A semeadura do trigo nos dois anos experimentais foi realizada em maio com espaçamento de 17 cm entre linhas e aproximadamente 186 mil plantas ha^{-1}, sendo também realizada nessa mesma data a aplicação do NPK, nas parcelas deste tratamento. O tratamento de sementes, realizado de forma prévia à semeadura, foi realizado com fungicida e inseticida indicados para a cultura. A primeira adubação nitrogenada de cobertura com ureia a lanço, nas subparcelas não inoculadas foi realizada 30 dias após a semeadura. Na outra metade da parcela, subparcelas com inoculação, foi aplicada sobre as plantas de trigo uma dose de 200 ml ha^{-1} de *A. brasilense* diluído em 10 litros de água com um pulverizador costal. A segunda aplicação de N em cobertura foi realizada no estádio de alongamento de colmos aos 45 dias, nas subparcelas que não receberam inoculação, as subparcelas inoculadas não receberam uma segunda dose de *A. brasilense*.

O experimento foi conduzido em condições naturais e sem irrigação (Figura 1). A limpeza das parcelas experimentais foi realizada através de capinas manuais quinzenalmente ou quando necessário e pragas e doenças utilizando controle químico.

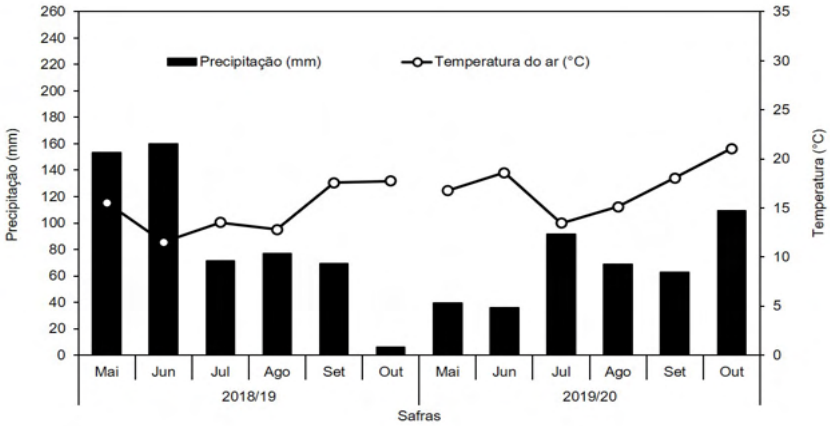


Figura 1. Precipitação e temperatura média do ar nos dois anos experimentais.

Fonte: INMET, 2021.

No estádio de pleno florescimento das plantas de trigo foi realizada a avaliação da produção de MSPA. A avaliação foi realizada com a coleta de dois segmentos de 0,75m lineares em duas linhas no interior de cada subparcela. As amostras foram secas em estufa a 65ºC até peso constante, posteriormente pesadas e calculado a produção de MSPA. A colheita do trigo foi realizada no estádio de plena maturação fisiológica. A avaliação do rendimento de grãos foi realizada com a colheita manual de dois segmentos de 0,75m lineares em outras duas linhas centrais de cada subparcela. Os grãos foram retirados das espiguetas, limpos, secos, pesados, e posteriormente determinados o rendimento de grãos a 13% de umidade e PMS. A avaliação do NGE foi realizada em três espigas de outras plantas de trigo do interior de cada subparcela.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA), seguido pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). O comparativo entre inoculado e não inoculado com *A. brasilense* foi realizado com teste T ($p \leq 0,05$), ambas análises usando o software Sisvar (Ferreira 2011).

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados não mostrou diferença significativa entre os dois anos experimentais da cultura do trigo ($P = 0,9981$). Na comparação entre as condições sem e com inoculação de *A. brasilense*, a produção de MSPA foi superior em todos os tratamentos inoculados, exceto para o tratamento de fertilização com NPK (Tabela 1).

Pereira *et al.* (2017) observaram aumento médio na produção de MSPA no trigo inoculado, independentemente do modo de inoculação, via sementes, aplicação foliar ou no sulco de semeadura. Dartora et al. (2013), porém na cultura do milho mostraram aumento de 12% na MSPA, inoculado com *A. brasilense.* De acordo com Hungria *et al.* (2010), a maior produção de MSPA das plantas de trigo inoculadas com *A. brasilense* (Tabela 1) deve-se a alteração na morfologia das raízes, como o aumento do número de pelos radiculares e diâmetro das raízes (não avaliado), assim, promovendo maior exploração do solo pelas raízes, maior superfície de absorção de água e nutrientes. Assim, segundo Hungria *et al.* (2010), maior acúmulo de MSPA e produtividade de grãos. A ausência de diferença significativa no tratamento NPK pode ser explicado pela disponibilização de N mineral presente na formulação do fertilizante. Segundo Munareto *et al.* (2019); Nunes *et al.* (2015), a inoculação quando associada à fertilização nitrogenada mineral, possui benefícios inversamente proporcionais a dose de N aplicada, pois o N disponível para a planta, causa um efeito inibitório na associação simbiótica do *A. brasilense* na planta.

Tratamentos	MSPA (kg ha^{-1})		Grãos (kg ha^{-1})	
	Sem *A. brasilense*	Com *A. brasilense*	Sem *A. brasilense*	Com *A. brasilense*
Testemunha	4150 B c*	5364 A b	3716 B c	4613 A b
NPK	6336 A ab	6945 A ab	5550 A a	5505 A ab
5 Mg ha^{-1}	5231 B ab	6527 A ab	4293 B ab	4718 A b
10 Mg ha^{-1}	5522 B ab	7077 A ab	4716 B ab	5254 A ab
20 Mg ha^{-1}	5173 B ab	6447 A ab	4972 B ab	5599 A ab
40 Mg ha^{-1}	5219 B ab	6398 A ab	5256 B ab	5927 A ab
60 Mg ha^{-1}	5140 B ab	6646 A ab	5071 B ab	5897 A ab
80 Mg ha^{-1}	5488 B ab	6900 A ab	5027 B ab	6147 A ab
120 Mg ha^{-1}	5666 B ab	7134 A ab	5335 B ab	6233 A ab
160 Mg ha^{-1}	6375 B a	7766 A a	5616 B a	6691 A a
200 Mg ha^{-1}	6449 B a	8103 A a	5883 B a	6986 A a
CV (%)	12,5	14,7	10,9	8,51

* Letras iguais, maiúsculas nas linhas entre a condição inoculado e não inoculado com *A. brasilense* e minúsculas nas colunas entre os tratamentos não diferem estatisticamente pelo teste T ($p \leq 0,05$) e Tukey ($p \leq 0,05$), respectivamente.

Tabela 1. Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e grãos de trigo com e sem a inoculação de *A. brasilense* com doses de pó de basalto, NPK e testemunha (sem adubação).

Doses de PB de 5 a 120 Mg ha^{-1} sem inoculação promoveram incremento numérico na produção de MSPA, de 5231 a 5666 kg ha^{-1}, respectivamente, igualando ao NPK (6336 kg ha^{-1}), inferior ao testemunha (4150 ha^{-1}) e significativo para as doses de 160 e 200 Mg ha^{-1}, tanto nas condições inoculado e não inoculado com *A. brasilense*. Quando houve a inoculação oberservou-se um acréscimo médio de 19,4% na MSPA, exceto no tratamento com adubação química NPK. De acordo com Toscani; Campos (2017), esse resultado pode ser associado ao fornecimento de nutrientes pelo PB, em especial o Ca, Mg, Si, P, K e micronutrientes, bem como seu efeito residual e a lenta liberação, sendo absorvidos conforme a necessidade da cultura, resultando no aumento da MSPA. Para doses até 120 Mg ha^{-1} os resultados mostram que, mesmo com a lenta solubilização e liberação dos nutrientes, e ainda com baixas doses de PB conseguiram se igualar ao NPK. De acordo com Harley; Gilkes (2000), esse resultado pode ser associado ao fornecimento equilibrado de macro e micronutrientes do PB, que proporciona excelente desenvolvimento das plantas.

Pode-se observar que doses crescentes de PB incrementaram também de forma crescente, porém não siginficativo até 120 Mg ha^{-1} tanto a MSPA quanto para a produtividade de grãos, independentemente da inoculação com *A. brasilense.* De acordo com Fukami *et al.* (2016), esse fato pode estar associado a baixa solubilização e disponibilidade imediata de nutrientes no PB, necessitando a ação de microrganismos do solo. Por outro lado nos tratamentos com doses de 160 e 200 Mg ha^{-1} de PB e adubação de NPK observa-se produtividade de grãos de 5335, 5616, 5883 e 5550 kg ha^{-1}, respectivamente, que foram

estatisticamente superiores a testemunha, na ausência de inoculação de *A. brasilense*. Nesse caso, segundo Galindo *et al.* (2017), a ausência de adubações reduz a fertilidade do solo e resulta em menor produtividade das culturas. No entanto, o fertilizante químico NPK apresentou resultado semelhante as doses mais altas de PB.

A inoculação, promoveu aumento significativo no rendimento de grãos em relação aos tratamentos não inoculados (média de 13,9%), exceto o tratamento NPK. Diversos autores relatam aumento da produtividade de grãos de plantas inoculadas com *A. brasilense.* Vazquez *et al.* (2018) verificaram acréscimos no rendimento de grãos de trigo de 9,8% e 23% no primeiro e segundo ano experimental, respectivamente. Munareto *et al.* (2019) inocularam *A. brasilense* em sementes de trigo e obtiveram um incremento de 36,8% quando comparado as sementes que não receberam inoculação e sem adição de N mineral. Hungria *et al.* (2010) constataram aumentos no rendimento de trigo e milho em 31 e 27%, respectivamente e atribuíram o efeito da inoculação com os aumentos gerais na absorção de vários macros e micronutrientes e na produção de fito hormônios. Segundo Hungria *et al.* (2010), a inoculação ocasiona aumento da solubilização dos nutrientes na rizosfera, em especial o N, portanto, essa maior disponibilidade dos nutrientes resulta em maior absorção pelas plantas e consequentemente aumento de produtividade. Dartora *et al.* (2013), mostraram aumento de 12% na MSPA e 7% na produção de grãos de milho, quando as plantas foram inoculadas com *A. brasilense*. Ainda nesse sentido, Pereira *et al.* (2017) concluíram que a inoculação com bactérias do gênero *Azospirillum* constituem uma alternativa viável para aumentar o desempenho agronômico e o rendimento de grãos da cultura do trigo. Já Gotz *et al.* (2019), ao contrário do presente estudo, não verificaram diferença com diferentes doses de PB na produtividade de grãos de trigo, porém, com utilização de baixas doses 0, 3, 6, 9 e 12 Mg ha^{-1}.

A inoculação com *A. brasilense* resultou no aumento significativo do NGE e o PMS do trigo, exceto para o tratamento com fertilização química - NPK (Tabela 2). As doses de PB, nas condições de plantas inoculadas e não inoculadas apresentaram resultados semelhantes a fertilização química NPK. Segundo Hungria *et al.* (2010), a associação simbiótica das plantas com *A. brasilense* promove o aumento de raízes da planta e liberação de componentes que promovem a solubilização mais rápida, assim maior absorção de nutrientes pelas plantas, resultando em maior acúmulo de MSPA, e consequentemente, no NGE e PMS do trigo.

Tratamentos	NGE		PMS (g)	
	Sem *A. brasilense*	Com *A. brasilense*	Sem *A. brasilense*	Com *A. brasilense*
Testemunha	28 B c*	31 A b	29,37 B c	35,00 A b
NPK	32 A ab	33 A ab	35,35 A a	36,26 A ab
5 Mg ha^{-1}	33 B ab	35 A ab	32,01 B b	36,17 A ab
10 Mg ha^{-1}	34 B ab	36 A ab	33,78 B ab	37,13 A ab
20 Mg ha^{-1}	34 B ab	37 A ab	34,82 B ab	36,98 A ab
40 Mg ha^{-1}	35 B a	36 A ab	34,38 B ab	36,88 A ab
60 Mg ha^{-1}	35 B a	37 A ab	35,40 B ab	37,21 A ab
80 Mg ha^{-1}	36 B a	38 A a	34,98 B a	38,51 A a
120 Mg ha^{-1}	34 B ab	36 A ab	35,78 B a	39,30 A a
160 Mg ha^{-1}	34 B ab	38 A a	35,77 B a	38,76 A a
200 Mg ha^{-1}	33 B ab	36 A ab	35,59 B a	38,45 A a
CV (%)	7,3	10,2	8,6	14,3

* Letras iguais, maiúsculas nas linhas entre a condição inoculado e não inoculado com *A. brasilense* e minúsculas nas colunas entre os tratamentos não diferem estatisticamente pelo teste T ($p \leq 0,05$) e Tukey ($p \leq 0,05$), respectivamente.

Tabela 2. Componentes de produtividade número de grãos por espiga (NGE) e peso de mil sementes (PMS) de trigo nos tratamentos, com e sem inoculação de *A. brasilense*.

A inoculação com *A. brasilense* mostrou maior produção de MSPA (Tabela 1) com correlação significativa no aumento do NGE e PMS (r^2=0,82 e 0,78, respectivamente; P<0,05). A produtividade de grãos apresentou correção significativa com NGE e PMS (r^2=0,65 e 0,86, respectivamente; P<0,05). Nesse contexto, plantas que produzem maior NGE e maior massa de grãos (PMS) resultam em maior produtividade de grãos com o uso de *A. brasilense*. No entanto, Nunes *et al.* (2015) não observaram diferença significativa no NGE de plantas de trigo inoculadas com *A. brasilense* em solos com baixo teor de N, porém quando inoculado em solos com alto N, reduziu o NGE e 6% a produtividade de grãos, devido segundo Munareto *et al.* (2019), ao efeito inibitório do N na inoculação com *A. brasilense*. Estudo realizado por Mumbach *et al.* (2017), não mostrou diferença no PMS ao avaliar aplicação de *A. brasilense*, associado ou não com N mineral.

Em relação as doses de PB, quando não inoculados com *A. brasilense,* o NGE e PMS, para todas as doses de PB, não diferiram estatisticamente da fertilização NPK, com produção entre 32 e 36 grãos por espiga e PMS de 34,38 a 35,78g*,* respectivamente. Porém quando inoculado, os valores de NGE e PMS mostraram acréscimo médio de 6,06 e 7,38%, respectivamente. A testemunha apresentou o menor NGE, 28 e 31, PMS de 29,37 e 35g quando não inoculado e inoculado, respectivamente. A inoculação nas doses de PB aumentou 6,85% o NGE e 8,65% o PMS, em relação a não inoculação. Vazquez *et al.* (2018) também observaram diferença significativa no PMS de trigo comparando tratamentos com

e sem inoculação de *A. brasilense*. Writzl *et al.* (2019) observaram que o PMS, porém de milho pipoca com uso de PB, foi igual ao uso do fertilizante químico NPK.

Os resultados obtidos mostram claramente que a inoculação das plantas de trigo com *A. brasilense* promove o aumento da MSPA, dos componentes de produtividade (PMS e NGE) e grãos. A inoculação associada a utilização de PB mostra-se uma alternativa viável na cultura do trigo. De acordo com Quatrin *et al.* (2019) fertilizantes alterativos aos químicos solúveis visam a redução de custos com fertilizantes químicos, maior sustentabilidade na produção, diminuição da emissão de gases do efeito estufa, menor risco de contaminação dos recursos hídricos, além do aumento da produtividade das culturas. A associação dos nutrientes fornecidos pelo PB, aliado a inoculação com *A. brasilense*, pode contribuir para a redução no uso de fertilizantes nitrogenados e do custo de produção, permitindo uma produção mais lucrativa, e principalmente, sustentável e com preservação ambiental.

4 I CONCLUSÕES

A inoculação com *A. brasilense* promove maior produção de MSPE, NGE, PMS e produtividade de grãos na cultura do trigo, exceto com uso da fertilização química NPK.

O PB nas doses até 120 Mg ha^{-1} apresenta eficiência agronômica semelhante à fertilização química NPK para produção de MSPA, NGE, PMS e produtividade de grãos na cultura do trigo inoculada com *A. brasilense*.

As doses de 160 e 200 Mg ha^{-1} de PB apresentaram os melhores resultados na produção de MSPA e produtividade de grãos, independente do uso da inoculação com *A. brasilense*.

REFERÊNCIAS

AGUIRRE, P. F.; GIACOMINI, S. J.; OLIVO, C. J.; BRATZ, V. F.; QUATRIN, M. P.; SCHAEFER, G. L. Biological nitrogen fixation and urea-N recovery in 'Coastcross-1' pasture treated with *Azospirillum brasilense.* **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v. 55, e01242, p. 1-10, 2020.

BARZOTTO, G. R.; LIMA, S. F.; SANTOS, O. F.; PIATI, G. L.; WASSOLOWSKI, C. R.; Adubação nitrogenada e inoculação com *Azospirillum brasilense* em cevada. **Nativa,** v. 6, n. 1, p. 1-8, 2018.

BEUTLER, A. N.; BURG, G. M.; DEAK, E. A.; SCHMIDT, M. R.; GALON, L. Bactéria fixadora de nitrogênio, produtividade e desenvolvimento de arroz irrigado por inundação. **Revista Caatinga,** v. 29, n. 1, p. 11-17, 2016.

COLA, G. P. A.; SIMÃO, J. B. P. Rochagem como forma alternativa de suplementação de potássio na agricultura agroecológica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável,** v. 7, n. 4, p. 3, 2012.

CQFS/RS-SC - Comissão De Química e Fertilidade Do Solo RS-SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 324, 2016.

DARTORA, J.; GUIMARÃES, V. F.; MARINI, D.; SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com Azospirillum brasilense e Herbaspirillum seropedicae na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v. 17, N. 10, p. 1023-1029, 2013.

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGHS, A., THYS, A.; BROEK, A. V.; VANDERLEYDEN, J. Phytostimulatory effect of *Azospirillum brasilense* wild type and mutant strains altered in IAA production on wheat. **Plant and Soil,** v. 212, p. 155-164, 1999.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia,** v. 35, n. 1, p. 1039-1042, 2011.

FUKAMI, J.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Accessing inoculation methods of maize and wheat with Azospirillum brasilense. **AMB Express,** v. 6, N. 3, p. 1-13, 2016.

GALINDO, F. S.; FILHO, M. C. M. T.; BUZETTI, S.; SANTINI, J. M. K.; ALVES, C. J.; LUDKIEWICZ, M. G. Z. Wheat yield in the Cerrado as affected by nitrogen fertilization and inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v. 52, n. 9, p. 794-805, 2017.

GITTI, D. C.; ARF, O.; MELERO, M.; RODRIGUES, R. A. F.; TARSITANO, M. A. A. Influence of nitrogen fertilization and green manure on the economic feasibility of no-tilled wheat in the Cerrado. **Revista Ceres,** v. 59, n. 2, p. 246-253, 2012.

GORDILLO-DELGADO, F.; MARÍN, E.; CALDERÓN, A. Effect of *Azospirillum brasilense* and *Burkholderia unamae* bacteria on maize photosynthetic activity evaluated using the photoacoustic technique. **International Journal of Thermophysics,** v. 37, p. 1-11, 2016.

GOTZ, L. F.; CASTAMANN, A.; PIOVESAN, F.; ANZOLIN, B. L.; HEREK, T. A.; MIKOANSKI, W. M.; RITA, Y. L. Use of rock powder associated with bovine manure in red Oxisol cultivated with wheat. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável,** v. 9, n. 2, p. 131-139, 2019.

HARLEY, A. D.; GILKES, R. J. Factors influencing the release of plant nutrient elements from silicate rock powders: a geochemical overview. **Nutrient Cycling in Agroecosystems,** v. 56, n. 1, p. 11-36, 2000.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil,** v. 331, p. 413-425, 2010.

KRAMER, L. F. M.; MÜLLER, M. M. L.; TORMENA, C. A.; GENÚ, A. M.; MICHALOVICZ, L.; VICENSI, M. Atributos químicos do solo associados à produtividade do trigo em um talhão com diferentes potenciais produtivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v. 38, n. 4, p. 1190-1199, 2014.

MELO, V. F.; UCHÔA, S. C. P.; DIAS, F. O.; BARBOSA, G. F. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. **Acta Amazonica,** v. 42, n. 4, p. 471-476, 2012.

MILLÉO, M. V. R. & CRISTÓFOLI, I. Avaliação da eficiência agronômica da inoculação de *Azospirillum* sp. na cultura do milho. **Scientia Agraria,** v. 17, n. 1, p. 14-23, 2016.

MUMBACH, G. L.; KOTOWSKI, I. E.; SCHNEIDER, F. J. A.; MALLMANN, M. S.; BONFADA, E. B.; PORTELA, V. O.; KAISER, D. R. Resposta da inoculação com *Azospirillum brasilense* nas culturas de trigo e de milho safrinha. **Scientia Agraria,** v. 18, n. 2, p. 97-103, 2017.

MUNARETO, J. D.; MARTIN, T. N.; FIPKE, G. M.; CUNHA, V. S.; ROSA, G. B. Nitrogen management alternatives using *Azospirillum brasilense* in wheat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v. 54, n. 1, p. 1-8, 2019.

NAOE, A. M. L.; PELUZIO, J. M.; CAMPOS, L. J. M.; NAOE, L. K.; SILVA, R. A. Co-inoculation with *Azospirillum brasilense* in soybean cultivars subjected to water déficit. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v. 24, n. 2, p. 89-94, 2020.

NUNES, P. H. M. P.; AQUINO, L. A.; SANTOS, L. P. D.; XAVIER, F. O.; DEZORDI, L. R.; ASSUNÇÃO, N. S. Produtividade do trigo irrigado submetido à aplicação de nitrogênio e à inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v. 39, n. 1, p. 174-182, 2015.

PEREIRA, L. C.; PIANA, S. C.; BRACCINI, A. L.; GARCIA, M. M.; FERRI, G. F.; FELBER, P. H.; MARTELI, D. C. V.; BIANCHESSI, P. A.; DAMETTO, I. B. Rendimento do trigo (*Triticum aestivum*) em resposta a diferentes modos de inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista de Ciências Agrárias,** v. 40, n. 1, p. 105-113, 2017.

QUATRIN, M. P.; OLIVO, C. J.; SIMONETTI, G. D.; BRATZ, V. F.; GODOY, G. L.; CASAGRANDE, L. G. Response of dual-purpose wheat to nitrogen fertilization and seed inoculation with *Azospirillum brasilense.* **Ciência e Agrotecnologia,** v. 43, p. 1-12, 2019.

RIBEIRO, L. S.; SANTOS, A. R.; SOUZA, L. F. S. Rochas silicáticas portadoras de potássio como fontes do nutriente para as plantas solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v. 34, n. 3, p. 891-897, 2010.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; DOS ANJOS, L. H. C.; DE OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: Embrapa. 5ª ed. 356p., 2018.

SILVA, V. N.; SILVA, L. E. S. F.; SILVA, A. J. N.; MACEDO, G. R. Biofertilizers and performance of *Paenibacillus* in the absorption of macronutrients by cowpea bean and soil fertility. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v. 19, n. 12, p. 1136-1142, 2015.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. **Academia Brasileira de Ciências,** v. 78, n. 4, p. 721-730, 2006.

TONIN, R. F. B.; REIS, E. M.; DANELLI, A. L. D. Etiologia e quantificação dos agentes causais de manchas foliares na cultura do trigo nas safras 2008 a 2011. **Summa Phytopathology,** v. 39, n. 2, p. 102-109, 2013.

TOSCANI, R. G. S.; CAMPOS, J. E. G. Uso de pó de basalto e rocha fosfatada como remineralizadores em solos intensamente intemperizados. **Geociências,** v. 36, n. 2, p. 259-274, 2017.

VAZQUEZ, G. H.; MOTTA, R. M. K.; SILVA, M. R. R; VANZELA, L. S. Inoculação com *Azospirillum brasilense* e tratamento de semente em trigo irrigado no Noroeste Paulista. **Nucleus,** v. 15, n. 2, p. 463-473, 2018.

WRITZL, T. C.; CANEPELLE, E.; STEIN, J. E. S.; KERKHOFF, J. T.; STEFFLER, A. D.; SILVA, D. W.; REDIN, M. Produção de milho pipoca com uso do pó de rocha de basalto associado à cama de frango em Latossolo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável,** v. 9, n. 2, p. 101-109, 2019.

CAPÍTULO 5

PRODUÇÃO DE MILHO INOCULADO COM *Azospirillum brasilense* NO SUL DO BRASIL

Data de aceite: 01/02/2022
Data de submissão: 31/12/2021

Luiz Emilio Nunes Carpes Filho
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)
Três Passos – RS
http://lattes.cnpq.br/9759850350175482

Marlon de Castro Vasconcelos
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)
Três Passos- RS
http://lattes.cnpq.br/5983932516722444

Daniel Erison Fontanive
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)
Três Passos- RS
http://lattes.cnpq.br/3710151152188946

Julio Cesar Grazel Cezimbra
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)
Três Passos- RS
http://lattes.cnpq.br/9375534668717733

Matheus Rocha
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)
Três Passos- RS
http://lattes.cnpq.br/8037184228176720

Robson Evaldo Gehlen Bohrer
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)
Três Passos – RS
http://lattes.cnpq.br/3842686753056199

Danni Maisa da Silva
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)
Três Passos – RS
http://lattes.cnpq.br/2971607375965625

Maiara Figueiredo Ramires
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)
Três Passos – RS
http://lattes.cnpq.br/0432603862453233

Daniela Mueller de Lara
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)
Três Passos – RS
http://lattes.cnpq.br/1557177056454917

Divanilde Guerra
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)
Três Passos- RS
http://lattes.cnpq.br/9759850350175482

Eduardo Lorensi de Souza
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)
Três Passos- RS
http://lattes.cnpq.br/2959552862063583

RESUMO: Na cultura do milho a adubação nitrogenada é um dos adubos minerais com maior custo. Uma alternativa é o uso de bactérias diazotróficas inoculadas para a complementação ou substituição dos fertilizantes químicos nitrogenados. O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho e produtividade da cultura do milho com adubação nitrogenada e inoculação

com *Azospirillum brasilense* no sul do Brasil. Seis tratamentos foram avaliados, associando inoculação de *A. brasilense* e doses de N, conforme segue: T1 - adubação recomendada (Testemunha); T2 - adubação recomendada + *A. brasilense*; T3 - *A. brasilense*; T4 - *A. brasilense* + 30 kg/N em cobertura; T5 - *A. brasilense* + 70 kg/N em cobertura e; T6 - *A. brasilense* + 70 kg/N em cobertura em duas épocas (35 + 35 kg/N). Foram avaliados o comprimento de espiga (CE), peso de espiga (PE), número de linhas por espiga (LE), diâmetro de espiga (DE), peso de mil grão (PMG), produtividade, massa verde (MV) e massa seca (MS) na cultura do milho. Obteve-se diferenças apenas para a variável MS, os demais parâmetros avaliados não diferiram estatisticamente. Não houve incremento com o uso da inoculação no comprimento de espiga, peso de espiga, número de linhas por espiga, diâmetro de espiga, peso de mil grão, massa verde, no entanto, a inoculação com *A. brasilense* permitiu obter produtividades semelhantes com as obtidas na testemunha com adubação mineral.
PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays*. Bactérias. Nitrogênio. Produtividade.

PRODUCTION OF CORN INOCULATED WITH *Azospirillum brasilense* IN SOUTHERN BRAZIL

ABSTRACT: In corn, nitrogen fertilization is one of the most costly mineral fertilizers. An alternative is the use of inoculated diazotrophic bacteria to complement or replace nitrogenous chemical fertilizers. The objective of this work was to evaluate the performance and productivity of corn crop with nitrogen fertilization and inoculation with *Azospirillum brasilense* in southern Brazil. Six treatments were taken, associating inoculation of *A. brasilense* and N doses, as follows: T1 - recommended fertilization (Control); T2 - recommended fertilization + *A. brasilense*; T3 - *A. brasilense*; T4 - *A. brasilense* + 30 kg / N in coverage; T5 - *A. brasilense* + 70 kg / N in coverage and; T6 - *A. brasilense* + 70 kg / N in coverage in two seasons (35 + 35 kg / N). The ear length (CE), ear weight (PE), number of rows per ear (LE), ear diameter (DE), weight of a thousand grain (PMG), yield, green mass (MV) and mass were acquired. drought (DM) in corn crop. Differences were obtained only for the MS variable, the other parameters adopted did not differ statistically. There was no increase with the use of inoculation in ear length, ear weight, number of rows per ear, ear diameter, thousand grain weight, green mass, however, an inoculation with *A. brasilense* obtains similar yields with the Base on the control with mineral fertilizer.
KEYWORDS: *Zea mays*. Bacteria. Nitrogen. Productivity.

1 I INTRODUÇÃO

O milho (*zea mays*) tem grande importância devido a sua utilização na alimentação animal e humana, para a produção de etanol e como fonte de bioenergia (SOLOGUREN, 2015). No Brasil, é uma das principais culturas, em que foram produzidos 25.771.550 e 76.727.987 toneladas de grãos na primeira e segunda safra de 2021, respectivamente (IBGE, 2021), apresentando um aumento de 8,7 % em comparação com a safra de 2020. Já o Rio Grande do Sul (RS) produziu na safra de 2021 um total de 4.429.108 toneladas, na primeira safra, em uma área total de 781.000 hectares (IBGE, 2021).

A produtividade da cultura do milho é resultante do uso de novas tecnologias para o

cultivo. Além disso, a fertilidade dos solos, somada ao seu manejo apropriado são fatores que elevam a produção (FILHO, 2015). Dentre Os nutrientes, o N aplicado via fontes nitrogenadas é o mais importante do ponto de vista econômico e ambiental. O N está relacionado ao crescimento e rendimento das culturas, tendo participação importante na molécula de clorofila, que exerce funções regulatórias das reações de síntese, sendo que a carência de N afeta abertamente a capacidade fotossintética das plantas (MARTIN et al., 2013). Em média, somente 50% a 60% do N aplicado é absorvido pela planta, o que comprovaria, a necessidade do parcelamento da adubação para o melhor aproveitamento desse nutriente (RODRIGUEZ-SALAZAR et al., 2009) pois o milho necessita de um aporte elevado de N. Desta forma, considerando-se um aproveitamento por parte da planta de 60% de N aplicado no solo, seria necessária uma adubação na ordem de 200 kg de N por hectare, para obter uma produção de 16 toneladas de massa seca ou 8 a 10 toneladas de grãos, pois a cada tonelada de grão produzida, o milho requer, aproximadamente, 20 kg de N por hectare a mais a ser aplicado (PAVINATO et al., 2008).

Com o alto custo dos fertilizantes industrializados e uma sensibilização em defesa de uma agricultura mais sustentável, há um empenho crescente pelo uso de inoculantes, composto por bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP), as quais fixam N atmosférico e liberam N para a planta, com potencial de aumentar a produtividade (HUERGO et al., 2008). Porém, para que a inoculação com essas bactérias tenha sucesso, é importante o uso de genótipos adaptados às condições locais e predispostos à colonização, bem como, estar atento a forma de aplicação (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Uma alternativa para a redução de aplicações ao solo de adubações nitrogenadas é o uso de inoculação das sementes com bactérias diazotróficas, que possuem capacidade de fixação biológica de N. Desde a década de 1970, tem-se pesquisado a interação entre *Azospirillum brasilense*, e espécies cultivadas tanto para promover o crescimento de raízes como para a fixação biológica de N (LIN *et al.*, 1983). Bactérias do gênero *Azospirillum* associam-se à rizosfera do milho e podem contribuir com o fornecimento de N a cultura e promover o crescimento vegetal através da produção de fitoreguladores e sideróforos (NOVAKOWISKI *et al.*, 2011).

O uso de *A. brasiliense* na cultura do milho mostrou um aumento de até 30% na produtividade em relação ao não uso da inoculação (HUNGRIA et al., 2010). Dessa forma, a bactéria utilizada *A. brasiliense* pode promover vários estímulos para o crescimento das plantas, através da fixação biológica de N (FUKAMI *et al.*, 2016), solubilização de fosfato e um maior desenvolvimento radicular (KAZI *et al.*, 2016). Também, promove o aumento nos teores de clorofila e condutância estomática (HUNGRIA, 2011), além de alterações na fotossíntese das plantas (GORDILLO-DELGADO *et al.*, 2016) e crescimento dentro da planta, levando ao aumento da atividade da enzima nitrato redutase (HUNGRIA, 2011). Esses efeitos, em conjunto sobre a cultura do milho, poderão proporcionar melhores rendimentos. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho e

produtividade da cultura do milho com adubação nitrogenada e inoculação com *Azospirillum brasilense* no sul do Brasil.

2 I MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido pela Uergs na área experimental da Escola Técnica Estadual Celeiro (ETEC), situada na latitude 27°33'49'' e longitude 53°51'30'', no município de Bom Progresso – RS. O clima da região é, segundo Köppen, como Cfa (Clima subtropical úmido) com precipitação média anual de 1800 mm, com temperatura média de 24ºC (IRGA 2019) e de acordo com Santos et al. (2018) o solo é caracterizado como Latossolo Vermelho Distrófico.

Antes a área estava em pousio, na qual foi realizada a amostragem de solo para a análise química na camada 0-20 cm de profundidade, conforme a metodologia da Embrapa (SILVA, 2009). O solo apresentou as seguintes características: pH em água: 5,1; matéria orgânica: 2,5%; fósforo: 3,2 mg/L; potássio: 65,5 mg/L; cálcio: 4,7 cmolc/L; magnésio: 2,3 cmolc/L; alumínio: 0,4 cmolc/L; H+Al: 5,1 cmolc/L; CTC: 12,3 cmolc/L; argila: 59,0%. Os dados climatológicos (precipitação e temperatura média mensal), referentes ao período em que a cultura permaneceu no campo, podem ser observados na Figura 1.

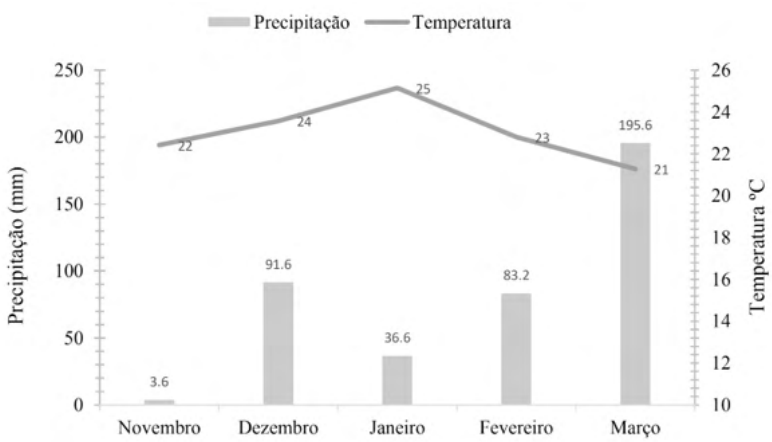


Figura 1. Precipitação e temperatura média mensais.

Fonte: INMET, 2019.

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso (DBC), com quatro repetições, em parcelas delimitadas nas medidas de 2,10 x 2,70 m (5,67 m²). Nesse estudo avaliou-se combinações entre doses de N em cobertura e inoculação com a bactéria *A. brasilense*, formados os 6 tratamentos testados, conforme descritos a seguir: **T1 -** adubação recomendada (Testemunha); **T2** - adubação recomendada + *A. brasilense*; **T3** - *A.*

brasilense; **T4** - *A. brasilense* + 30 kg/N em cobertura; **T5** - *A. brasilens* + 70 kg/N em cobertura e; **T6** - *A. brasilense* + 70 kg/N em cobertura em duas épocas (35 + 35 kg/N).

A adubação utilizada na semeadura na linha foi de 56 kg/ha de ureia, 466,6 kg de superfosfato triplo e 144,8 kg ha^{-1} de cloreto de potássio, conforme a análise de solo e com o Manual de Adubação e Calagem para os Estados do RS e SC da Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS- RS/SC, 2016).

A semeadura do milho foi realizada no dia 23 de novembro de 2018, sendo utilizado 3 a 4 sementes por metro linear a uma profundidade de 3 a 5 cm e espaçamento entre linha de 0,45 metros. As sementes foram adquiridas com o tratamento industrial, com fungicidas recomendados pelo fabricante. A cultivar utilizada foi a Agroceres AG 9025, com ciclo de maturidade de 130 dias, com uma população de 75 mil plantas por hectares. No momento da semeadura, nos tratamentos que receberam inoculação, foi utilizada a inoculação com *A. brasilense* produto comercial na concentração de 2,0 x 10^8 UFC/ml (UFC: Unidades Formadoras de Colônias). A segunda aplicação de N e *A. brasilense* + 70 kg/N em cobertura foi feita 40 dias após a semeadura. Os demais tratos culturais seguiram as recomendações técnicas para a cultura do milho.

As avaliações de biomassa foram realizadas através de coleta de seis plantas por repetição dentro da área útil, na fase de pendoamento (VT). Após a coleta, as plantas foram imediatamente pesadas para a obtenção da massa verde e em seguida foram levadas para a secagem em estufa a 45ºC até atingirem peso constante e depois foi determinada a massa seca de plantas. A colheita das espigas foi realizada manualmente em uma área útil conhecida (0,72m²). Após foi realizada a medição do diâmetro e comprimento das espigas e contado o número de linhas de grãos em cada espiga. Posteriormente, procedeu-se a com a debulha manual das espigas e a avaliação de produtividade através da pesagem das amostras e determinação de peso de mil grãos.

Os resultados obtidos nesse estudo foram submetidos à análise de variância e testes complementares com contrastes ortogonais, utilizando-se os procedimentos disponíveis no pacote estatístico Sisvar (FERREIRA, 2019). Os contrastes testados foram os seguintes: C1: T1 x T2, T3, T4, T5, T6; C2: T2 x T3; C3: T3 x T4, T5, T6; C4: T4 x T5.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados desse estudo estão apresentados na tabela 1.

	CONTRASTE/ TRATAMENTO	CE (cm)	PE (g)	LE	DE (cm)	PMG (g)	Produtividade (sc/ha)	MV kg/ ha^{-1}	MS kg/ ha^{-1}
	Testemunha X	18,3^{ns}	196^{ns}	13^{ns}	14,8^{ns}	438^{ns}	163^{ns}	10.969^{ns}	6.113 *
	A.R[(1)]+A.B.[(2)]	18,9	197	13	14,9	438	164	12.500	6.872
	A.B.	18,2	182	14	14,5	413	153	11.438	6.409
C1	A.B.+30kgN	17,8	184	15	14,7	405	155	14.438	7.594
	A.B+70kgN	18,6	201	14	14,5	418	168	12.750	6.953
	A.B.+35+35kgN	17,8	183	13	14,6	415	155	14.563	7.325
	CV %	5,29	16,1	6,07	5,34	10,85	17,07	21,14	8,73
	A.R.+ A.B. X	18,9^{ns}	197^{ns}	13^{ns}	14,9^{ns}	438^{ns}	164^{ns}	12.500^{ns}	6.872^{ns}
C2	A.B.	18,2	182	14	14,5	413	153	11.438	6.409
	CV %	5,29	16,16	6,07	5,34	10,85	17,07	21,14	8,73
	A.B. X	18,2^{ns}	182^{ns}	14^{ns}	14,5^{ns}	413^{ns}	153^{ns}	11.438^{ns}	6.409*
	A.B.+30kgN	17,8	184	15	14,7	405	155	14.438	7.594
	A.B.+70kgN	18,6	201	14	14,5	418	168	12.750	6.953
C3	A.B.+35+35kgN	17,8	183	13	14,6	415	155	14.563	7.325
	A.R.+ A.B.	18,9	197	13	14,9	438	164	12.500	6.872
	CV %	5,29	16,16	6,07	5,34	10,85	17,07	21,14	8,73
	A.B+30kgN x	17,8^{ns}	184^{ns}	15^{ns}	14,7^{ns}	405^{ns}	155^{ns}	14.438^{ns}	7.594^{ns}
C4	A.B.+70kgN	18,6	201	14	14,5	418	168	12.750	6.953
	CV (%)	5,29	16,16	6,07	5,34	10,85	17,07	21,14	8,73

[(1)]Adubação recomendada; [(2)]*Azospirillum brasiliense;* * Significativo à 5% de probabilidade de erro; ^{ns} Não significativo.

Tabela 2. Médias de comprimento de espiga (CE), peso de espiga (PE), número de linhas por espiga (LE), diâmetro de espiga (DE), peso de mil grão (PMG), produtividade, massa verde (MV) e massa seca (MS) do milho.

Observou-se que para a avaliação de comprimento de espiga, peso de espiga, diâmetro de espiga, número de linhas por espiga, peso de mil grãos, massa verde e produtividade não se obteve diferença significativa entre os tratamentos. No entanto, um ponto positivo foi que o tratamento no qual somente se utilizou inoculação com *A. brasilense* (T3) apresentou resultados estatisticamente semelhantes ao tratamento que se empregou adubação nitrogenada, para produção de massa seca. Isso é importante, pois demonstra o potencial do fornecimento de N pelas bactérias para suprir as necessidades da planta em quantidade semelhante à adubação tradicional nitrogenada durante o ciclo. Este efeito pode estar ligado à marcha de sincronismo entre o crescimento e absorção da planta durante o ciclo e o fornecimento gradual de N nesse período pelas bactérias, o que não ocorre com a adubação nitrogenada porque no momento da aplicação do N, todo este nutriente está disponível naquele momento e boa parte se perde via volatilização e nem sempre a planta consegue absorver tudo no momento da aplicação da adubação mineral nitrogenada.

Os resultados para comprimento de espiga tiveram média de 17,8 a 18,9 cm, sem diferença significativa, porém, houve igualdade no comprimento de espigas com o tratamento onde se utilizou N. Resultados semelhantes foram encontrado por Moreira *et al.* (2019), onde a variável comprimento de espiga foi afetado pela influência mútua entre os tratamentos, sendo que o efeito das doses de N foi linear, porém, para ambas as variáveis, não houve diferença entre os tratamentos com N com e sem a aplicação do *A. brasilense*, mostrando efeito das doses de N e não da bactéria.

No PE não houve diferença significativa entre os tratamentos. Marques (2018) também não encontrou diferença significativa para o PE, entre os tratamentos sem inoculação de *Azospirillum brasilense* + 100 kg ha^{-1} de N e com inoculação de *A brasilense* + 100 kg ha^{1} de N, demonstrando que não houve influência da inoculação. Estes resultados também corroboram com os de Repke *et al.* (2013), que não verificaram diferenças da aplicação de *A. brasilense* via tratamento de sementes, acompanhada ou não de doses de N sobre o PE.

Na avaliação dos números de linhas por espiga não houve diferenças entre os contrastes testados, onde as médias variaram de 13 a 15 linhas por espiga. O diâmetro de espigas variou entre 14,5 a 14,9 cm, mas também não apresentou nenhuma diferença em relação aos tratamentos utilizados. Esse resultado coincide com o encontrado por Cunha (2015), que em seu estudo com a inoculação de *A. brasilense* também não promoveu efeito significativo no diâmetro de espiga. Segundo o mesmo autor, o diâmetro de espiga demonstrou ter baixa correlação e colaboração no rendimento total final do híbrido avaliado.

Para o PMG, os valores variam entre 405 e 438 g entre os tratamentos utilizados no presente estudo, não havendo diferença estatística. Pandolfo *et al.* (2015) e Silva *et al.* (2015), avaliando a massa de mil grãos, também não observaram diferenças com *A. brasilense* combinadas ou não com doses de N. Kotowski (2015), concluiu que maiores

valores de PMG são consequência das maiores doses de N e que a utilização de *A. brasiliense* não influenciou.

A produtividade não teve nenhuma resposta significativa referente ao uso de inoculação, apenas obteve-se resultados semelhantes entre o tratamento onde se utilizou N recomendado (Testemunha) para a cultura em relação ao uso de inoculação. Isso pode ser resultado da baixa precipitação ocorrida na região durante o ciclo da cultura, onde as médias obtidas foram de 153 sc/ha (T1) e o T3 com 153 sc/ha, não havendo diferença significativa. Esses resultados assemelham-se com os obtidos por Sangoi *et al.* (2015), que não observou diferenças significativas entre parcelas inoculadas e não inoculadas quando não se utilizou N ou quando se aplicou metade da dose recomendada no sistema de médio manejo.

Os resultados encontrados na literatura trazem dados sobre o desempenho do milho com o uso de inoculação com *A. brasiliense* bastante variados. Alves *et al.* (2020), obtiveram resultados significativos no incremento da produtividade do milho comparando o uso de nitrogênio em cobertura + inoculação com *A. brasiliense* em relação ao uso do nitrogênio somente em cobertura. Estudando a aplicação de *A. brasilense* na cultura do milho, Repke *et al.* (2013) e Müller *et al.* (2016) também não obtiveram resultados significativos da inoculação em milho.

A variável massa verde não sofreu influência quando se utilizou N e inoculação ou a combinação dos dois tratamentos. Conforme Milléo e Cristófoli (2016), a inoculação de *A. brasilense* é responsável pelo acréscimo de matéria vegetal de milho, principalmente a matéria seca, quando na presença de elevadas doses de N. Mas em trabalhos com uso de inoculação com *A. brasiliense* associados com doses de N e P, Santos *et al.* (2018), ressaltam que para massa verde, todos os tratamentos não apresentaram resultados significativos as mudanças, a não ser para o tratamento 70% da dose de N com base na recomendação de 360 kg/ha e 60% de superfosfato simples que teve uma queda em rendimento de massa. Porém, esse rendimento volta a melhorar no tratamento com 70% da dose de N e 40% da dose de superfosfato simples, obtendo uma melhor resposta do que o tratamento 100N/100P uso de 100% das doses (Testemunha).

A massa seca apresentou resultados com diferença significativa nos contrastes C1: T1x T2, T3, T4, T5, T6, em que se comparou a testemunha com os demais tratamentos, e se verificou que o T1 teve uma menor produção de massa seca quando comparado com os demais tratamentos, com uma média de 10.969 kg ha^{-1} de massa seca, enquanto que os demais tratamentos apresentaram médias de 12.500 kg ha^{-1} (T2), 11.438 kg ha^{-1} (T3), 14.438 kg ha^{-1} T4, 12.750 kg ha^{-1} T5, e T6 com a maior média de produção de massa seca com 14.563 kg ha^{-1}. Nos contrastes C3: T3 x T4, T5, T6, foi comparado somente a inoculação associada com diferentes doses de N, sendo que se destacou o tratamento onde se utilizou a maior dose de N com o parcelamento da dose, uma ocorrendo na fase vegetativa e outra na fase reprodutiva. Na adubação nitrogenada, a dose e o parcelamento

são fatores relevantes que contribuem para o crescimento vegetativo e a produção do milho (SILVA *et al*., 2010). Vorpagel (2010), concluiu em seu estudo, que a inoculação das sementes na cultura do milho com as bactérias *A. brasilense* seja responsável pelo aumento do percentual de acúmulo de matéria seca, que pode estar relacionado com a crescente assimilação de nitrogênio e da atividade das enzimas fotossintéticas.

A fixação biológica de N no milho está em ascensão, junto disso muitos trabalhos já têm demonstrado aumento de rendimento de massa seca, produtividade e o acúmulo de nutrientes por plantas inoculadas com *A. brasiliense* (QUADROS *et al*., 2014; ALVES et al., 2020). O nitrogênio é indispensável para o processo de crescimento do vegetal, pois a planta depende deste nutriente para realizar a síntese de proteína, absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular, proporcional uma vegetação verde e abundante, com aumento da folhagem e rápido crescimento (OKUMURA *et al*., 2011).

Segundo Alves *et al*. (2020), a inoculação pode ser suficiente para fornecer o N necessário nos estados iniciais de desenvolvimento dispendendo assim a aplicado na base, no entanto, não é o suficiente para fornecer a demanda total de N semelhante a adubação em cobertura e isso pode ser associado a alta exigência de N pela cultura do milho. Outro aspecto importante que a partir da utilização da inoculação de *A. brasilense* poderá se ter a diminuição da utilização de nitrogênio nas lavouras brasileiras, minimizando os impactos na cadeia produtiva, como por exemplo os custos com adubação, além dos danos ambientais (CARMO *et al*., 2020). Porém, sua recomendação técnica ainda necessita de mais estudos, considerando, entre outros fatores, os genótipos e o nível de investimento adotados na lavoura (PANDOLFO *et al*., 2015). Conforme Oliveira (2016), um dos principais entraves para o uso da inoculação na cultura do milho com *Azospirillum*, ocorre pela contradição dos dados disponíveis de pesquisa, que se diferenciam pela cultivar utilizada, condições climáticas variáveis e o manejo utilizado na cultura.

4 I CONCLUSÃO

O uso de inoculação com *A. brasilense* incrementou a produção de matéria seca de plantas e permitiu obter produtividades semelhantes com as obtidas na testemunha com adubação mineral.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. V. *et al*. **Corn seed inoculation with** *Azospirillum brasilense* **in different nitrogen fertilization management**. Revista Brasileira Ciências Agrárias, Recife, v.15, 3: 8100, 2020.

CARMO, K. B. *et al.* **Desempenho agronômico do milho safrinha em resposta a doses de nitrogênio combinadas com inoculante biológico em Mato Grosso**. Scientific Electronic Archives, [s. l.], v. 13, 13: 95–101, 2020.

CUNHA, F. N. *et al.* **Efeito da** *Azospirillum brasilense* **na produtividade de milho no sudoeste goiano**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, 13(3): 261-272. 2015.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs**. Revista Brasileira de Biometria, [S.l.], v. 37, 4: 529-535, dec. 2019. ISSN 1983-0823. Available at: http://www.biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450 . Date accessed: 10 may. 2021.

FILHO, I. A. P. Embrapa. **Sistema de Produção**, 1 ISSN 1679-012X. 9ª edição. Novembro de 2015. Disponível em: < https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7905&p_r_p_-996514994_topicoId=1307 .

FUKAMI, J. et al. AMB Express**. Acessing inoculation methods of maize and wheat with** *Azospirillum brasilense.* v. 6, p. 1-13, 2016.

GORDILLO-DELGADO, F.; MARÍN, E.; CALDERÓN, A. International Journal of Thermophysics. **Effect of** *Azospirillum brasilense* **and** *Burkholderia unamae* **Bacteria on Maize Photosynthetic Activity Evaluated Using the Photoacoustic Technique**. v. 37, p. 1-11, 2016.

HUNGRIA, M. *et al.* **Inoculation with selected strains of** *Azospirillum brasilense* **and A. lipoferum improves yields of maize and wheat in Brazil**. Plant and Soil, v. 331, p. 413-425, 2010. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-009-0262-0 . Acesso em 02 de outubro de 18.

HUNGRIA, M. **Inoculação com** *Azospirillum brasilense***: inovação em rendimento a baixo custo**. Embrapa Soja, Documento 325. Londrina-PR. 2011.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola.** https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil . Acessado em 24/05/2021

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática, Estação automática de Santo Augusto**. http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas . Acessado em 25/11/2019.

KAZI, N. *et al.* Field Crops Research. **The response of wheat genotypes to inoculation with** *Azospirillum brasilense* **in the field**. v. 196, p. 368-378, 2016.

KOTOWSKI, I. E. **Avaliação da eficiência agronômica do inoculante a base de** *Azospirillum brasiliense* **na cultura do milho**. 2015.

LIN, W.; OKON, Y.; HARDY, R. W. F. Applied and Environmental Microbiology. **Enhanced mineral uptake by** *Zea mays* **and** *Sorghum bicolor* **roots inoculated with** *Azospirillum brasilense*, v.45, 6: 1775-1779, 1983.

MARQUES, J. B. **Inoculação via semente de** *Azospirillum brasilense* **e aplicação de doses de nitrogênio em cobertura no desempenho agronômico do milho**. 2018.

MARTIN, T. N.; CUNHA, V. S.; BULCAO, F. P. **Cultivar Grandes Culturas Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho como precursor de melhorias na produtividade**, v. 1, p. 36-38, 2013.

MOREIRA, R. C.; VALADÃO, F. C. A.; JÚNIOR, D. D. V. **Desempenho agronômico do milho em função da inoculação com** *Azospirillum brasilense* **e adubação nitrogenada**. Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, v. 62, 2019.

MÜLLER, T. M. *et al.* **Combination of inoculation methods of** *Azospirilum brasilense* **with broadcasting of nitrogen fertilizer increases corn yield**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 46, 2: 210-215, doi: 10.1590/0103-8478cr20131283. 2016.

NOVAKOWISKI, J. H. Ciências Agrárias**. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de** *Azospirillum brasilense* **na cultura do milho**. Semina: v. 32, p.1687- 1698, 2011. Disponível em: https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/4400/9128. Acesso em 22 de dezembro de 2021.

OKUMURA, R. S.; MARIANO, D. C.; ZACCHEO, P. V. C. **Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão**. Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia, Guarapuava, v. 4, 2: 26-244, 2011.

OLIVEIRA, R. P. **Inoculação de** *Azospirillum brasilense* **e manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho**. 2016.

PANDOLFO, C. M. *et al.* **Desempenho de milho inoculado com** *Azospirillum brasiliense* **associado a doses de nitrogênio em cobertura**. Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE). 2015.

PAVINATO, P. S. *et al.* Ciência Rural (UFSM. Impresso). **Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização**. v. 38, p. 358-364, 2008.

QUADROS, P. D. D. *et al.* **Desempenho agronômico a campo de híbridos de milho inoculados com** *Azospirillum*. Revista Ceres, 61(2): 209-218, 2014.

REPKE, R. A. *et al.* **Eficiência da** *Azospirillum brasilense* **combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Belo Horizonte**, v. 12, 3: 214-226, 2013.

RODRIGUEZ-SALAZAR, J. *et al.* Federation of European Microbiological Societies. **Trehalose accumulation in** *Azospirillum brasilense* **improves drought tolerance and biomass in maize plants**. v. 296, p. 52–59. 2009.

SANGOI, L. *et al.* **Desempenho agronômico do milho em razão do tratamento de sementes com** *Azospirillum* **sp. e da aplicação de doses de nitrogênio mineral**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 39(4): 141-1150. 2015.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa; 2018.

SANTOS, L. R. P. M., AMARAL, H. F., & NUNES, M. P. (2018). **Desenvolvimento e assimilação de nutrientes de milho inoculado com** *Azospirillum brasilense* **e diferentes doses de nitrogênio e fósforo**. Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa, 34(esp.), 140-159.

SILVA, A. G. *et al.* **Inoculação de sementes de milho safrinha com** *Azospirillum* **e aplicação de nitrogênio em cobertura**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, 14(3): 358-370. 2015.

SILVA, F. C. (ed.). **Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2009.

SILVA, M. R. *et al.* (2010). **Modelagem e a adubação NPK na cultura do milho para silagem e grãos**. In: T.N. Martin, A.J. Waclawovsky, F. Kuss, A.S. Mendes e Brun, E.J. (Org.). Sistemas de Produção Agropecuária (pp. 152176) Dois Vizinhos: UTFPR.

SOLOGUREN, L. **Visão agrícola milho**. USP ESALQ ANO 9, JUL I DEZ 2015. Disponível em: http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/Esalq-VA13-Milho.pdf Acessado em 19 de agosto de 2018.

VORPAGEL, A. G. **Inoculação de** *Azospirillum***, isolado e associado à bioestimulante, em milho, no Noroeste do RS**. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2010.

CAPÍTULO 6

DENSIDADE VERTICAL DE RAIZ DE *EUTERPE OLERACEA* MART. SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO EM MONOCULTIVO E CONSÓRCIO, LESTE DA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Data de aceite: 01/02/2022
Data de submissão: 10/12/2021

Erika de Oliveira Teixeira de Carvalho
Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-PA
https://orcid.org/0000-0002-8413-7615

Matheus Lima Rua
Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-PA
http://orcid.org/0000-0002-5184-0726

Deborah Luciany Pires Costa
Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-PA
https://orcid.org/0000-0002-3513-0759

Carmen Grasiela Dias Martins
Universidade Estadual Paulista
Belém-PA
https://orcid.org/0000-0001-7854-1956

João Vitor de Nóvoa Pinto
Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-PA
https://orcid.org/0000-0001-5194-0834

Maria de Lourdes Alcântara Velame
Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-PA
https://orcid.org/0000-0002-1894-5462

Stefany Porcina Peniche Lisboa
Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-PA
http://orcid.org/0000-0001-6028-4955

Adrielle Carvalho Monteiro
Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-PA
http://orcid.org/0000-0003-0981-0002

Igor Cristian de Oliveira Vieira
Universidade Estadual Paulista
Belém-PA
https://orcid.org/0000-0002-0488-5008

Denilson Barreto da Luz
Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-PA
http://orcid.org/0000-0001-7192-3310

Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes
Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-PA
https://orcid.org/0000-0003-4072-003X

Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza
Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-PA
https://orcid.org/0000-0003-4748-1502

RESUMO: O açaizeiro é tipicamente encontrado em regiões tropicais, com grande concentração na região Amazônica, onde se destaca pela alta produtividade de seu fruto, açaí, e que nos últimos anos vem sendo fortemente demandado pelo mercado interno e externo. A raiz é responsável pela sustentação e absorção de água e nutrientes dos vegetais, portanto, o conhecimento da densidade vertical de raiz é de grande importância para produção agrícola, pois auxilia no aperfeiçoamento do manejo de irrigação da cultura e na instalação de sensores

de monitoramento da tensão de água no solo, possibilitando o uso eficiente da água na agricultura. O presente estudo teve por objetivo avaliar a densidade vertical de raiz de *Euterpe oleracea* Mart. sob diferentes lâminas de irrigação em monocultivo e consórcio, leste da Amazônia brasileira. O experimento foi realizado em um plantio comercial de açaizeiro, localizada no município de Castanhal-PA. Os tratamentos avaliados foram: Monocultivo irrigado e sequeiro e Consórcio, totalizando 4 tratamentos, que tiverem 5 repetições, o experimento foi disposto em delineamento inteiramente casualizado. A irrigação aplicada diariamente durante os meses de setembro a dezembro de 2019, foi estimada em função da evapotranspiração de referência (Método de Penman-Monteith). A densidade de raiz foi determinada pelo método do anel volumétrico, foram coletados cinco pontos aleatórios próximo a touceira do açaizeiro em cinco profundidades (10, 20, 30, 40 e 50 cm). As raízes foram separadas do solo por tamisação e secas em estufa por 24 horas em temperatura de 70 °C até atingir peso seco das raízes. A maior concentração de raízes foi obtida nas profundidades de 10 e 20 cm, o tratamento com irrigação apresentou maiores valores de densidade radicular em relação ao tratamento sequeiro, com 31,25% no monocultivo e 26,63% no consorcio, correspondendo a cerca de 80% da densidade radicular.
PALAVRAS-CHAVE: Açaizeiro; Sistema de cultivo; Irrigação; Sistema radicular.

VERTICAL ROOT DENSITY OF *EUTERPE OLERACEA* MART. UNDER DIFFERENT IRRIGATION DEPTH IN MONOCULTURE AND INTERCROPING, EAST BRAZILIAN AMAZON

ABSTRACT: The açaí palm is typically found in tropical regions, with great concentration in the Amazon region, where it has stood out for the high productivity of its fruit, açai, which in recent years has been strongly demanded by the domestic and foreign market. The root is responsible for the support and absorption of water and nutrients from vegetables, therefore, the knowledge of vertical root density is of great importance for agricultural production, as it helps in the improvement of crop irrigation management and in the installation of sensors to monitor soil water tension, enabling the efficient use of water in agriculture. The present study aimed to evaluate the vertical density of *Euterpe oleracea* Mart. under different irrigation depths in monoculture and intercropping, eastern Brazilian Amazon. The experiment was carried out in a commercial plantation of açaí palm, located in the municipality of Castanhal-PA. Treatments evaluated were: Irrigated and sequestered monoculture and consortium, totaling 4 treatments, which had 5 replications, the experiment was arranged in a completely randomized design. The irrigation applied daily during the months of September to December 2019 was estimated as a function of the reference evapotranspiration (Penman-Monteith Method). The root density was determined by the volumetric ring method, five random points were collected near the açaí clump at five depths (10, 20, 30, 40 and 50 cm). The roots were separated from the soil by taintation and dried in a greenhouse for 24 hours at a temperature of 70 °C until it reached dry weight of the roots. The highest concentration of roots was obtained at depths of 10 and 20 cm, the treatment with irrigation showed higher values of root density in relation to the seaty treatment, with 31.25% in monoculture and 26.63% in the consorcio, corresponding to about 80% of root density.
KEYWORDS: Açaí palm; cultivation system; Irrigation; root system.

1 | INTRODUÇÃO

O açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é tipicamente encontrada em regiões tropicais, com vasta distribuição geográfica na América Latina, com maior predominância na região Amazônica, onde se destaca por ser a palmeira mais produtiva deste estuário (DA SILVA et al., 2020). Seu principal produto são os frutos, que nos últimos anos vem sendo fortemente demandado pelo mercado nacional e internacional, devido ao maior conhecimento de suas propriedades energéticas e nutricionais (FARIA et al., 2012; MELO et al., 2021), além dos estudos farmacêuticos acerca de suas promessas terapêuticas (BONOMO et al., 2014). frente ao seu rico conteúdo de antocianinas, pigmentos responsáveis pela coloração avermelhada do fruto (MENEZES, 2008).

A crescente demanda pelos produtos derivados do açaizeiro, principalmente o fruto e o palmito, tem contribuído para o aumento do preço, favorecendo a exportação e o destaque do estado do Pará como grande produtor nacional (NOGUEIRA et al., 2016). Em 2020, o Pará apresentou a maior produção de açaí em escala nacional (IBGE, 2020). Tal acontecimento está atrelado ao crescente aumento do consumo em outros estados não produtores bem como ao aumento das exportações, que tem proporcionado a transformação do açaí em um cultivo agroindustrial, visando o aumento da produção deste fruto, com o intuito de atender as demandas do mercado (MARTINOT et al., 2017). Isso tem propiciado uma gradativa transição em relação aos aspectos de produção do açaizeiro, partindo do sistema de origem extrativista com baixa produção, para um sistema com maior nível tecnológico e melhor manejado, como os cultivos irrigados em terra firme (DA SILVA et al., 2020), que possibilitam o aumento da produtividade e a produção na safra e entressafra (HOMMA et al., 2014).

Além do implemento de irrigação, o uso de sistemas de cultivo em consórcio com outras culturas, como banana, cupuaçu e cacau, vem sendo uma boa alternativa para as propriedades rurais (DE ALMEIDA et al., 2018). O implemento dessa técnica possibilita a redução de custos e a maximização da eficiência do sistema produtivo, garantindo ao produtor maior competitividade no mercado ao empregar outras espécies em consórcio com o açaizeiro, contribuindo para outra forma de renda, assim como, uma maior rentabilidade por unidade de área cultivada (NESPOLI et al., 2017).

As raízes apresentam um papel fundamental no desenvolvimento de uma planta, desde a sustentação, absorção de água e nutrientes como na influência das características edáficas. Estudos sobre a distribuição de raízes para diferentes sistemas de cultivos e disponibilidade hídrica, são de extrema importância para o entendimento científico da produção agrícola, assim como das alterações causadas no solo e na planta por condições naturais e pelo manejo químico e físico do solo, além da demanda hídrica das culturas (RAMOS et al. 2009).

O conhecimento da profundidade das raízes contribui com o manejo da irrigação

nas culturas e da instalação de sensores para o monitoramento da tensão da água no solo (JÚNIOR et al., 2004), isso garante o uso adequado e eficiente da água na agricultura (SOUSA et al., 2020), uma vez que auxilia no monitoramento da água do solo, pois as condições hídricas devem atender a necessidade de água da cultura (GOMES et al., 2017). Com isso, o conhecimento da quantidade, qualidade e distribuição das raízes se torna útil para produção agrícola, pois fornecem informações sobre a localização da aplicação, espaçamento, consorciação, manejo do solo e irrigação (FRACARO; PEREIRA, 2004).

Portanto, entender o comportamento da distribuição do sistema radicular no solo, em função de diferentes sistemas de cultivos e disponibilidade hídrica é indispensável para um manejo adequado da cultura e do sistema de irrigação, favorecendo um uso mais racional e sustentável dos recursos hídricos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a densidade vertical de raiz de *Euterpe oleracea* Mart. sob diferentes lâminas de irrigação em monocultivo e consórcio, leste da Amazônia brasileira.

2 I MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em um plantio comercial, próximo a Fazenda Escola de Castanhal (FEC), pertencente à Universidade Federal Rural da Amazônia, localizada no município de Castanhal-PA (1°19'24.48"S e 47°57'38.20"W), em uma área de aproximadamente 0,60 ha, de plantio de açaizeiro (cv: BRS PA), com 9 anos de implantação e 12 m de altura, em diferentes sistemas de cultivo, sendo monocultivo e consorciado com cupuaçu (cv: BRS Carimbó) (Figura 1).

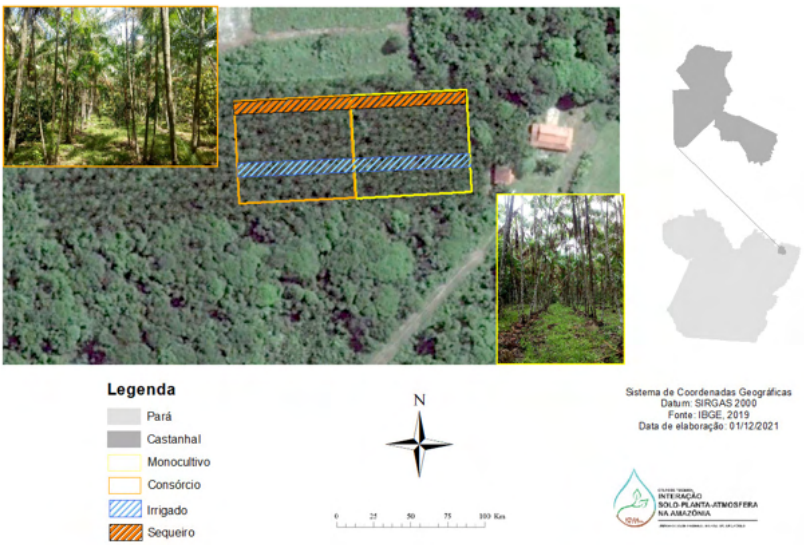


Figura 1. Localização da área experimental, Castanhal - PA.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima corresponde ao tipo Am, caracterizado por temperaturas entre 23°C a 31°C com média anual de 26,5°C e precipitação média anual de 2432 mm (ALVARES et al., 2014). O solo é classificado como Latossolo Amarelo Distrófico com textura franca arenosa (SANTOS et al., 2018). Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas na área experimental, nas profundidades de 00-20 cm e 20-40 cm, para a caracterização dos atributos químicos e físicos do solo (Tabela 1). As amostras foram avaliadas no laboratório de física e química do solo da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

Atributos Químicos	Monocultivo		Consorcio	
	00-20 cm	00-40 cm	00-20 cm	00-40 cm
pH (H_2O)	5,925	5,690	5,320	4,940
MO (%)	1,143	0,905	0.714	0.666
P (mg dm^{-3})	11,371	0,953	0,925	6,849
K^+(cmolc dm-3)	0,545	0,380	0,250	0,505
Ca^{2+} (cmolc dm^{-3})	0,850	0,350	0,295	0,098
Mg^{2+} (cmolc dm^{-3})	0,500	0,100	0,097	0,097
Al^{3+} (cmolc dm^{-3})	0,400	1,100	0,263	0,789
Atributos Físicos				
Areia (%)	86,55	74,01	85,564	89,105
Sílte (%)	9,37	11,13	9,545	3,079
Argila (%)	4,08	14,86	4,891	7,815
Ds[1] (g cm^{-3})	1,545	1,625	1,417	1,893
θ CC[2] (cm^3 cm^{-3})	0,238	0,318	0,213	0,57
θ PMP[3] (cm^3 cm^{-3})	0,066	0,076	0,061	0,234

[1]Densidade do solo; [2]Teor de umidade na capacidade de campo, [3]Teor de umidade no ponto de murcha permanente.

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo, em um plantio comercial de açaizeiro, no município de Castanhal-PA.

A densidade de plantio no sistema de monocultivo foi de 4x4 m, enquanto que no sistema consorciado a densidade foi de 8x8 m entre as plantas de cupuaçu e de 8x4 m entre as plantas de açaí. Para ambos os sistemas de cultivo, o manejo implementado foi de 3 estipes/touceira e ainda foi realizado o controle de plantas daninhas por meio de roçagem.

Em ambos os sistemas de cultivo foi realizado adubação química e orgânica de acordo com a demanda da cultura e a análise do solo na área, sendo realizada no período seco (agosto a novembro), com a aplicação de 2,0 kg ano^{-1} $touceira^{-1}$ de NPK (13N-11P-21K + 2Mg, 0,2B) e 2,0 kg de cama de aviário, distribuídas em 3 aplicações anuais.

Os dados meteorológicos utilizados foram obtidos através da torre micrometeorológica

instalada no centro da área experimental, com 14 m de altura, que abriga uma estação meteorológica automática equipada com sensores para medição de temperatura e umidade relativa do ar a 2 m acima da superfície do solo (HMP155A, Campbell Scientific Instrument, Logan, UT, USA) e sensores de teor de umidade de água no solo (TDR CS615, Campbell Scientific Instrument, Logan, UT, USA). Estes foram conectados a um datalogger (CR1000, Campbell Scientific Instrument, Logan, UT, USA) com leituras a cada 10 segundos e gravação das médias e totais a cada 20 minutos.

A coleta de precipitação efetiva foi mensurada por meio de calhas de área de 0,250 m² de capitação, além da coleta de água que escoou pelo tronco do açaizeiro (Equação 1).

$$P_{ef} = P_{int} + Ec \quad (1)$$

No qual, P_{ef} - Precipitação efetiva (mm); P_{int} - Precipitação interna, abaixo do dossel (mm) e Ec -escoamento de água pelo tronco (mm).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 4 tratamentos: MS – Moncultivo sem irrigação, ou seja, em sequeiro; MI – Monocultivo irrigado; CS – Consórcio sem irrigação e; CI – consórcio irrigado. A irrigação foi manejada diariamente entre os meses de setembro a dezembro de 2019.

A densidade de raiz foi obtida pelo método do anel volumétrico, em que foram coletadas amostras indeformadas utilizando anel cilíndrico, com área e volume conhecido, e um trato do tipo Uhland. Em ambos os sistemas de cultivo (monocultivo e consorcio) e tratamentos hídricos (sequeiro e irrigado), foram coletados cinco pontos aleatórios em volta da touceira de açaizeiro, de aproximadamente 20 cm, em cinco profundidade (10, 20, 30, 40 e 50 cm). O material coletado foi identificado e preservado em sacos plásticos e encaminhados para o laboratório de agrometeorologia da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). As raízes foram separadas do solo por tamisação e secas em estufa por 24 horas em temperatura de 70 °C até atingir o peso constante, para assim, ser obtido o peso seco das raízes, a pesagem foi determinada utilizando balança analítica. A densidade de raízes foi calculada com base no peso seco obtido e o volume do anel volumétrico em g dm^{-3}.

Em ambos os sistemas de cultivo com irrigação, foi utilizado micro aspersores, sendo dispostos na área em 1micro/touceira, com distância de 40 cm de cada touceira, com raio de 5 metros, a pressão usada foi de 5,5 mca, com vazão de serviço de 34,00 L h^{-1}. A eficiência do sistema de irrigação foi de 94% (±0,84).

A lâmina de água aplicada diariamente foi determinada em função da evapotranspiração de referência (ET0), obtida pelo método de Penman-Monteith - FAO 56 (ALLEN et al., 1988) (Equação 2).

$$LB = (ET0 - P_{ef}) * Ef \quad (2)$$

No qual, LB - Lâmina bruta de irrigação (mm); P_{ef} - Precipitação efetiva (mm) e Ef -

Eficiência do sistema de irrigação (%).

O tempo de irrigação foi estimado pela equação 3:

$$TI = \frac{LB}{IA} \quad (3)$$

No qual, TI - Tempo de irrigação (h), LB - Lâmina bruta de irrigação (mm) e IA - Intensidade de aplicação de água (mm h^{-1}).

Os resultados foram submetidos à análise estatística descritiva e a análise de variância (ANOVA), sendo aplicado o teste de Tukey a 5% d probabilidade

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o ano de 2019, a temperatura do ar (ºC) apresentou média de 25,93 °C (±0,94), com maior valor de 28,29 °C e menor de 23,19 °C. Enquanto que a umidade relativa do ar (UR%) apresentou média de 87,93% (±5,50) com maior valor de 97,55% e menor de 75,31% (Figura 2).

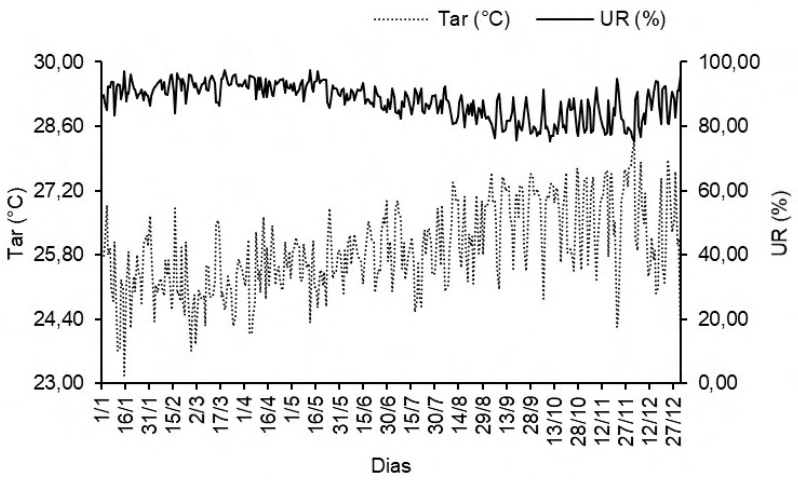


Figura 2. Temperatura do Ar (Tar °C) e Umidade Relativa do Ar (UR%), em um plantio comercial de açaizeiro no município de Castanhal-PA.

A precipitação efetiva anual no sistema de monocultivo (Pef M) foi de 1.515,89 mm, o maior valor diário foi de 30,59 mm. Enquanto que no sistema consorciado (Pef C), o valor anual da precipitação efetiva registrado, foi de 2.181,95 mm, com maior valor diário de 56,58 mm. O mês mais chuvoso do ano foi o de março e o menor foi o de setembro (Figura 3).

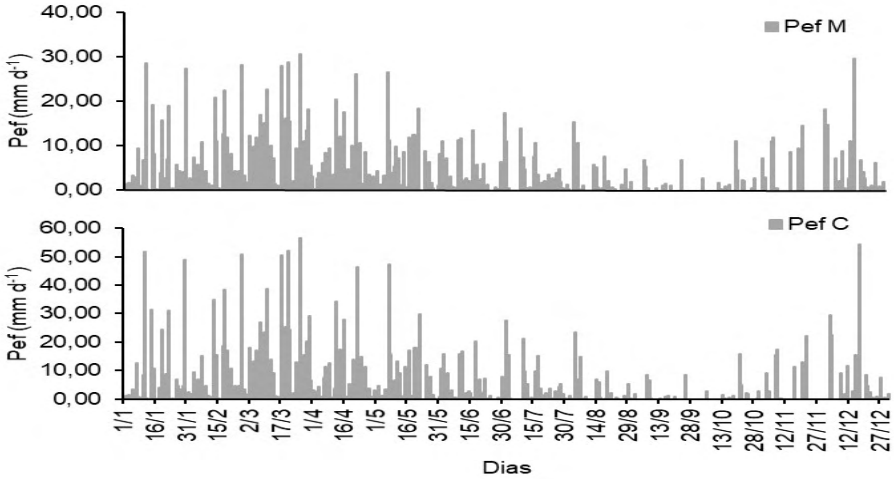


Figura 3. Precipitação efetiva diária em dois sistemas de cultivo de açaizeiro, monocultivo (Pef M) e consorcio (Pef C), no município de Castanhal-PA.

Os valores de teor de água no solo (θ) foram coletados a partir do mês de maio de 2019. No sistema de monocultivo em tratamento sequeiro as médias foram de 0,29 cm³ cm^{-3}; 0,35 cm³ cm^{-3}; 0,35 cm³ cm^{-3}; 0,43 cm³ cm^{-3}; 0,43 cm³ cm^{-3}, enquanto que no tratamento irrigado as médias foram de 0,32 cm³ cm^{-3}; 0,39 cm³ cm^{-3}; 0,38 cm³ cm^{-3}; 0,45 cm³ cm^{-3}; 0,44 cm³ cm^{-3}, nas respectivas profundidades (10, 20, 30, 40 e 50 cm), o valor máximo de teor de água solo foi de 0,51 cm³ cm^{-3}, no sequeiro esse valor foi registrado nas profundidades de 40 e 50 cm e no irrigado apenas na profundidade de 40 cm, o valor mínimo foi de 0,18 cm³ cm^{-3}, na profundidade de 10 cm, em ambos os tratamentos. No sistema de cultivo consorciado em tratamento de sequeiro, as médias foram de 0,28 cm³ cm^{-3}; 0,60 cm³ cm^{-3}; 0,59 cm³ cm^{-3}; 0,46 cm³ cm^{-3}; 0,45 cm³ cm^{-3}, enquanto que no tratamento irrigado as médias foram de 0,32 cm³ cm^{-3}; 0,63 cm³ cm^{-3}; 0,63 cm³ cm^{-3}; 0,50 cm³ cm^{-3}; 0,49 cm³ cm^{-3}, o valor máximo do teor de água no solo no consorcio foi de 0,68 cm³ cm^{-3}, nas profundidade de 20 e 30 cm, e o valor mínimo foi de 0,18 cm³ cm^{-3}, na profundidade de 10 cm, em ambos os tratamento (Tabela 2).

Meses	θ (cm³ cm⁻³)									
	Monocultivo									
	Sequeiro					Irrigado				
	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm
Mai	0,35	0,42	0,42	0,50	0,49	0,33	0,41	0,42	0,49	0,49
Jun	0,33	0,39	0,41	0,49	0,49	0,32	0,40	0,41	0,49	0,49
Jul	0,32	0,39	0,39	0,48	0,48	0,31	0,39	0,40	0,48	0,48
Ago	0,27	0,35	0,34	0,43	0,42	0,29	0,36	0,37	0,44	0,43
Set	0,23	0,30	0,29	0,37	0,37	0,32	0,39	0,37	0,43	0,41
Out	0,25	0,31	0,29	0,38	0,37	0,33	0,39	0,36	0,42	0,39
Nov	0,27	0,34	0,34	0,42	0,41	0,30	0,39	0,37	0,42	0,40
Dez	0,33	0,36	0,39	0,46	0,44	0,34	0,39	0,37	0,43	0,42
	Consorcio									
	Sequeiro					Irrigado				
	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm
Mai	0,36	0,66	0,66	0,54	0,54	0,36	0,66	0,66	0,55	0,54
Jun	0,33	0,64	0,64	0,53	0,54	0,33	0,65	0,65	0,53	0,53
Jul	0,32	0,64	0,64	0,52	0,52	0,32	0,63	0,63	0,52	0,52
Ago	0,25	0,61	0,61	0,47	0,48	0,28	0,59	0,60	0,46	0,48
Set	0,23	0,55	0,53	0,40	0,38	0,29	0,62	0,61	0,47	0,44
Out	0,24	0,56	0,53	0,38	0,36	0,31	0,63	0,63	0,48	0,45
Nov	0,26	0,60	0,57	0,43	0,39	0,32	0,65	0,64	0,50	0,49
Dez	0,31	0,61	0,62	0,46	0,44	0,33	0,64	0,63	0,51	0,50

Tabela 2. Teor de umidade de água no solo (θ) em um plantio comercial de açaizeiro no município de Castanhal-PA.

Quanto aos valores de densidade de raiz, no monocultivo em tratamento sequeiro (MS), o maior valor de densidade foi de 42,27 g dm^{-3} na profundidade de 10 cm e o menor valor foi de 8,83 g dm^{-3} na profundidade de 50 cm, nas demais profundidades (20, 30 e 40 cm), foi obtido os valores de 15,34 g dm^{-3}; 18,08 g dm^{-3} e 26,22 g dm^{-3}, respectivamente. Enquanto que no tratamento irrigado (MI), o maior valor de densidade foi de 71,93 g dm^{-3} na profundidade de 20 cm, as profundidades de 10 e 30 cm, apresentaram os seguintes valores 57,69 g dm^{-3} e 23,75 g dm^{-3}, enquanto que nas profundidades de 40 e 50 cm, houve uma queda acentuada nos valores de densidade, sendo estes 4,44 g dm^{-3} e 3,27 g dm^{-3}, respectivamente.

No sistema de cultivo consorciado em sequeiro (CS), o maior valor de densidade de raiz foi de 63,59 g dm^{-3} na profundidade de 10 cm, enquanto que nas profundidades de 20, 30 e 40 cm, houve uma queda gradativa na quantidade de raiz, com valores de 31,50 g dm^{-3}; 15,44 g dm^{-3} e 12,01 g dm^{-3}, respectivamente, a profundidade de 50 cm, obteve o menor valor que foi de 1,77 g dm^{-3}. No tratamento irrigado do sistema em consorcio (CI), o

maior valor de densidade de raiz, foi de 85,06 g dm^{-3}, na profundidade de 10 cm e o menor foi de 9,67 g dm^{-3} na profundidade de 40 cm, enquanto que nas demais profundidades (20, 30 e 50 cm) os valores foram de 48,80 g dm^{-3}; 12,19 g dm^{-3} e 13,69 g dm^{-3}, respectivamente (Figura 4).

Houve diferença estatística entre as profundidades do solo amostrado (teste Tukey a 5% de probabilidade). Na profundidade de 10 cm não houve diferença estatística apenas entre o tratamento monocultivo irrigado e consorcio sequeiro, enquanto que na profundidade de 20 cm, todos os tratamentos diferiram entre si. Na profundidade de 30 cm, o tratamento do monocultivo sequeiro não obteve resultado diferente dos demais tratamento, e a diferença de lâmina de irrigação no tratamento em consorcio, não obteve diferença nessa profundidade, assim como entre as lâminas no monocultivo. Na profundidade de 40 cm, não houve diferença estatística apenas entre as lâminas de irrigação no sistema consorciado, enquanto que na profundidade de 50 cm foi observado interação estatística entre os tratamentos (Figura 4).

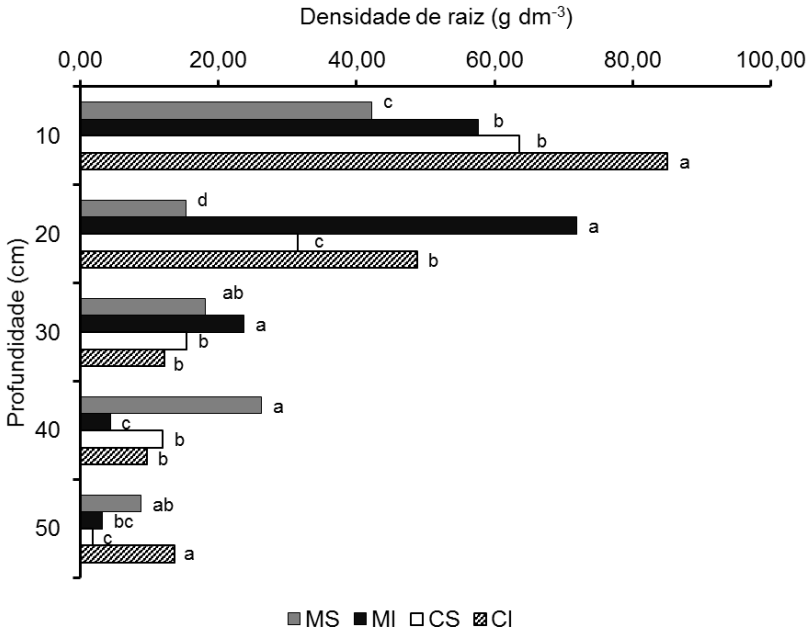


Figura 4. Distribuição vertical da densidade radicular (g dm^{-3}) do açaizeiro em diferentes sistemas de cultivos e sisponibilidades hídricas (MS - Monocultivo em sequeiro; MI - Monocultivo irrigado; CS - Consorcio em sequeiro e CI - Consorcio irrigado) em relação à profundidade (cm) do solo amostrado, em um cultivo comercial, Castanhal-PA.

Em ambos os sistemas de cultivo (monocultivo e consorcio) e tratamentos de irrigação (sequeiro e irrigado) a maior concentração de raiz de açaizeiro foi na camada de 10 e 20 cm. Resultados semelhantes foram obtidos por GÓES et al., (2004), em que,

foi observado uma maior predominância do sistema radicular de açaizeiro nos primeiros 10 cm superficiais do solo. Nos tratamentos em sequeiro (MS e CS) houve uma queda na quantidade de raiz na profundidade de 20 cm, tal resultado pode estar relacionado há insuficiência de água nessa camada para suprir a demanda da cultura, com isso, em resposta a carência hídrica, o sistema radicular da planta tende a se expandir para zonas mais profundas e úmidas do solo (COVRE et al. 2015).

Nos sistemas de cultivo com sistema de irrigação (MI e CI), foi constatado um aumento na densidade radicular (g dm^{-3}) total em relação aos tratamentos em sequeiro (MS e CS) de 31,25% e 26,63%, respectivamente, principalmente nos primeiros 20 cm de profundidade do solo, que corresponderam a cerca de 80% da quantidade de raízes amostradas. Esse percentual de densidade radicular na camada superior do solo (10-20 cm), pode estar relacionado com o manejo de irrigação por microaspersores e a precipitação efetiva, portanto, pode-se atribuir que o sistema radicular se concentra em regiões que recebem elevado conteúdo de água (SILVA et al., 2013). Outro fator que está relacionado a maior concentração de raízes nas primeiras camadas do solo, é a adubação, tendo em vista que, camadas do solo com grande disponibilidade hídrica e de nutrientes possibilita uma maior resposta fisiológica do sistema radicular da planta, induzindo a formação de pelos radiculares, possibilitando uma maior área de absorção das raízes (PARTELLI et al., 2014; SAKAI et al., 2015).

As camadas de 30, 40 e 50 cm, tiveram uma concentração menor de raízes em g dm^{-3}. No qual representaram menos de 25% do total dos valores de densidade radicular (g dm^{-3}) do açaizeiro para ambos os tratamentos do plantio consorciado (CS e CI) e do monocultivo irrigado (MI), essa menor concentração pode ser justificada pela menor necessidade de expansão do sistema radicular para zonas mais profundas do solo, pois, o suprimento hídrico estar sendo compensado em camadas superiores. Apenas o monocultivo em sequeiro (MS) apresentou um percentual maior em relação aos demais tratamentos, com 47,98%, devido a maior concentração de raízes na profundidade de 40 cm, que está relacionado a carência de suplementação hídrica em camadas superiores.

4 I CONCLUSÃO

- As profundidades de 10 e 20 cm concentram maiores quantidades de raízes de açaizeiro.
- Plantas de açaizeiro irrigado possuem maior quantidade de raízes em relação ao sequeiro, sendo de 31,25% no monocultivo e 26,63% no consórcio, correspondendo a cerca de 80% da densidade radicular.
- Logo, o implemento do sistema de irrigação no cultivo de açaizeiro em terra firme influencia no aumento e variabilidade da densidade vertical de raiz no solo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (FAPESPA/ICAAF 009/2017). À UFRA e a FEC pelo apoio logístico, ao proprietário do plantio comercial pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G. et al. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. **FAO**, Rome, v. 300, n. 9, p.D05109, 1998.

ALVARES. C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p. 711-728, 2014.

BONOMO, L. F. et al. Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) modulates oxidative stress resistance in Caenorhabditis elegans by direct and indirect mechanisms. **Plos One**, v. 9, n. 3, p. e89933, 2014.

COVRE, A. M.; PARTELLI, F. L.; ZUCOLOTO, M. Distribuição do sistema radicular de cafeeiro conilon irrigado e não irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 11, p. 1006-1016, 2015.

DA SILVA, A. O. et al. Açai (*Euterpe oleracea* Mart) production study: economic and productive aspects based on 2015-2017. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 1629-1641, 2020.

DE ALMEIDA, U. O. et al. Crescimento de açaizeiro (*Euterpe precatoria* Mart.) consorciado com bananeira. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 5, n. 3, 2018.

FARIA, M. et al. Determinação da qualidade microbiológica de polpas de açaí congeladas comercializadas na cidade de Pouso Alegre/MG. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v.23, n.2, p.243-249, 2012.

FRACARO, A. A; PEREIRA, F. M. Distribuição do sistema radicular da goiabeira 'Rica' cortada a partir desta planta herbácea. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 183-195, 2004.

GÓES, A. V. M.; AUGUSTO, S. G.; MARTINS, P. F. S. Caracterização do sistema radicular efetivo do cacaueiro (*Theobroma cacao* l.), da pupunheira (Bactris gaesipaes hbk) e do açaizeiro (*Euterpe oleraceae* mart.) em Latossolo Amarelo álico na Amazônia. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 41, p. 57-65, 2004.

GOMES, E. R. et al. Utilização de sensor e tensiômetro no monitoramento da umidade do solo na cultura do feijoeiro sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 7, p. 2076-2083, 2017.

HOMMA, A. K. O. et al. **Açaí: novos desafios e tendências.** In: Extrativismo Vegetal na Amazônia: história, ecologia, economia e domesticação. Brasília: Embrapa, 2014. p. 468.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal 2020**. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado. Acesso em: 5 mai 2021

JÚNIOR, J. A. et al. Distribuição do sistema radicular de plantas jovens de lima ácida 'Tahiti' sob diferentes níveis de irrigação. **Irriga**, v.9, n.3, p.270-281, 2004.

MARTINOT, J. F.; PEREIRA, H. S.; DA SILVA, S. C. P. Coletar ou Cultivar: as escolhas dos produtores de açaí-da-mata (*Euterpe precatoria*) do Amazonas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, n. 4, p. 751-766, 2017.

MELO, G. S; COSTA, F. S; DA SILVA, L. C. O cenário da produção do açaí (Euterpe spp.) no estado do amazonas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 7, p. 71536-71549, 2021.

MENEZES, E. M. S; TORRES, A. T.; SABAA SRUR, A. U. Valor nutricional da polpa de açaí (*Euterpe oleracea* Mart) liofilizada. **Acta Amazônia,** p. 311-316, 2008.

NESPOLI, A. et al. Consórcio de alface e milho verde sobre cobertura viva e morta em plantio direto. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 453-457, 2017.

NOGUEIRA, A. K. M; SANTANA, A. C. Benefícios socioeconômicos da adoção de novas tecnologias no cultivo do açaí no Estado do Pará. **Revista Ceres**, v. 63, n. 1, p. 1-7, 2016.

PARTELLI, F. L. et al. Root system distribution and yield of 'Conilon' coffee propagated by seeds or cuttings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 5, p. 349-355, 2014.

RAMOS, A. et al. Distribuição espacial do sistema radicular da pupunheira em função de lâminas de irrigação. **Irriga**, v. 14, n. 4, p. 431-440, 2009.

SAKAI, E. et al. Coffee productivity and root systems in cultivation schemes with different population arrangements and with and without drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 148, p. 16-23, 2015.

SANTOS, H. G. dos. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SILVA, M. A. A. et al. Efeito de dois sistemas de manejo do solo nas propriedades físico-hídricas, desenvolvimento radicular e produtividade do milho irrigado. **Irriga**, v. 18, n. 3, p. 486-495, 2013.

SOUSA, W. L. et al. Avaliação de um acionador automático para irrigação em substratos agrícolas com diferentes características de retenção de água. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 4, p. 3944-3956, 2020.

CAPÍTULO 7

MODIFICAÇÕES ESTOMÁTICAS EM EXPLANTES DE BANANEIRA CV. GALIL-7 SUBMETIDAS A DOSES DE SILÍCIO EM MEIO DE CULTURA *IN VITRO*

Data de aceite: 01/02/2022

Ramon da Silva de Matos
Acadêmico do Curso de Agronomia do IFC – Campus Santa Rosa do Sul

Naracelis Poletto
Eng. Agr. Dra. Professora do IFC - Campus Santa Rosa do Sul

Leandro Lunardi
Eng. Quim. Técnico de Laboratório do IFC - Campus Santa Rosa do Sul

RESUMO: Ambientes artificiais de cultivo acarretam alterações morfoanatômicas, principalmente estomáticas, ocasionando perdas excessiva d'água no estágio inicial da aclimatação da bananeira (*Musa* spp.). Este trabalho objetivou caracterizar os estômatos da cultivar Galil-7 (AAA), avaliando o efeito do dióxido de silício (SiO_2) adicionado em meio MS na densidade e morfoanatomia estomática do limbo foliar dos explantes. Realizou-se o experimento utilizando delineamento inteiramente casualizado (DIC), quatro tratamentos e 24 repetições. As doses de silício foram acrescidas no estágio de enraizamento, sendo: testemunha (0 g l^{-1}), 0,35 g l^{-1} 0,70 g l^{-1} e 1,00 g l^{-1} de SiO_2. Foram extraídas amostras do terço médio da primeira folha plenamente desenvolvida do limbo de explantes cultivados por 40 dias, ampliando-as 250 vezes em microscopia óptica, fotografando-as e posteriormente processando-as com o software Imagej. Em ambas faces do limbo avaliou-se a densidade estomática. Abaxialmente avaliou-se as características dimensionais (Diâmetro Polar – DP, Equatorial – DE), a funcionalidade estomática (DP/DE), a área paralela do complexo estomático, a proporção do limbo ocupado por estes complexos, incluindo a influência da clarificação amostral com hipoclorito de sódio 1% sobre o turgor estomático. Todos resultados foram submetidos a análise de variância e tukey ($p<0,05$). Os estômatos da cv. 'Galil-7' são reniformes, de complexo estomático do tipo tetracítico e com distribuição anfi-hipoestomática. O SiO_2 reduziu representativamente a densidade estomática abaxial. Na face adaxial houve aumento (0,35 g l^{-1}), seguido de redução nos tratamentos de maior concentração. Evidenciou-se variações dimensionais nos diâmetros, sem influenciar significativamente a funcionalidade estomática. O processo de clarificação com hipoclorito reduz o turgor celular.

PALAVRAS-CHAVE: *Musa* spp., estômatos, meio de cultura, cultivo in vitro, micropropagação.

ABSTRACT: Artificial cultivation environments cause morphoanatomical changes, mainly stomatal, causing excessive water loss in the initial stage of acclimatization of the banana tree (Musa spp.). This work aimed to characterize the stomata of the cultivar Galil-7 (AAA), evaluating the effect of silicon dioxide (SiO2) added to MS medium on the density and stomatal morpho-anatomy of the leaf blade of the explants. The experiment was carried out using a completely randomized design (DIC), four treatments and 24 replications. Silicon doses were added at the rooting stage, as follows: control (0 g l-1), 0.35 g

l-1 0.70 g l-1 and 1.00 g l-1 of SiO2. Samples from the middle third of the first fully developed leaf were extracted from the limb of explants cultivated for 40 days, enlarging them 250 times under optical microscopy, photographing them and later processing them with the Imagej software. On both sides of the limb, the stomatal density was evaluated. The dimensional characteristics (Polar Diameter - DP, Equatorial - DE), the stomatal functionality (DP/DE), the parallel area of the stomatal complex, the proportion of the limb occupied by these complexes, including the influence of sample clarification with 1% sodium hypochlorite on stomatal turgor. All results were submitted to analysis of variance and tukey ($p<0.05$). The stomata of cv. 'Galil-7' are reniform, with a tetracytic-type stomatal complex and amphi-hypostomatic distribution. SiO2 representatively reduced the abaxial stomatal density. On the adaxial face there was an increase (0.35 g l-1), followed by a reduction in the treatments with higher concentration. Dimensional variations in diameters were evidenced, without significantly influencing stomatal functionality. The hypochlorite clarification process reduces cell turgor.
KEYWORDS: *Musa* spp., stomata, culture medium, in vitro culture, micropropagation.

INTRODUÇÃO

A cultura de tecidos in vitro é a forma mais garantida de pureza varietal com elevado padrão fitossanitário. Em constante ascensão, dados econômicos estimam que no mercado global são produzidas em torno de 1 bilhão de mudas por esta técnica (FINANCIAL TRIBUNE, 2015). Banana, abacaxi, morango, maçã, amora e uva são as frutíferas mais produzidas por cultura de tecidos (CARVALHO et al., 2012a). O Brasil está entre os principais produtores de banana do mundo e Santa Catarina é o terceiro estado com maior produtividade no país, apresentando 24,02 t ha^{-1} (IBGE, 2016). A região do extremo sul se destaca no cultivo da frutífera que constitui a principal fonte de renda para muitas famílias de agricultores, o que corresponde a 54,5% dos agricultores da região com até 10 hectares de cultivo (ESTEVAM; FABRIS, 2017).

A técnica de cultivo in vitro, atualmente, tem-se tornado atividade econômica crescente principalmente na produção de mudas em larga escala e na multiplicação de plantas ornamentais de alto valor agregado. No Brasil foram produzidas em torno de 7,5 milhões de mudas de *Musa* spp., pelo método de cultura de tecidos em 2010 (CARVALHO et al., 2011). Vários entraves limitam a expansão do setor, destacando-se o elevado custo de produção da muda e a dificuldade de aclimatação de algumas espécies. A dificuldade de aclimatação limita a expansão do setor no desenvolvimento de protocolos que possibilitem trabalhar eficientemente, visto que alterações morfofisiológicas ocorrem nas condições in vitro e incapacitam algumas espécies de se estabelecerem nos processos de aclimatação. Dentre as alterações morfofisiológicas, destacam-se o aumento na densidade estomática coincidindo com a ineficiência no mecanismo de abertura e fechamento estomático (CAMARGO et al., 2007; COSTA et al., 2009). Associado a isto, é comum pouca deposição de cera epicuticular, baixa eficiência fotossintética e rudimentariedade dos vasos condutores (FORTUNATO, 2009; ASMAR, 2010). Estas alterações resultam no lento desenvolvimento

inicial de plântulas além de aumentar a incidência de morte por murcha permanente, acarretando na perda de plântulas e desuniformidade do viveiro.

O silício é um elemento benéfico que após absorvido e translocado, deposita-se nos tecidos na forma de sílica amorfa hidratada ($SiO.nH_2O$), tanto nas paredes celulares abaixo da cutícula quanto nos espaços intercelulares, promovendo alterações morfoanatômicas em algumas espécies de plantas (TAIZ; ZEIGER, 2009; ASMAR, 2010). Dentre as alterações é possível o aumento na estabilidade da membrana celular, alteração na densidade e no formato dos estômatos e fortificação dos vasos condutores. Estas alterações podem beneficiar o processo de aclimatação das espécies como a Musa spp.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência do SiO_2 na densidade estomática adaxial e abaxial bem como nas características dimensionais dos estômatos, considerando estes aspectos morfológicos importantes promotores da eficiência do uso d'água em plântulas de bananeira cultivada *in vitro*.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado nas dependências do Instituto Federal Catarinense Campus Santa Rosa do sul (IFC-CSRS) durante o ano de 2018. Utilizou-se do meio de cultura MS (MURASHIGE; SKOOG, 1962), com metodologia de cultivo *in vitro* baseada nas recomendações da Embrapa (CARVALHO et al., 2012b), com modificações.

Utilizou-se de base para todos os meios: 30 g l^{-1} de sacarose e 4 g l^{-1} de ágar, 100 mg l^{-1} de estreptomicina, 4 g l^{-1} polivinilpirrolidona e pH 5,8. Para o estágio de estabelecimento utilizou-se 1 mg l^{-1} de 6-benzilaminopurina (BAP). Para multiplicação, 3,5 mg l^{-1} de BAP e 0,2 mg l^{-1} de ácido indolil-3-butírico (AIB). Para enraizamento, 0,2 mg l^{-1} de AIB. Foram utilizados frascos do tipo *snap cap* de 220 ml com 40 ml de meio de cultura esterilizados nos frascos em autoclave a 121ºC por 20 minutos. O produto utilizado para fornecimento de SiO_2 foi o Sifol®, com 25% de SiO_2 e 15% de K_2O. Os tratamentos referem-se ao meio de enraizamento, que se constituíram de: testemunha (0 g l^{-1} SiO_2), 0,35 g l^{-1}, 0,70 g l^{-1} e 1,00 g l^{-1} de SiO_2 (1,4 ml, 2,8 ml e 4 ml equivalentes em Sifol®). O produto contém K_2O em sua formulação e seu pH é alcalino, sendo necessário reajustes de balanceamento no meio de cultura para isolar o efeito do SiO_2. Reduziu-se a utilização de KNO_3 no meio de cultura à medida em que aumentaram as doses de Sifol®. Para readequar a dose de nitrogênio no meio, ocasionada pela redução das doses de KNO_3, utilizou-se HNO_3, considerando que uma demanda quase proporcional de ácido se tornou necessária à medida que as doses do produto aumentaram nos tratamentos. Para demais reajustes de pH necessários foi utilizado HCl. O SiO_2 apresenta baixa solubilidade em água, aproximadamente 0,12 g l^{-1}. Sua solubilidade aumenta à medida que o pH se torna alcalino. Após a adição das doses de Sifol® em meio de cultura o pH se elevava abruptamente que rapidamente fora ajustado para 5,8 com HNO_3 e HCl. O SiO_2 não precipita após o reajuste de pH, desde que não haja

adição de outro reagente e se evite choque térmico. A esterilização do meio de cultura foi realizada em autoclave e a abertura ocorreu somente após resfriamento completo do material.

Foram utilizados como explantes ápices caulinares de rizomas provenientes de mudas do tipo chifre e chifrinho de bananeiras do grupo Cavendish, cv. 'Galil 7' (AAA), do pomar de fruticultura do IFC-CSRS. Os rizomas foram cortados em tamanhos aproximados de 25 cm, sendo lavados e transferidos para recipientes com solução de hipoclorito de sódio 1% permanecendo por 24 horas. A redução dos rizomas foi realizada em uma bancada esterilizada com álcool 70%, até atingirem o tamanho de 4 cm (2 cm parte aérea + 2 cm rizoma) e 2 cm de diâmetro, sendo imersos em solução de hipoclorito de sódio 0,5% com 1 ml l^{-1} de polissorbato-20. Na câmara de fluxo laminar a assepsia ocorreu em três etapas: imersão em álcool 70% por 2 minutos, imersão em solução com hipoclorito de sódio 2% com 1 ml l^{-1} de polissorbato-20 por 15 minutos. O procedimento de assepsia finalizou com tríplice enxágue de 2 minutos cada, em água previamente esterilizada com autoclave.

Utilizou-se de ápices caulinares com 0,5 cm de diâmetro por 1 cm de altura total (0,5 cm rizoma e 0,5 cm ápice caulinar). Os explantes em fase de estabelecimento foram acomodados em incubadoras BOD, onde permaneceram por 30 dias em temperatura de 25 ºC, sendo 10 dias de escuro seguido de 14 horas de fotoperíodo artificial com 30 W m^{-2} de intensidade.

Os explantes em pós estabelecimento apresentavam-se devidamente clorofilados. Realizou-se então a inibição de dominância apical, incisando o ápice verticalmente sem parti-lo, transferindo-os para meios de multiplicação. Os explantes permaneceram em multiplicação por 40 dias, momento que alguns brotos se desenvolveram. Optou-se por utilizar os brotos da primeira repicagem como explantes experimentais para agilizar o processo, sendo estes transferidos para meios de enraizamento sem SiO_2 (testemunha), desenvolvendo-se por 40 dias, momento que atingiu pleno desenvolvimento radicular e aéreo. Selecionou-se três explantes que apresentavam uniformidade de desenvolvimento, sendo retirado destes explantes toda área foliar e radicular para avaliação como testemunha. Os três ápices caulinares dos explantes destituídos de parte aérea e radicular foram reposicionados em novos meios de enraizamento contendo as três diferentes doses de SiO_2, permanecendo em desenvolvimento por mais 40 dias.

Utilizou-se da primeira folha plenamente desenvolvida, no terço médio do limbo. As amostras foram cortadas com bisturi em tamanho aproximado de 9 mm^2, sendo imersas em solução de hipoclorito de sódio 1% por 15 horas. A clarificação amostral foi fundamental na melhoria da visibilidade amostral no microscópio óptico. Utilizou-se ampliação de 250x, acoplado na ocular do microscópio um suporte para fixação de uma câmera fotográfica com a resolução de 4128 x 3096 pixels. Para a calibragem do tamanho ampliado, utilizou-se de uma lamínula de calibragem com diâmetros microscópicos precisamente delimitados. Utilizando-se das margens de 70 µm da lamínula de como padrão de calibragem do software,

possibilitando a precisa relação entre pixels e µm. Para o processamento e avaliação das imagens foi utilizado o software Imagej (SCHNEIDER et al., 2012). Para a avaliação da densidade estomática, foi delimitado uma área de 0,2 mm^2, enumerando os estômatos dentro das delimitações e posteriormente estipulando sua densidade em estômatos mm^{-2}.

Diferentes repetições foram realizadas para cada variável, sendo 16 por tratamento para densidade estomática, representadas por oito adaxial e oito abaxial. Dentro de cada repetição de densidade estomática abaxial, foram selecionados aleatoriamente três estômatos para avaliação das características dimensionais e funcionais, totalizando 24 repetições por característica: DP, DE e tamanho estomático. Realizou-se 75 repetições para avaliar a influência do processo de clarificação no tamanho estomático. A determinação do tamanho estomático foi realizada abrangendo a fenda estomática, as células guardas e as células subsidiárias paralelas às células guardas. A análise estatística de variância foi realizada utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2014), e a diferença entre as médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Os estômatos de bananeiras possuem formato reniforme, sendo esta observação facilitada quando o feixe ostiolar (FO) encontra-se fechado, ou seja, com as células guardas pouco túrgidas (Figura 1).

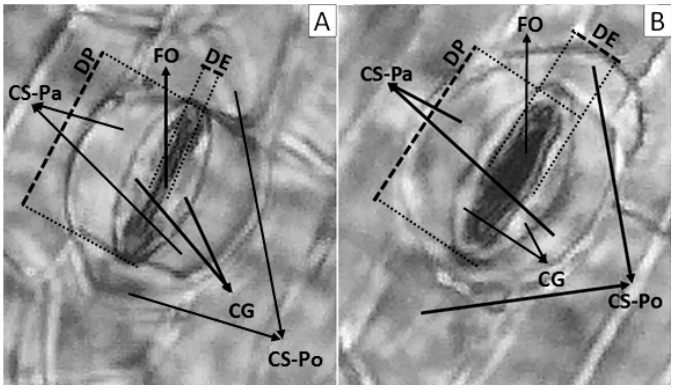
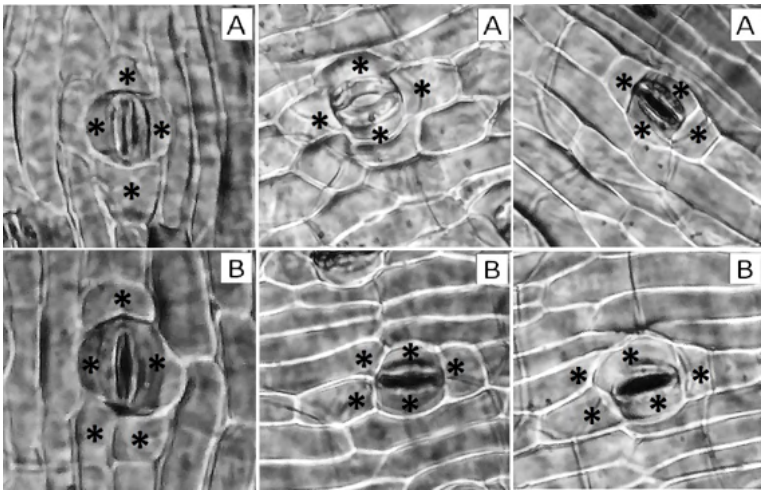


Figura 1 - Representação do complexo estomático de Musa spp., cv. 'Galil-7', com estômatos em formato reniforme. IFC- CSRS. Santa Rosa do Sul. 2018.

O formato reniforme é o mais comum tanto para as classes Magliopsida (dicotiledôneas) quanto Liliopsida (monocotiledôneas), (SOUZA, 2009). Baseado na classificação de Metcalfe e Chalk (1950), a cultivar com estômatos do tipo tetracítico, com um total de quatro células subsidiárias, sendo duas paralelas (CSpa) e duas polares (CSpo) às células guardas (CG), diferindo-se das células ordinárias em tamanho e forma (Figura 2

– A). Esta classificação corrobora com a cv. ‘maçã’ (AAB), (ASMAR, 2010), e cv. ‘Prata-anã’ (AAB), (LACERDA, 2008). Em alguns casos foi observado a falsa presença de uma célula subsidiária extra, ocasionada por algum erro de desvio na ontogênese estomática, sendo possível diferencia-la em uma célula ordinária por seu maior comprimento (Figura 2 – B).

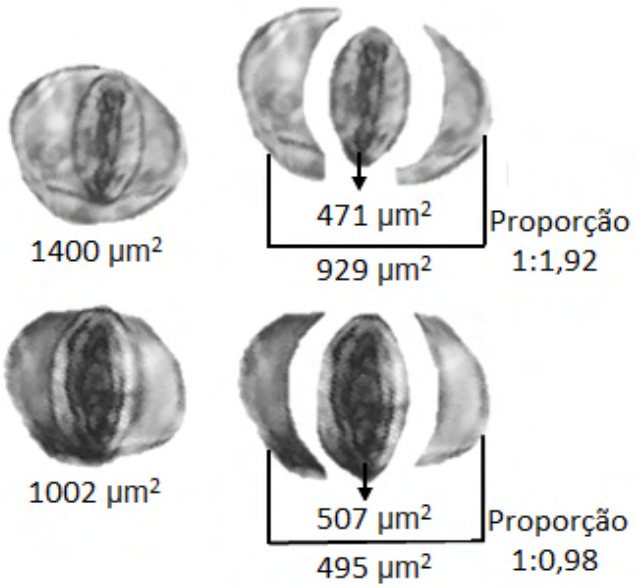


A) Padrão de complexo tetracícico majoritariamente encontrado. B) Complexo estomáticos com aparentemente cinco células subsidiárias, possibilitando distinguir a falsa CSpo extra como uma célula ordinária, por suas semelhanças.

Figura 2 - Complexo estomático de *Musa* spp., com quatro células subsidiárias, sendo duas CSpa e duas CSpo, demarcadas com asteriscos. IFC- CSRS. Santa Rosa do Sul. 2018.

Evidenciou-se que a estomática é anfi-hipoestomática, (SANDOVAL, 1994; COSTA et al., 2009; SUMARDI; WULANDARI, 2010), ou seja, presença de estômatos em ambas faces do limbo com maior densidade na face abaxial (Tabela 1). Esta característica deve-se ao processo evolutivo da espécie em função da melhoria na eficiência do uso d’água, incluindo aspectos relacionados a arquitetura foliar da *Musa* spp., que proporciona uma zona de camada limítrofe mais consistente, protegendo a face abaxial da irradiação solar direta. Observou-se maior área nas CSpa contrária ao grau de turgescência das células guardas (CG). Quando ocorre o oposto, com as CG turgidas, sua expansão ocorre em profundidade devido a restrições que impedem sua expansão lateral. Esta restrição está relacionada com a presença de microfibrilas de celulose e maior espessura da parede celular (TAIZ; ZEIGER, 2009). Portanto, com o aumento do turgor celular nas CG, há o surgimento do FO, impossibilitando que as CG sejam captadas pelas duas dimensões observáveis do microscópio óptico. Por este motivo, estômatos fechados normalmente apresentam área de complexo maior, sendo o grau de abertura estomática fator determinante na área superficial do complexo estomático. É possível observar este fenômeno quando as proporções de aumento de área e diminuição da área não são proporcionais as trocas osmóticas entre as

CSpa e as CG (Figura 3). As CSpo possuem pouca relação osmótica com as CG.

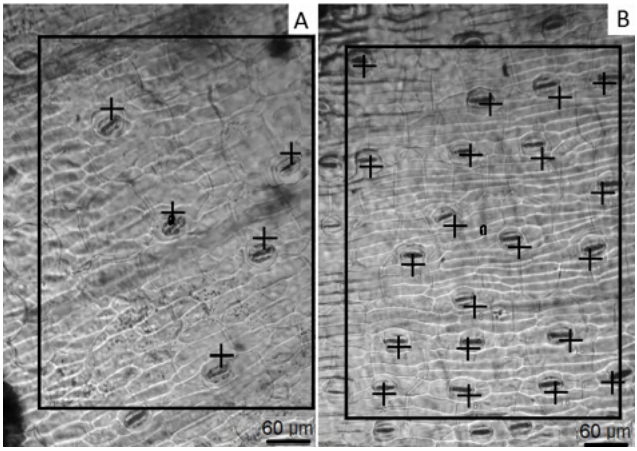


No estômato aberto, com seu potencial osmótico maior que a CSpa, as CG aumentam em profundidade, dando espaço ao FO e reduzindo de tamanho quando comparado ao seu estado fechado. Nestas condições, estômatos fechados apresentam-se ligeiramente maiores em área superficial.

Figura 3 - Representação de dois complexos estomáticos diferentes representando a variação de área das CSpa em decorrência do grau de abertura das CG. IFC- CSRS. Santa Rosa do Sul. 2018.

O elevado coeficiente de variação (CV%) observado na Tabela 1, deve-se predominantemente as características distributivas da face adaxial, conforme se reproduz na Tabela 2. A característica anfi-hipoestomática e a distribuição heterogênea dos estômatos nesta face, torna necessário menor ampliação microscópica com delimitações maiores que a utilizada de 0,2 mm^2.

O silício alterou significativamente a densidade estomática em ambas faces do limbo (Tabela 2). Evidenciou-se redução na densidade estomática total. Para a face abaxial, houve significativa redução na medida em que as doses de SiO_2 aumentaram. Para a face adaxial, houve aumento significativo na densidade estomática no tratamento com menor concentração de SiO_2 (0,35 g l^{-1}), tendendo a reduzir à medida que a concentração do elemento em meio de cultura aumentara. Ainda que a delimitação da área de 0,2 mm^2 por repetição tenha sido suficiente para mensurar a densidade estomática na face abaxial, gerou elevado CV% na face adaxial (figura 4), sendo este fenômeno evidenciado de modo semelhantemente por Costa (2009) e Sumardi e Wulandari (2010) nesta face do limbo.



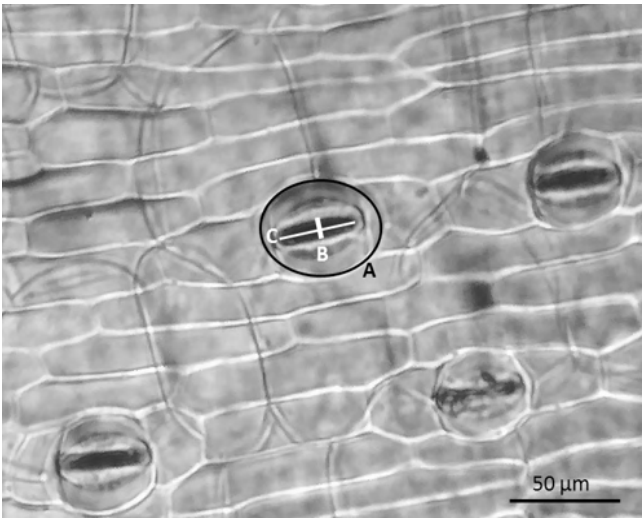
A) Face adaxial com densidade de 25 estômatos mm^{-2}, revelando a suscetibilidade de variação nas dimensões utilizadas. B) Face abaxial com 100 estômatos mm^{-2}.

Figura 4 – Demonstração da delimitação de 0,2 mm^2 utilizada para avaliação de densidade estomática em explantes de *Musa* spp., cv. 'Galil-7' cultivados *in vitro*. IFC- CSRS. Santa Rosa do Sul. 2018.

O silício reduziu significativamente a densidade estomática na face abaxial, chegando a aproximadamente 27% no tratamento de maior dose comparado a testemunha. Pode-se inferir que o elemento, transportado por fluxo de massa, depositou-se principalmente como SiO_nH_2O nas paredes celulares das zonas de transpiração do limbo foliar, influenciando na densidade estomática. O complexo estomático pode provir de células protodérmicas triangulares, dividindo-se por uma parede curva, gerando uma célula subsidiária e uma lenticular, que por sua vez divide-se formando as CG, a lamela média entre as CG intumesce e as separa, formando a FO, simultaneamente as paredes adjacentes se espessam (SOUZA, 2009). Uma característica particular das células guardas é a estrutura da parede celular que podem ter espessura superior a 5 µm, comparado com 1 a 2 µm de uma célula epidérmica comum (TAIZ, 2017). Sendo o silício um elemento com potencial associativo estrutural de paredes celulares, considerando o processo de ontogênese da protoderme em complexos estomáticos um fenômeno marcado por reestruturações e síntese de novas paredes celulares, por meio de mecanismos fisiológicos ainda pouco conhecidos, atrelados influência da associação do silício com as paredes celulares, ocorrem restrições no somatório de diferenciações celulares no limbo, em uma ou mais etapas da ontogênese e, consequentemente, reduz a densidade estomática.

O silício promoveu alterações nas dimensões estomáticas, reduzindo o DP e alterando o DE no tratamento de maior dose de SiO_2 (Tabela 3). Embora tenha-se evidenciado alterações no diâmetro, suas relações não proporcionaram diferenças significativas na funcionalidade estomática (Tabela 3). Asmar (2010) encontrou variações dimensionais para algumas fontes de silício, evidenciando que fontes Na_2SiO_3 e $CaSiO_3$ reduzem a funcionalidade estomática na face abaxial pela significativa redução do DP e

DE, não apresentando diferenças significativas com o K_2SiO_3. Os valores de DE encontrado pelo autor diferem em proporção dos encontrados neste trabalho. Sendo valores ainda mais distintos os de Lacerda et al, (2008). Este fato deve-se a possível variação de abertura estomática das amostras, pela variação entre as cultivares ou ainda pela carência de uma metodologia que delimite as margens desse parâmetro. Este trabalho considerou como DE as margens externas da fenda ostiolar (Figura 5).



A) Tamanho estomático abrangendo FO, CG e CSpa. B) DE. C) DP.

Figura 5 – Demonstração dos parâmetros utilizados para mensurar as características dimensionais dos estômatos de *Musa* spp., cv. 'Galil-7' cultivados *in vitro* submetidos a diferentes concentrações de SiO_2. IFC- CSRS. Santa Rosa do Sul. 2018.

A redução do tamanho estomático para todos os tratamentos contendo SiO_2 também são justificadas pela associação do silício com as paredes celulares. "A morfogênese vegetal depende, em última instância, do controle das propriedades da parede celular, porque o aumento de células vegetais é limitado principalmente pela capacidade de expansão da parede celular" (TAIZ et al., 2017, p. 380). A redução do tamanho estomático associado a redução da densidade estomática promoveu redução significativa na proporção do limbo preenchido por estômatos quando comparado com a testemunha (Tabela 3). Esta mudança pode também trazer benefícios no processo de aclimatação das plântulas de bananeira cultivadas *in vitro*. De maneira geral, as variáveis dimensionais apresentaram CV% acima do esperado, considerando que se trata de um experimento com controle de muitas variáveis. Este fato deve-se, além dos fatores de limitações da captura bidimensional microscópica das trocas osmóticas, com o aumento em profundidade no tamanho das CG a depender do grau de abertura ostiolar, também pela variação natural de formas e tamanhos estomáticos. O DP e principalmente o DE variam de acordo com a abertura ostiolar, ou seja,

de acordo com o grau de turgescência da CG. Diversos fatores atuam como sinalizadores no processo de abertura e fechamento estomático, como a temperatura, intensidade e qualidade da luz, status hídrico, concentração intracelular de CO_2, que, associados ao ácido abscísico, mediam processos de abertura e fechamento estomático (TAIZ; ZEIGER, 2009), impossibilitando uniformizar a abertura de todos os estômatos para avaliação. Há poucos estudos de características dimensionais estomáticas na literatura, sendo os existentes sem informações dos CV% das avaliações.

O procedimento de clarificação amostral com hipoclorito de sódio 1% ocasiona perda de turgor celular. Esta redução é expressa pela diferença média de tamanho estomático de amostras *in vivo* e clarificadas (Tabela 4). A redução deste volume deve-se possivelmente ao maior potencial osmótico da solução clarificante que ocasiona plasmólise celular e por sua alta capacidade oxidativa degradante de constituintes da membrana celular, facilitando o extravasamento do citosol pela parede celular, mantendo intactos os compostos de maior estabilidade como as celuloses, pectinas, hemiceluloses e ligninas que compõem as paredes celulares e a lamela média.

Não foi possível realizar coeficiente de correção para o tamanho real do complexo estomático devido à grande variabilidade de aberturas, formas e tamanhos, gerando coeficientes de variação insuficientes para reproduzir um coeficiente confiável de correção. Em consequência da alta densidade estomática, tornou-se impraticável selecionar e marcar estômatos específicos de amostras *in vivo* para posterior reavaliação pós clarificação, considerando ainda as restrições de visualização dos estômatos das amostras *in vivo*.

CONCLUSÃO

Os estômatos de *Musa* spp., cv. 'Galil-7' são reniformes, com complexo estomático do tipo tetracítico e distribuição anfi-hipoestomática.

O silício reduziu quantitativamente a densidade estomática bem como o tamanho dos complexos estomáticos em todos os tratamentos comparado com a testemunha e, consequentemente, associado a redução de densidade, reduziu a proporção do limbo foliar ocupada por complexos estomáticos.

A utilização do SiO_2 em meio de cultura para micropropagação *in vitro* de *Musa* spp., cv. 'Galil-7' proporciona alterações quantitativas e morfoanatômicas positivas do ponto de vista da eficiência do uso d'água nos estágios iniciais da aclimatação. Embora tenha reduzido o diâmetro polar e pouco alterado o diâmetro equatorial, as alterações nestes parâmetros não foram suficientes para modificar a funcionalidade estomática.

O processo de clarificação amostral utilizando hipoclorito de sódio reduz o turgor celular, tornando necessário o procedimento para quaisquer comparabilidades avaliativas.

Mais estudos são necessários para quantificar diretamente a influência destas modificações nos processos de eficiência do uso d'água, quantificando o silício presente

nas estruturas vegetativas e mensurando a transpiração com o uso de analisadores de trocas gasosas.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Catarinense Campus Santa Rosa do Sul pelo suporte financeiro de iniciação científica, bem como pelo fornecimento infraestrutural e da grande maioria dos reagentes utilizados.

A empresa Diatom pelo fornecimento dos produtos silicatados.

REFERÊNCIAS

ASMAR, S. A. **Silício na micropropagação de bananeira: características morfofisiológicas**. Lavras: UFLA, 89 p., 2010.

CAMARGO, M. S. de; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S. Solubilidade do silício em solos: influência do calcário e ácido silícico aplicados. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 637-647, 2007.

CARVALHO, A. C. P. P. de; SANTOS, E. de O.; RODRIGUES, A. A. de J. Panorama da produção de mudas micropropagadas no Brasil. In: GERALD, L. T. S. **Biofábrica de plantas: produção industrial de plantas in vitro**. 1 ed., São Paulo: Antiqua, 2011, p. 380-393.

CARVALHO, A. C. P. P. de; SANTOS, E. de O.; RODRIGUES, A. A. de J. Panorama da produção de mudas micropropagadas no Brasil. **Embrapa Agroindústria Tropical-Documentos (INFOTECA-E)**, 25 p., 2012a.

CARVALHO, A. C. P. P. de; SANTOS, E. de O.; RODRIGUES, A. A. de J. Produção de mudas micropropagadas de bananeira. **Embrapa Agroindústria Tropical-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 14 p., 2012b.

COSTA, F. H. S. et al., Perda de água e modificações anatômicas em folhas de plantas de bananeiras micropropagadas durante a aclimatização. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 386-392, 2009.

ESTEVAM, D. de O.; FABRIS, T. R. **Ensaios sobre a economia Sul Catarinense**, v. 3, 306 p., 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FORTUNATO, A. A. et al. **Silício na resistência da bananeira ao mal do Panamá**. Viçosa: UFV, 45 p., 2009.

IBGE. Departamento De Agropecuária. Produção agrícola municipal. Culturas temporárias e permanentes 2015. **Rio de Janeiro: IBGE**, v. 42, 57 p., 2016.

LACERDA, G. A. et al., Características morfoanatômicas da epiderme foliar de plantas variantes e não variantes somaclonais de bananeiras (*Musa* spp. Colla cv. 'Prata-anã') cultivadas *in vitro.* **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 1, p. 85-90, 2008.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. leaves, stem, and wood, in relation to taxonomy, with notes on economic uses. **Anatomy of the Dicotyledons: leaves, stem, and wood, in relation to taxonomy, with notes on economic uses.** v. 2, 1500 p., 1950.

Micropropagation: From Laboratory to Market. **Financial Tribune**, Qaem Maqam Farahani, 20 de maio de 2015. Disponível em < https://financialtribune.com/node/17287>. Acesso em: 20 de fev. de 2018.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, v. 15, n. 3, p. 473-497, 1962.

SANDOVAL, J. A.; MULLER, L. E.; WEBERLING, F. Foliar morphology and anatomy of Musa cv. 'Grande Naine' (AAA) plants grown in vitro and during hardening as compared to field-grown plants. **Fruits (France)**, v. 49, n. 1, p. 37-46, 1994.

SOUZA, L. A. **Morfologia e anatomia vegetal: célula, tecidos, órgãos e plântula**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 1 ed., 259 p., 2009.

SCHNEIDER, C. A.; RASBAND, W. S.; ELICEIRI, K. W. (2012), NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. **Nature methods**. v. 9, n. 7, p. 671-675, 2012.

SUMARDI, I.; WULANDARI, M. Anatomy and morphology character of five Indonesian banana cultivars (*Musa* spp.) of different ploidy level. **Biodiversitas Journal of Biological Diversity**, v. 11, n. 4, p. 167-175, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Editora Artmed, 4 ed., 848 p., 2009.

TAIZ, L, et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Editora Artmed, 4 ed., 858 p., 2017.

Face do limbo foliar	Densidade Estomática (Estômatos mm^{-2})
Abaxial	77,1 a
Adaxial	23,1 b
CV (%)	23,7

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Tabela 1 - Densidade estomática abaxial e adaxial do limbo foliar de explantes de Musa spp., cv. 'Galil-7' cultivados in vitro. IFC- CSRS. Santa Rosa do Sul. 2018.

Tratamento Si_O2	Densidade estomática no limbo foliar (Estômatos mm^{-2})	
	Abaxial	Adaxial
Testemunha (0,00 g l^{-1})	92,1 a	17,7 c
0,35 g.l^{-1}	81,9 b	28,7 a
0,70 g l^{-1}	66,9 c	23,7 ab
1,00 g l^{-1}	67,5 c	22,5 bc
CV (%)	7,9	16,7

Tabela 2 - Densidade estomática abaxial e adaxial do limbo foliar de explantes de Musa spp., cv. 'Galil-7' cultivados *in vitro* e submetidos a diferentes concentrações de SiO_2. IFC- CSRS. Santa Rosa do Sul. 2018.

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Tratamento	Dimensões Estomáticas				
	Diâmetro Polar (DP) (µm)	Diâmetro Equatorial (DE) (µm)	Funcionalidade Estomática (DP/DE)	Tamanho estomático (μm^2)	Proporção em limbo (%)
Testemunha	24,1 a	8,0 ab	3,1 ns	1121 a	10,3 a
0,35 g l^{-1}	23,1 ab	8,1 a	2,9	889 b	7,2 b
0,70 g l^{-1}	22,7 b	7,4 ab	3,1	888 b	5,9 b
1,00 g l^{-1}	21,8 b	7,2 b	3,1	845 b	5,7 b
CV (%)	11,6	7,7	16,8	15,7	17,3

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

ns: Não significativo

Tabela 3 - Dimensões estomáticas (DP, DE, funcionalidade estomática (DP/DE)), tamanho dos estômatos e sua proporção no limbo foliar) em explantes de Musa spp., cv. 'Galil-7' cultivados *in vitro,* submetidos a diferentes concentrações de SiO_2. IFC- CSRS. Santa Rosa do Sul. 2018.

Tratamento	Tamanho Estomático (μm^2)
Amostras *in vivo*	1702 a
Amostras descoloridas	1121 b
CV (%)	23,7

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Tabela 4 **-** Tamanho estomático das amostras do limbo foliar antes e após clarificação em explantes do tratamento testemunha (0 g l^{-1} de SiO_2) de Musa spp., cv 'Galil – 7', cultivados in vitro. IFC- CSRS. Santa Rosa do Sul. 2018.

CAPÍTULO 8

ESTABILIDADE TOXICOLÓGICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE MANJERICÃO SOBRE *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) EM GRÃOS DE FEIJÃO-CAUPI ARMAZENADO

Data de aceite: 01/02/2022
Data de submissão: 08/11/2021

Benedito Charlles Damasceno Neves
Universidade Federal do Cariri, Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade, Laboratório de Entomologia Agrícola
Crato – Ceará
http://lattes.cnpq.br/4655888852755130

Francisco Roberto de Azevedo
Universidade Federal do Cariri, Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade, Laboratório de Entomologia Agrícola
Crato – Ceará
http://lattes.cnpq.br/7232754070890745

João Roberto Pereira dos Santos
Universidade Federal do Cariri, Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade, Laboratório de Entomologia Agrícola
Crato – Ceará
http://lattes.cnpq.br/5046950497013656

RESUMO: Durante o período de armazenamento, pragas como *Callosobruchus maculatus*, ou gorgulho do feijão-caupi, podem atacar o feijão-caupi, causando perdas por perfuração de sementes, redução de peso, valor de mercado e viabilidade. As sementes infestadas não são atraentes para os consumidores e costumam impossibilitar os fins agrícolas e comerciais. O controle desses insetos geralmente é feito por meio de inseticidas químicos, utilizando a fumigação, entretanto este método de controle possibilita o surgimento de populações resistentes, riscos à saúde humana e ao meio ambiente por meio de resíduos nos grãos. Dentre as diferentes opções ao controle químico, os produtos bioativos derivados do metabolismo secundário das plantas se destacam por serem seletivos e apresentarem baixa persistência no meio ambiente. Porém, Uma importante característica que pode influenciar na aplicação do óleo essencial é a sua estabilidade ou capacidade de degradação quando exposto a condições extremas de temperatura e luminosidade. Diante do exposto, o presente estudo objetivou investigar a influência da temperatura e da luminosidade de armazenamento do óleo essencial de manjericão na mortalidade de *C. maculatus*. Para avaliar o efeito da temperatura de armazenamento na mortalidade do inseto foram feitos testes de toxicidade por fumigação e por contato com óleo essencial de manjericão armazenado sob três temperaturas. Para avaliar a influência da luminosidade de armazenamento sob a mortalidade do caruncho foram realizados testes de toxicidade por fumigação e contato com óleo essencial de manjericão armazenado com e sem luminosidade. Após 24 horas de exposição foram contabilizados os insetos vivos e mortos. Os óleos armazenados a 5°C obtiveram maior mortalidade por fumigação e contato. Os óleos essenciais armazenados sem luminosidade obtiveram maior mortalidade por contato.

PALAVRAS-CHAVE: Feijão-caupi, grãos armazenados, gorgulho do feijão, condições de armazenamento.

TOXICOLOGICAL STABILITY OF BASIL ESSENTIAL OIL ON *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) IN STORED COAPE BEANS

ABSTRACT: During the storage period, pests such as Callosobruchus maculatus, or the cowpea weevil, can attack the cowpea, causing losses due to seed drilling, weight reduction, market value and viability. Infested seeds are not attractive to consumers and often make agricultural and commercial purposes impossible. The control of these insects is usually done through chemical insecticides, using fumigation, however this method of control allows the emergence of resistant populations, risks to human health and the environment through residues in the grains. Among the different options for chemical control, bioactive products derived from the secondary metabolism of plants stand out for being selective and presenting low persistence in the environment. However, An important characteristic that can influence the application of essential oil is its stability or degradation capacity when exposed to extreme conditions of temperature and light. Given the above, the present study aimed to investigate the influence of temperature and luminosity of storage of basil essential oil on the mortality of C. maculatus. To evaluate the effect of storage temperature on insect mortality, toxicity tests were performed by fumigation and by contact with basil essential oil stored under three temperatures. To evaluate the influence of storage luminosity on beetle mortality, toxicity tests were carried out by fumigation and contact with basil essential oil stored with and without light. After 24 hours of exposure, live and dead insects were counted. Oils stored at 5°C had higher mortality by fumigation and contact. Essential oils stored without light had higher contact mortality.

KEYWORDS: Cowpea beans, stored grains, bean weevil, storage conditions.

1 I INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é uma leguminosa de importante valor nutricional amplamente cultivada nas regiões mais quentes da África, Ásia e Américas (MOREIRA-ARAÚJO et al., 2018). Esta espécie possui vários nomes comuns no Brasil, tais como: feijão-da-estrada, feijão-de-praia, feijão-de-rama, feijão fradinho, feijão macassar, feijão-de-corda, macacar ou macaça e apresenta um papel importante na dieta alimentar, sendo uma das principais fontes de proteínas das famílias, principalmente das regiões Norte e Nordeste do Brasil, sendo consumido na forma de grãos verdes ou secos (NEVES et al., 2011).

Para a região Nordeste, o feijão-caupi é considerado uma planta adaptada às condições edafoclimáticas em virtude de possuir tolerância a altas temperaturas, a períodos de estiagem (veranicos), além de apresentar ciclo curto de produção e é considerada uma cultura com grande importância socioeconômica por fixar a mão-de-obra no campo (BASTOS et al., 2012).

Em 2002, o feijão representava 0,39% do Produto Interno Bruto (PIB) do país, em torno de 4,2 milhões de reais (FERREIRA et al., 2002). Em 2019, teve aumento de 2,2% na produção que influenciou no aumento do PIB agropecuário (IBGE, 2020). No Ceará

houve um aumento de área plantada em comparação à temporada anterior. Os bons preços pagos pelo grão estimularam os produtores a expandirem o cultivo, além das condições climáticas favoráveis apresentadas durante o ciclo. A colheita está finalizada nos 380,4 mil hectares cultivados com o feijão-caupi nessa segunda safra, alcançando uma produção de 144,9 mil toneladas, representando incremento de 32,2% em relação à 2018/19, tanto pelo crescimento de área quanto pelas melhores condições climáticas e, consequentemente, melhor rendimento da cultura (CONAB, 2020).

Durante o período de armazenamento, pragas como *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775), ou gorgulho do feijão-caupi, podem atacar o feijão-caupi. De fato, esta espécie se destaca entre as principais pragas de grãos armazenados (MARSARO JÚNIOR et al., 2006). As fêmeas depositam seus ovos no tegumento da semente e, após 3 a 5 dias, as larvas penetram nos cotilédones da semente, onde completam seu ciclo de vida (ADENEKAN et al., 2013). Isso causa grandes danos aos grãos e sementes de feijão armazenado, comprometendo sua qualidade e aproveitamento para o plantio (BAVARESCO, 2007).

O besouro é conhecido por provocar perdas quantitativas e qualitativas causadas por perfuração de sementes, redução de peso, valor de mercado e viabilidade (ILOBA et al., 2016; ADARKWAH et al., 2018). A infestação aumenta uma redução substancial no valor do grão. As sementes de feijão-caupi infestadas não são atraentes para os consumidores e costumam reduzir os fins agrícolas e comerciais (ADESINA; OFUYA, 2015; ILOBA et al., 2016). As perdas causadas por esse caruncho em sementes não tratadas caem entre 40 e 100% (AKAMI et al., 2017; MENSAH et al., 2017).

O controle desses insetos geralmente é feito por meio de inseticidas químicos, utilizando a fumigação, técnica que utiliza a fosfina que em condições ideais assume estado gasoso e na concentração e tempo adequados provoca a morte dos insetos em todas as fases biológicas. Apesar de eficiente, este método de controle possibilita o surgimento de populações resistentes, riscos à saúde humana e ao meio ambiente por meio de resíduos nos grãos e a toxicidade que os produtos possuem, não podendo ser utilizados próximo ao período de beneficiamento (GALLO et al., 2002; FARONI; SILVA, 2008).

Diante dos diversos efeitos negativos causados pelo uso indiscriminado de tais produtos ao meio ambiente e à saúde, diversos estudos têm sido realizados para encontrar meios alternativos de redução do uso desses produtos químicos (ADENEKAN et al., 2013; CAMPOS et al., 2014; ALVES et al., 2015). Dentre as diferentes possibilidades, os produtos bioativos derivados do metabolismo secundário das plantas se destacam por serem seletivos e apresentarem baixa persistência no meio ambiente (SANTOS et al., 2012; FREIRE et al., 2016).

Óleos essenciais são constituídos por terpenóides voláteis, como monoterpenos (C10) e sesquiterpenos (C15) e por fenilpropenos (derivados da junção do grupo fenila (anel aromático) e uma cadeia lateral de três carbonos (grupo propila)) (AHN et al., 2001).

Várias famílias de plantas, especialmente a família Lamiaceae, apresentam quantidades importantes de óleo essencial (SOUZA et al., 2010).

O gênero Ocimum é um membro importante da família Lamiaceae e compreende mais de 30 espécies de ervas e arbustos das regiões tropicais e subtropicais da Ásia, África, América Central e do Sul (El-SOUD et al., 2015). Entre as espécies desse gênero, *Ocimum basilicum* L. (manjericão) é uma planta aromática e medicinal perene, herbácea que é amplamente cultivada em muitos países do mundo (ABURIGAL et al., 2016), sendo considerada a principal cultura comercial destinada à extração de óleo essencial (El-KAREEM et al., 2016).

Uma importante característica que pode influenciar na aplicação do óleo essencial de *O. basilicum* é a sua estabilidade ou capacidade de degradação quando exposto a condições extremas de temperatura e luminosidade. Em geral, os óleos essenciais na presença de oxigênio, luz, calor e umidade são muito instáveis, sofrendo inúmeras reações de degradação, o que dificulta a sua conservação, fazendo com que o seu processo de armazenamento seja fundamental para a manutenção de sua qualidade (GUIMARÃES et al., 2008).

Considerando-se a importância econômica dessa praga do feijão-caupi, é fundamental o desenvolvimento de estudos avaliando a influência das condições de armazenamento de óleos essenciais, na mortalidade desses insetos-praga. Diante do exposto, o presente estudo objetivou verificar a influência da exposição do óleo essencial de manjericão a diferentes temperaturas e à luminosidade sob a mortalidade de adultos de *C. maculatus* em feijão-caupi armazenado.

2 I MATERIAIS E MÉTODOS

Localização dos bioensaios e obtenção dos insetos e do óleo

Os experimentos ocorreram entre os meses de fevereiro e junho de 2021 e foram realizados no Laboratório de Entomologia Agrícola, do Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade, da Universidade Federal do Cariri em Crato, Ceará, Brasil.

A população adulta de *C. maculatus* foi obtida por meio de grãos já infestados, comprados em feiras livres no município de Juazeiro do Norte, Ceará, Brasil. Os insetos foram criados em recipientes de vidro de 500 mL de volume contendo grãos de feijão-caupi, à temperatura de 27 ± 5 °C, umidade relativa do ar de 70 ± 5% e fotofase de 12, fechados com tecido de organza de 15 cm² e elástico amarelo para permitir as trocas gasosas entre o ambiente e os insetos. Estes frascos foram mantidos no Laboratório de Entomologia Agrícola do CCAB/UFCA.

O óleo essencial de Manjericão, *O. basilicum*, utilizado foi obtido por meio da empresa “mundo dos óleos” (Brasília-DF, Brasil), via internet.

Exposição à temperatura e à luminosidade

Para a avaliação do efeito da temperatura na estabilidade do óleo essencial, recipientes de vidro transparentes envolvidos por papel alumínio para proteção contra a luz e devidamente vedado, contendo óleo essencial de *O. basilicum* foram submetidos a diferentes condições de temperatura. Os frascos foram divididos em três lotes e acondicionados durante um mês nos seguintes ambientes: frízer na temperatura de 5 ± 2°C (temperatura baixa); em câmara climática do tipo B.O.D à temperatura de 20 ± 2°C (temperatura média) e câmara climática do tipo B.O.D à temperatura de 35 ± 2°C (temperatura alta). Para a avaliação da estabilidade perante a luz, frascos de vidro transparente contendo o óleo essencial foram mantidos em câmara climática do tipo B.O.D. à temperatura de 20±2 °C e sujeitos a luz de lâmpadas brancas e frias (100 W cada) (Philips, Ceará, Brasil) durante um mês.

Ação toxicológica por fumigação

Os bioensaios por fumigação foram realizados em frascos de vidro de 500 mL com 60 adultos de *C. maculatus* não-sexados de até três dias de idade, em dez repetições. Após testes preliminares utilizou-se a concentração de, 60 μL/100g de feijão-caupi, de óleo essencial de *O. basilicum* armazenado sob diferentes condições de temperatura e luminosidade, aplicadas com uma seringa de 1 mL em discos de papel-filtro com diâmetro de 4,4 cm colocados na parte superior dos recipientes.

Os frascos foram fechados com tampa metálica rosqueável e selados com parafilme, após a distribuição dos insetos, para evitar o vazamento do vapor do óleo durante o período de exposição. Os frascos foram mantidos em câmara climatizada do tipo BOD à temperatura de 27 ± 2 ºC, umidade relativa do ar de 70 ± 5% e escotofase de 12 h. por 24 h. Após este período, insetos mortos e vivos foram contados e a mortalidade corrigida foi calculada pela fórmula de Abbott (1925).

Ação toxicológica por contato

Para os testes por contato, os bioensaios foram realizados sob condições constantes de temperatura (25 ± 2°C), umidade relativa do ar de 70,0 ± 5% e escotofase de 12 h em câmara climatizada do tipo BOD. A partir de testes preliminares foi utilizada a concentração de 60μL/100g de feijão-caupi, com dez repetições. O óleo essencial submetido às diferentes condições de temperatura e luminosidade de armazenamento foi aplicado na massa de grão e o frasco foi agitado até a completa homogeneização.

Após a aplicação, os insetos foram liberados na massa de grãos. A unidade experimental foi composta por frasco de vidro com capacidade de 500 mL com 100 g de feijão-caupi e 60 insetos adultos de *C. maculatus* não-sexados com até três dias de idade. Os frascos foram fechados com tecido do tipo organza para evitar a fuga dos insetos e permitir trocas gasosas. Após o período de exposição de 24 h, o número de insetos vivos

e mortos foi avaliado e a mortalidade corrigida foi calculada pela fórmula de Abbott (1925).

Delineamento estatístico

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado com três tratamentos e dez repetições para os bioensaios de temperatura e inteiramente casualizado com dois tratamentos e dez repetições para o teste de luminosidade.

Análises estatísticas

Os dados de mortalidade obtidos nos bioensaios foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as suas médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), sendo a porcentagem de mortalidade nos tratamentos corrigidas por aquela observada na testemunha por meio da fórmula de Abbott (1925). Para analisar os dados, foi utilizada a versão gratuita do software estatístico Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2019).

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Influência da temperatura de armazenamento do óleo essencial na mortalidade de adultos de *C. maculatus*

Foi observado que a mortalidade nos tratamentos decresceu na seguinte ordem: 5°C > 20°C > 35°C para o teste de fumigação. E decresceu na ordem: 5°C > 20°C > 35°C para o bioensaio de contato. Por outro lado, as mortalidades médias foram respectivamente, 56, 44, e 42 para o teste de fumigação e 58,5; 51,6 e 46,7 para o bioensaio de contato (Tabela 1).

Em relação ao teste por fumigação foram observadas diferenças significativas entre o tratamento com 5°C para os tratamentos com 20°C e 35°C, que foram estatisticamente iguais. Quanto ao bioensaio por contato, o tratamento com 5°C foi superior ao tratamento com 20°C, que por sua vez, foi superior ao tratamento com 35°C (Tabela 1).

Temperatura (°C)	Mortalidade/Eficiência			
	Fumigação	E (%)	Contato	E (%)
5°C	56 a	93,3	58,5 a	97,5
20°C	44 b	73,3	51,6 b	86
35°C	42 b	70	46,7 c	77,8
CV (%)	15,92		4,61	

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

Tabela 1 – Médias de mortalidade de *Callosobruchus maculatus* em testes de fumigação e contato com óleo essencial de *Ocimum basilicum* armazenado em três temperaturas.

Crato-CE, 2021.

Os resultados do presente estudo indicam que a temperatura de armazenamento do óleo essencial de *O. basilicum* exerce influência sobre a mortalidade de *C. maculatus* por fumigação e contato. Corroborando com estes resultados, Najafian (2014) observou que o óleo essencial de *Melissa officinalis* L. armazenado em freezer e geladeira manteve sua qualidade primária melhor em comparação com o armazenamento em temperatura ambiente.

Ao que tudo indica o armazenamento de óleos essenciais em temperaturas mais amenas influi diretamente na preservação dos principais constituintes desses óleos, os chamados componentes majoritários. Em consequência disto, ocorre uma maior eficiência na finalidade de uso destes óleos. No caso do manjericão, houve uma maior eficiência na mortalidade de *C. maculatus.*

Influência da luminosidade de armazenamento do óleo essencial na mortalidade de *C. maculatus*

Foi observada uma mortalidade decrescente nos tratamentos na seguinte ordem: Sem Luminosidade > Com Luminosidade para o bioensaio de fumigação. Já para o teste de contato a mortalidade observada decresceu da seguinte maneira: Sem Luminosidade > Com Luminosidade. Da mesma forma, as mortalidades médias foram respectivamente, 44 e 37,9 para o ensaio de fumigação e 51,6 e 36,7 para o teste de contato (Tabela 2).

Observou-se também que no teste de fumigação não houve diferença estatística entre os tratamentos Com e Sem luminosidade. Porém, no bioensaio de contato o tratamento Sem Luminosidade foi estatisticamente superior ao tratamento Com Luminosidade (Tabela 2).

Luminosidade	Mortalidade/Eficiência			
	Fumigação	E (%)	Contato	E (%)
Com	37,9 a	63,1	36,7 b	61,2
Sem	44 a	73,3	51,6 a	86
CV (%)	16,4		10,1	

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

Tabela 2 – Médias de mortalidade de *Callosobruchus maculatus* em testes de fumigação e contato com óleo essencial de *Ocimum basilicum* armazenado com e sem Luminosidade. Crato-CE, 2021.

Os resultados encontrados neste estudo indicam que a presença de luz no armazenamento do óleo essencial de *O. basilicum* contribuiu para uma menor eficácia na mortalidade de *C. maculatus* nos testes por fumigação e por contato. Guimarães et al. (2008) investigaram a estabilidade do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* em relação

a luminosidade. Observou-se que os componentes majoritários citral e mirceno sofreram mais degradação durante o período de armazenamento em presença de luz do que no período em ausência de luz, corroborando assim, com os resultados encontrados.

4 I CONCLUSÕES

O óleo essencial de *O. basilicum* armazenado na temperatura de 5°C obteve maior mortalidade em adultos de *C. maculatus* tanto por fumigação quanto por contato em comparação às temperaturas de armazenamento de 20 e 35 °C.

O óleo essencial de *O. basilicum* armazenado sem luminosidade obteve maior mortalidade em adultos de *C. maculatus* por contato em comparação ao óleo essencial armazenado com luminosidade.

O óleo essencial de *O. basilicum* armazenado sem luminosidade promove mortalidade em adultos de *C. maculatus* similar ao óleo armazenado com luminosidade no bioensaio por fumigação.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, W. S. A method of computing the efectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, n. 2, p. 265-267, 1925.

ABURIGAL, Y. A.; HAMZA, N. B.; HUSSEIN, I. H.; ELMOGTABA, E. Y.; OSMAN, T. H.; ALI, F. L.; SIRIBEL, A. A. Variability in Contente and Chemical Constituents of Essential Oil of Seweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) Obtained from Aerial Plant Parts. **Advances in Bioscience and Biotechnology**, v. 7, n. 3, p. 183, 2016.

ADARKWAH, C.; OBENG-OFORI, D.; PROZELL, C.; ASANTE, V.; HORMANN, V.; ULRICHS, C.; SCHOOLLER, M. Toxicity and protectant potential of Piper guineense (Piperaceae) and Senna siamea (Fabaceae) mixed with diatomaceous earth for the management of three major stored product beetle pests. I**nternational Journal of Pest Management**, v. 64, n. 2, p. 128-139, 2018.

ADENEKAN, M. O.; OKPEZE, V. E.; OGUNTADE, M. I. Evaluation of *Moringa oleifera* powders for the control of bruchids beetles during storage. **International Journal of Agricultural Policy and Research**, v. 10, n. 10, p. 305-310, 2013.

ADESINA, J. M.; OFUYA, T. I. Oviposition Deterrent and Egg Hatchability Suppression of *Secamone afzelii* (Schult) K. Schum Leaf Extract on *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidae). **Jordan Journal of Biological Sciense**, v. 8, n. 2, p. 95–100, 2015.

AKAMI, M.; CHAKIRA, H.; ANDONGMA, A. A.; KHAESO, K.; GBAYE, O. A.; NICOLAS, N. Y.; NUKENINE, E. N.; NIU, C. Y. Essential oil optimizes the susceptibility of *Callosobruchus maculatus* and enhances the nutritional qualities of stored cowpea *Vigna unguiculata***. Royal Society open science**, v. 4, n. 8, 2017.

ALVES, M. S.; SANTOS, D. P.; SILVA, L. C. P.; PONTES, E. G.; SOUZA, M. A. A. Essential Oils Composition and Toxicity Tested by Fumigation Against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) Pest of Stored Cowpea. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 2387-2399, 2015.

BASTOS, E. A.; RAMOS, H. M. M.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; NASCIMENTO, F. N.; CARDOSO, M. J. Parâmetros fisiológicos e produtividade de grãos verdes do feijão-caupi sob déficit hídrico. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 1, n. 1, p. 31-37, 2012.

BAVARESCO, A. Avaliação de tratamentos alternativos para o controle do *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 6, n. 2, p. 125-133, 2007.

Companhia Nacional de Abastecimento: Observatório Agrícola - Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 7, safra 2019/2020, n. 12, Sétimo levantamento, setembro, 2020.

CAMPOS, A. C. T.; RADUNZ, L. L.; RADÜNZ, A. L.; MOSSI A. J.; DIONELLO, R. G.; ECKER, S. L. Atividade repelente e inseticida do óleo essencial de carqueja doce sobre o caruncho do feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v. 18, n. 8, p. 861–865, 2014.

EL-KAREEM, M. S. M. A.; RABBIH, M. A. E. F.; SELIM, E. T. M.; ELSHERBINY, E. A. E.; KHATEEB, A. Y. E. Application of GC/EIMS in Combination with Semi-Empirical Calculations for Identification and Investigation of Some Volatile Components in Basil Essential Oil. **International Journal of Analytical Mass Spectrometry and Chromatography**, v. 4, n. 1, p. 14-25, 2016.

EL-SOUD, N. H. A.; DEABES, M.; EL-KASSEM, L. A.; KHALIL, M. Chemical Composition and Antifungal Activity of *Ocimum basilicum* L. Essential Oil. Open Access **Macedonian Journal of Medical Sciences**, v. 3, n. 3, p. 374-379, 2015.

FARONI, L. R. A.; SILVA, J. S. **Manejo de pragas no ecossistema de grãos armazenados**. In: SILVA, J. S. Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícola. Aprenda Fácil, v. 2, p. 345-382, 2008.

FERREIRA, C. M.; MARIA, J.; FARIA, L. C. Feijão na economia nacional. Viçosa-MG, **Embrapa**, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, Ministério de Agricultura e do Abastecimento, 2002, 35p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type disigns. **Revista brasileira de biometria**, [S.1.], v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FREIRE, G. F.; LEITE, D. T.; PEREIRA, R. A.; MELO, B. A.; SILVA, J. F.; MARACAJÁ, P. B. Bioatividade de *Solanum melongena* L. e *Capsicum annuum* L. sobre *Callosobruchus maculatus* (COLEOPTERA: BRUCHIDAE). **Acta Biológica Colombiana**, v. 21, n. 1, p. 123-130, 2016.

GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S. S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; FILHO, E. B.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; C. OMOTO. Entomologia agrícola. Piracicaba, **FEALQ**, São Paulo. 920p. 2002.

GUIMARÃES, L. G. L. CARDOSO, M. D.; ZACARONI, L. M.; LIMA, R. K. Influência da luz e da temperatura sobre a oxidação do óleo essencial de Capim-limão (*Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf). **Química Nova**, v. 31, n. 6, p. 1476-1480, 2008.

ILOBA, B. N.; ADETIMEHIN, A. D.; UYI, O. O. High mortality and reduced oviposition efficacy of the leaf powder of *Greenwayodendron suaveolens* (Engl. And Diels) Verdc. (Annonaceae) against *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Chrysomelidae). Journal Life Scienci, v. 6, n. 2, p. 51-59, 2016.

MARSARO JÚNIOR, A. L.; LAZZARI, S. M. N.; MOURÃO JÚNIOR, M.; PINTO JÚNIOR, A. R.; LAZZARI, F. A. Interação entre híbridos de milho e protetores de grãos no controle de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 31, n. 2, p. 144-153, 2006.

MENSAH, G. W. K.; APPIAH, A.; ANORBOR, E. C.; ANKU, L. Field evaluation of commercial Neem oil in managing insect damage on cowpea in the forest zone of Ghana. **Agricultural Science Research Journal**, v. 7, n. 11, p. 329-336, 2017.

MOREIRA-ARAÚJO, R. S.; SAMPAIO, G. R.; SOARES, R. A. M.; SILVA, C. P.; ARAÚJO, M. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Identification and quantification of phenolic compounds and antioxidant activity in cowpeas of BRS Xiquexique cultivar. **Revista Caatinga**, v. 3, n. 1, p. 209-216, 2018.

NAJAFIAN, S. Storage conditions affect the essential oil composition of cultivated Balm Mint Herb (Lamiaceae) in Iran. **Industrial Crops And Products**, v. 52, n. 1, p. 575-581, 2014.

NERY, C. PIB cresce 1,1% e fecha 2019 em R$ 7,3 trilhões. **Agência IBGE** Notícias, 2020. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/27007-pib-cresce-1-1-e-fecha-2019-em-r-7-3-trilhoes>. Acesso em: 26 de Julho de 2021.

NEVES, J. A.; SILVA J. A. L; Componentes de produção e suas correlações em genótipos de feijão-caupi em cultivo de sequeiro e irrigado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 702-713, 2011.

SANTOS, O. O.; MELO, E. A. S. F.; ROCHA, R. B.; OLIVEIRA, R. A.; BITTENCOURT, M. A. Atividade inseticida de produtos de origem vegetal sobre moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e broca-rajada (Coleoptera: Curculionidae). **Magistra**, v. 24, n. 1, p. 26-31, 2012.

SOUZA, N. A. B.; LIMA, E. O.; GUEDES, D. N.; PEREIRA, F. O.; SOUZA, E. L.; SOUSA, F. B. Efficacy of Origanum essential oils for inhibition of potentially pathogenic fungi. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 46, n. 3, p. 500-508, 2010.

CAPÍTULO 9

REACCIÓN AL CARBÓN PARCIAL (*Tilletia indica*) EN VARIEDADES Y LÍNEAS AVANZADAS DE TRIGO CRISTALINO EN EL CICLO 2018-2019

Data de aceite: 01/02/2022

Guillermo Fuentes-Dávila
INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug
Obregón, Sonora

María Monserrat Torres-Cruz
INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug
Obregón, Sonora

Ivón Alejandra Rosas-Jáuregui
INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug
Obregón, Sonora

José Félix-Fuentes
INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug
Obregón, Sonora

Pedro Félix-Valencia
INIFAP, Campo Experimental Norman E. Borlaug
Obregón, Sonora

RESUMEN: Veintiséis líneas avanzadas y cuatro variedades comerciales de trigo cristalino se evaluaron para resistencia al carbón parcial durante el ciclo 2018-2019 en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, México. Las fechas de siembra fueron noviembre 12 y 22, 2018. La inoculación artificial se llevó a cabo inyectando 1 mL de una suspensión de esporidios alantoides (10,000/mL) durante el embuche en 10 espigas por línea y se utilizó un sistema de microaspersión para proveer un ambiente húmedo, así como una malla protectora contra los pájaros. La cosecha y trilla se hicieron manualmente, y el conteo de granos infectados y sanos y la evaluación por inspección visual. El rango de infección para la primera fecha de siembra fue de 0 a 22.7% con un promedio de 7.1, y para la segunda fue de 0 a 16.6% con un promedio de 6.0. La línea RANCO//CIT71/CII/3/COMDK/4/TCHO//SHWA/MALD/3/ CREX/5/SNITAN/6/YAZI_1/AKAKI_4//SOMAT_3/3/AUK/GUIL//GREEN/7/CIRNOC2008 no presentó granos infectados en ninguna de las fechas. Las líneas HUBEI//SOOTY_9 /RASCON_37/3/2*SOOTY_9/RASCON_37/4/2*SOOTY_9/RASCON_37/5/SOOTY_9/RASCON_37//GUAYACANINIA/3/SOOTY_9/RASCON_37//STORLOM/7/ALTAR84/ BINTEPE85/3/STOT//ALTAR84/ALD/4/POD_11/YAZI_1/5/VANRRIKSE_12/SNITAN/6/ SOOTY_9/RASCON_37//WODUCK/CHAM_3 y SILVER_14/MOEWE//BISU_1/PATKA_ 3/3/PORRON_4/YUAN_1/9/USDA595/3/D67.3/RABI//CRA/4/ALO/5/HUI/YAV_1/6/ARDENTE/7/HUI/YAV79/8/POD_9/10/TARRO_1/2*YUAN_1//AJAIA_13/YAZI/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1/11/SOOTY_9/RASCON_37//JUPAREC2001 /3/SOOTY_ 9/RASCON presentaron un porcentaje de infección menor a 2.5 en las dos fechas. La media de los tres porcentajes más altos de infección del testigo susceptible fue de 98.7%.

PALABRAS CLAVE: Trigo duro, *Triticum durum*, carbón parcial, karnal bunt, *Tilletia indica*.

REACTION OF DURUM WHEAT CULTIVARS AND ADVANCED LINES TO KARNAL BUNT (*Tilletia indica*) DURING THE CROP SEASON 2018-2019

ABSTRACT: Twenty six durum wheat advanced lines and four commercial durum wheat cultivars were evaluated for resistance to karnal bunt during the crop season 2018-2019, at the Norman E. Borlaug Experimental Station in the Yaqui Valley, Sonora, Mexico, in two sowing dates (November 12 and 22, 2018). The artificial inoculation was carried out by inyecting 1 mL of an allantoid sporidial suspension (10,000/mL) during the boot stage in 10 spikes per line and a mist-spray system was used to provide a humid environment as well as a plastic net for protection against birds. Harvest and threshing was done manually and the counting of healthy and infected grains by visual inspection. The range of infection for the first sowing date was 0 to 22.7% with an average of 7.1 and for the second date 0 to 16.6% with an average of 6.0. The line RANCO//CIT71/CII/3/COMDK /4/TCHO//SHWA/MALD/3/CREX/5/SNITAN/6/YAZI_1/AKAKI_4//SOMAT_3/3/AUK/ GUIL//GREEN/7/CIRNOC 2008 did not show any infected grains in both dates. Lines HUBEI//SOOTY_9/RASCON_37/3/2*SOOTY_9/RASCON_37/4/2*SOOTY_9/RASCON _37/5/SOOTY_9/RASCON_37//GUAYACANINIA/3/SOOTY_9/RASCON_37//STORLOM/7/ALTAR84/BINTEPE85/3/STOT//ALTAR84/ALD/4/POD_11/YAZI_1/5/VANRRIKSE_ 12/SNITAN/6/SOOTY_9/RASCON_37//WODUCK/CHAM_3 and SILVER_14/MOEWE// BISU_1/PATKA_3/3/PORRON_4/YUAN_1/9/USDA595/3/D67.3/RABI//CRA/4/ALO/5/ HUI/YAV_1/6/ARDENTE/7/HUI/YAV79/8/POD_9/10/TARRO_1/2*YUAN_1//AJAIA_13/YAZI/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1/11/SOOTY_9/RASCON_37//JUPAREC2001 /3/SOOTY_9/RASCON showed a percentage of infection below 2.5 in both dates. The average of the three highest records of infection was 98.7%.

KEYWORDS: *Triticum durum*, karnal bunt, *Tilletia indica*.

1 I INTRODUCCIÓN

El carbón parcial causado por el hongo *Tilletia indica* Mitra ocurre en forma natural en trigo harinero (*Triticum aestivum*; Mitra 1931), trigo duro (*T. turgidum*), y triticale (X *Triticosecale*; Agarwal *et al*., 1977). Los granos infectados generalmente se afectan de manera parcial (Fig. 1) (Mitra, 1935). Esta enfermedad se ha reportado en la India (Mitra, 1931), México (Duran, 1972), Pakistán (Munjal, 1975), Nepal (Singh *et al*., 1989), Brasil (Da Luz *et al*., 1993), Los Estados Unidos (APHIS, 1996), Irán (Torarbi *et al*., 1996), la República de Africa del Sur (Crous *et al*., 2001) y en Afganistán (CIMMYT, 2011).

El control de este organismo es difícil debido a que las teliosporas son resistentes a factores físicos y químicos (Smilanick *et al*., 1988); sin embargo, la aplicación de fungicidas durante el período de floración tiene una efectividad biológica importante (Salazar-Huerta *et al*., 1997; Fuentes-Dávila *et al*., 2018). El uso de variedades de trigo resistentes a la enfermedad es la medida de control más adecuada; además, esto reduciría las posibilidades de introducir la enfermedad a áreas libres.

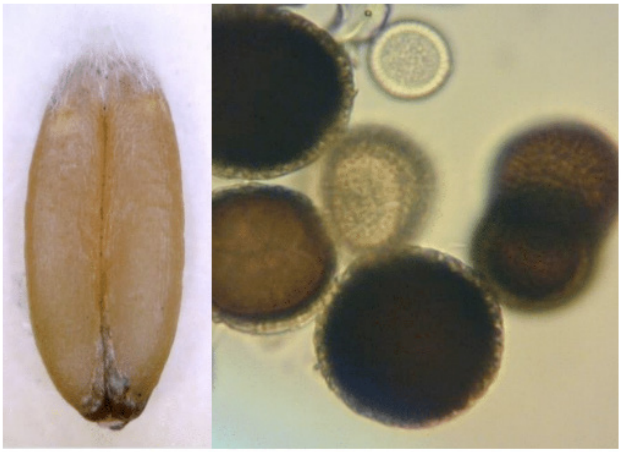


Figura. 1. Síntomas del carbón parcial en el grano del trigo y teliosporas del hongo *Tilletia indica*.

2 I OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo fueron los siguientes:

- sembrar en dos fechas de siembra veintiséis líneas avanzadas y cuatro
- variedades comerciales de trigo cristalino en uso en el noroeste de México,
- inocularlas artificialmente en el campo con el hongo *Tilletia indica*,
- determinar el porcentaje de infección de cada línea y variedad mediante el conteo de los granos sanos e infectados.

3 I METODOLOGÌA

3.1 Localidad y germoplasma evaluado

Veintiséis líneas avanzadas de trigo cristalino producidas en el programa colaborativo entre el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), y las variedades comerciales en uso en el noroeste de México CIRNO C2008 (Figueroa-López *et al.*, 2010), Baroyeca Oro C2013 (Chávez-Villalba *et al.*, 2015), Quetchehueca Oro C2013 (Fuentes-Dávila *et al.*, 2014) y CENEB Oro C2017 (Chávez-Villalba *et al.*, 2018), se evaluaron para resistencia a carbón parcial durante el ciclo 2018-2019 en el Campo Experimental Norman E. Borlaug, ubicado en el Block 910 del Valle del Yaqui, Sonora, a 27º22´3.01” N y 109º55´40.22” W, en un suelo de textura arcillosa y pH de 7.8. Las fechas de siembra fueron noviembre 12 y 22, 2018, usando 8 g de semilla para un surco de 0.7 m de largo en cama de dos hileras sin repeticiones. El testigo susceptible KB SUS se sembró en 8 fechas de siembra diferentes para cubrir el período de inoculación de las líneas avanzadas y las

variedades comerciales.

3.2 Preparación de inóculo e inoculaciones

Para preparar el inóculo se siguió la metodología descrita por Fuentes-Dávila *et al.* (1993), de la cual los aspectos más importantes fueron los siguientes: las teliosporas de aproximadamente 1 año de edad, se obtuvieron de granos de trigo infectados, los cuales se agitaron en una solución de tween 20 + agua en tubos de ensaye, se cribaron en una malla de 60 μm y se dejaron reposar durante 24 horas a 18-22°C. Luego, las teliosporas se precipitaron mediante una centrifugación a 3,000 rpm, se decantó, enseguida se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 0.6% mientras se centrifugaban a 3,000 rpm; posteriormente se lavaron con agua destilada estéril repitiendo el proceso de centrifugación, se sembraron en agar-agua al 2% bajo condiciones asépticas utilizando jeringas desechables y estériles de 3 mL y se incubaron a 18-22°C. Después de 7-9 días, ya germinadas las teliosporas, se colocaron invertidas en tapas de cajas Petri con papa-dextrosa-agar para estimular la producción de esporidios secundarios, los cuales se cuantificaron y se ajust***ó*** la concentración a 10,000 por mL. Las inoculaciones se hicieron inyectando 1 mL de una suspensión de esporidios alantoides (10,000/mL) con una jeringa hipodérmica durante el embuche (Zadoks *et al.*, 1974) en 10 espigas por línea/variedad (Figura 2). El período de inoculación inició el 4 de enero de 2019 y terminó el 11 de marzo, sumando un total de 29 fechas de inoculación. Se utilizó un sistema de microaspersión automatizada con el fin de proveer un ambiente húmedo en el área, así como una malla protectora contra los pájaros (Figura 3). La cosecha y trilla se hicieron manualmente y el conteo de granos infectados y sanos y la evaluación se realizaron mediante inspección visual.

4 I RESULTADOS

El rango de infección para la primera fecha de siembra fue de 0 a 22.7% con un promedio de 7.1 y cuatro líneas no presentaron granos infectados (Figura 4). El rango de infección para la segunda fue de 0 a 16.6% con un promedio de 6.0 y una línea no presentó granos infectados (Figura 5).

El rango del promedio de infección de las dos fechas fue de 0 a 16.2% con una media de 6.6 (Figura 6); la línea RANCO//CIT71/CII/3/COMDK/4/TCHO//SHWA/MALD /3/ CREX/5/SNITAN/6/YAZI_1/AKAKI_4//SOMAT_3/3/AUK/GUIL//GREEN/7/CIRNOC 2008 (CDSS09B00170S-099Y-011M-6Y-3M-06Y) no presentó granos infectados en ninguna de las dos fechas.

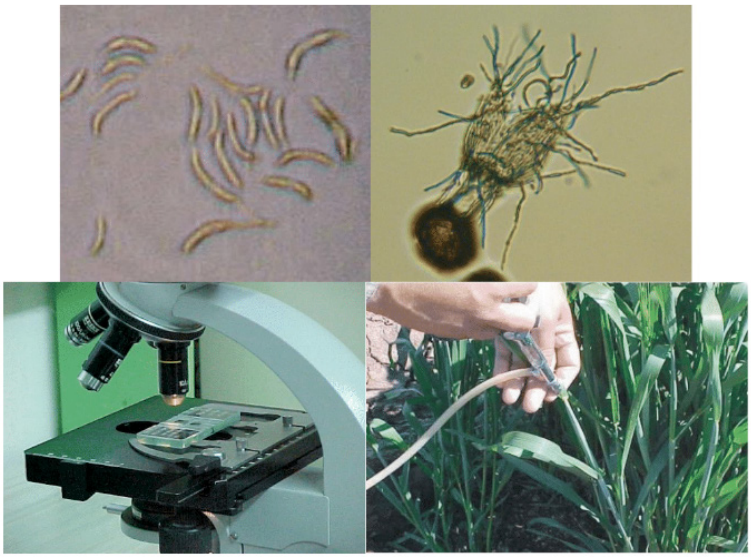


Figura 2. Germinación de teliosporas, producción de esporidios secundarios, conteo e inoculación mediante inyección a la planta de trigo en estado de embuche.

Figura 3. Sistema de microaspersión y malla antipájaro utilizados en el área experimental.

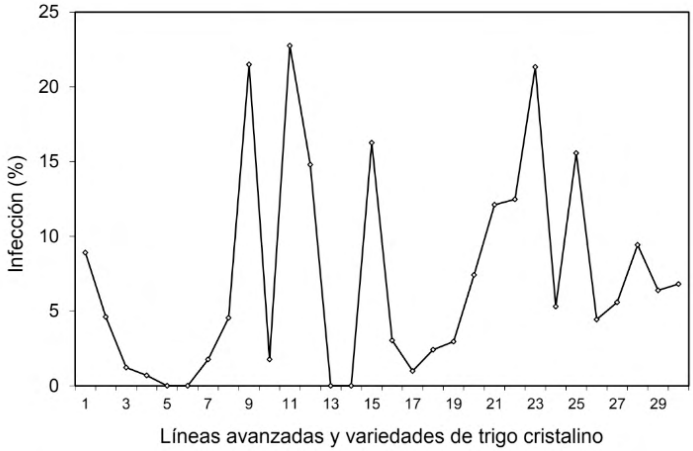


Figura 4. Porcentaje de infección con carbón parcial en la primera fecha de siembra, de 26 líneas avanzadas y 4 variedades de trigo cristalino, evaluadas bajo inoculación artificial en el ciclo 2018-2019, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, Mexico. 1= CIRNO C2008, 2= Baroyeca Oro C2013, 3= Quetchehueca Oro C2013, 4= CENEB Oro C2017.

El rango de infección del testigo susceptible KB SUS fue de 64.6% el 28 de enero de 2019 a 99.2% el 14 de enero; la media de los tres porcentajes más altos de infección del testigo susceptible fue de 98.7%.

Presentaron los porcentajes promedio más altos de infección de las dos fechas de siembra: PLANETA/PIQUERO//BERGAND/KNIPA/6/YAZI_1/AKAKI_4//SOMAT_3/3/AUK/GUIL//GREEN/5/2*NETTA_4/DUKEM_12//RASCON_19/3/SORA/2*PLATA_12/4/GREEN_18/FOCHA_1//AIRON_1/12/ALTAR84/STINT//SILVER_45/3/GUANAY/4/GREEN_14//YAV_10/AUK/10/CMH79.959/CHEN//SOOTY_9/RASCON_37 con 16.2, SOOTY _9/RASCON_37//GUAYACANINIA/3/SOOTY_9/RASCON_37//STORLOM/5/SOOTY_9/ RASCON_37//SOMAT_3.1/3/SOOTY_9/RASCON_37//STORLOM/4/SOOTY_9/ RASCON_37//GUAYACANINIA/3/ SOOTY_9/RASCON_37//LLARETA INIA con 15.4%,

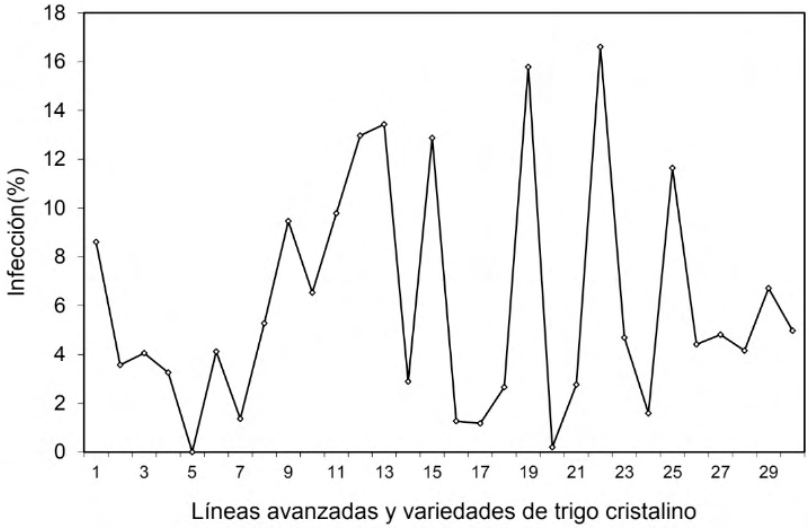


Figura 5. Porcentaje de infección con carbón parcial en la segunda fecha de siembra, de 26 líneas avanzadas y 4 variedades de trigo cristalino, evaluadas bajo inoculación artificial en el ciclo 2018-2019, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, Mexico. 1= CIRNO C2008, 2= Baroyeca Oro C2013, 3= Quetchehueca Oro C2013, 4= CENEB Oro C2017.

y tanto SELIM/10/RCOL/THKNEE_2/9/USDA595/3/D67.3/RABI//CRA/4/ALO/5/HUI/YAV _1/6/ARDENTE/7/HUI/YAV79/8/POD_9/11/NASR99/6/OSU-3880005/3/STOT//ALTAR 84/ALD/ 4/KUCUK_2/5/CRAKE_10/RISSA/12/MÂALI/6/MUSK_1//ACO89/FNFOOT_2/4/MUSK_4/3/PLATA_3//CREX/ALLA/5/OLUS*2/ILBOR como CALERO/GRECALE/5/GUAYACAN INIA/POMA_2//SNITAN/4/D86135/ACO89//PORRON_4/3/SNITAN presentaron 14.5%. Sin embargo, algunas de estas líneas y algunas otras presentaron porcentajes de infección más altos en alguna de las dos fechas: la primeras dos líneas mencionadas PLANETA/PIQUERO//BERGAND……. y SOOTY _9/RASCON_37……. presentaron 22.7 y 21.5%, respectivamente, en la primera fecha, mientras que CBC 509 CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR84/4/AJAIA_2/5/KJOVE_1/7/AJAIA_12/F3 LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/8/SOOTY_9/RASCON_37//WODUCK/CHAM_3/9/ODIN_15/WITNEK_1//ISLOM_1/5/TARRO_1/TISOMA_2//TARRO_1/3/COMB DUCK_2/ALAS//4*COMB DUCK_2/4/SHAG_9/BU presentó 21.2% también en la primera fecha, y CALERO/GRECALE/5/GUAYACAN INIA/POMA_2//SNITAN/4/D86135/ACO89//PORRON_4/3/SNITAN 16.6% en la segunda fecha.

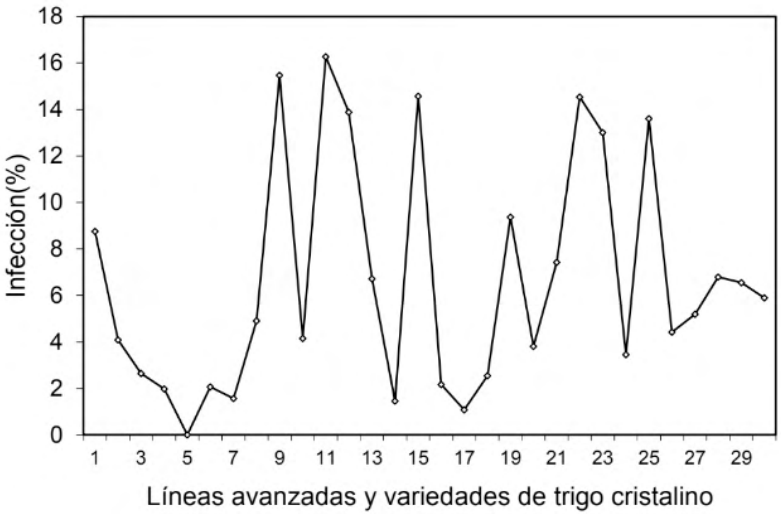


Figura 6. Porcentaje promedio de infección con carbón parcial en dos fechas de siembra, de 26 líneas avanzadas y 4 variedades de trigo cristalino, evaluadas bajo inoculación artificial en el ciclo 2018-2019, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, Mexico. 1= CIRNO C2008, 2= Baroyeca Oro C2013, 3= Quetchehueca Oro C2013, 4= CENEB Oro C2017.

Dentro de las categoría de infección del promedio de las dos fechas, once líneas y las variedades CENEB Oro C2017, Baroyeca Oro C2013 y Quetchehueca Oro C2013 estuvieron en la categoría 0.1-5.0%; en la categoría 5.1-10.0% hubo siete líneas y la variedad CIRNO C2008 y siete líneas en la categoría 10.1-30.0% (Figura 7).

Las líneas dentro de la categoría de infección 0.1-5.0% se consideran como resistentes (Fuentes-Dávila y Rajaram, 1994) y poseen un alto potencial para ser usadas en mejoramiento como progenitores donadores del carácter de resistencia a la enfermedad. En el Cuadro 1 se presentan las dos líneas que presentaron un porcentaje menor al 2.5% en las dos fechas. En el caso de la línea RANCO//CIT71/CII/3/COMDK /4/TCHO//SHWA/MALD/3/CREX/5/SNITAN/6/YAZI_1/AKAKI_4//SOMAT_3/3/AUK/ GUIL// GREEN/7/CIRNOC2008 (CDSS09B00170S-099Y-011M-6Y-3M-06Y), la cual no presentó granos infectados en las dos fechas, es necesario su re-evaluación para descartar posibles escapes a la enfermedad.

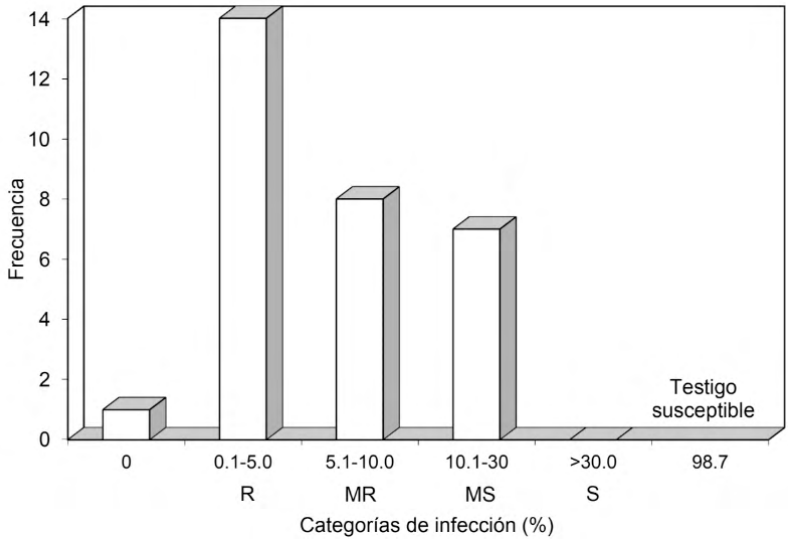


Figura 7. Categorías de infección con carbón parcial en dos fechas de siembra, de 26 líneas avanzadas y 4 variedades de trigo cristalino, evaluadas bajo inoculación artificial en el ciclo 2018-2019, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, Mexico. R= resistente, MR= moderadamente resistente, MS= moderadamente susceptible, S= susceptible.

No.	Pedigrí e historial de selección
1	HUBEI//SOOTY_9/RASCON_37/3/2*SOOTY_9/RASCON_37/4/2*SOOTY_9/RASCON_37/5/ SOOTY_9/RASCON_37//GUAYACAN INIA/3/SOOTY_9/RASCON_37 //STORLOM/7/ ALTAR84/BINTEPE85/3/STOT//ALTAR84/ALD/4/POD_11/YAZI_1 /5/VANRRIKSE_12/ SNITAN/6/SOOTY_9/RASCON_37//WODUCK/CHAM_3 CDSS13Y00445T-099Y-014M-17Y-2M-0Y
2	SILVER_14/MOEWE//BISU_1/PATKA_3/3/PORRON_4/YUAN_1/9/USDA595/3/D67.3/RABI// CRA/4/ALO/5/HUI/YAV_1/6/ARDENTE/7/HUI/YAV79/8/POD_9/10/TARRO_1/2*YUAN_1// AJAIA_13/YAZI/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1/11/SOOTY_9/RASCON_37// JUPARE C 2001/3/SOOTY_9/RASCON CDSS11B00196S-064Y-052M-26Y-0M

Cuadro 1. Líneas avanzadas de trigo cristalino evaluadas en campo bajo inoculación artificial con carbón parcial (*Tilletia indica*) en dos fechas de siembra, durante el ciclo agrícola 2018-2019, en el Valle del Yaqui, Sonora, México, que presentaron menos de 2.5% de infección en ambas fechas.

Aunque la susceptibilidad predominante al carbón parcial se presenta en los trigos harineros, es importante que las progenies de mayor interés y líneas avanzadas de trigos cristalinos se evalúen en forma continua para asegurar que los bajos niveles de infección se deban a la resistencia genética y no a escapes a la enfermedad. En el 2017, Fuentes-Dávila *et al*. reportaron que la línea 1A.1D5+1-06/3*MOJO//RCOL/4/ ARMENT //SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1/5/CF4-JS40//SOOTY_9/RASCON_37/4/ CNDO/ PRIMADUR//HAI-OU_17/3/SNITAN/9/CBC509CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ ALTAR84/4/AJAIA_2/5/KJOVE_1/7/ AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_ 13/8/S tampoco presentó granos infectados en ninguna de las dos fechas en las que se evaluó, tal como sucedió en este trabajo con la línea RANCO//CIT71/CII/3/COMDK/4/

TCHO//SHWA/MALD/3/CREX/5/SNITAN/6/YAZI_1/AKAKI_4//SOMAT_3/3/AUK/GUIL//GREEN/7/CIRNOC2008.

Es importante que los esfuerzos conjuntos entre el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias en el Campo Experimental Norman E. Borlaug y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, continúen para asegurar niveles aceptables de resistencia al carbón parcial en los nuevos materiales promisorios de trigo cristalino, para generar variedades comerciales para los productores del estado de Sonora y que satisfaga los requerimientos de la industria.

5 I CONCLUSIONES

La línea RANCO//CIT71/CII/3/COMDK/4/TCHO//SHWA/MALD/3/CREX/5/SNITAN/6/YAZI_1/AKAKI_4//SOMAT_3/3/AUK/GUIL//GREEN/7/CIRNOC2008 no presentó granos infectados en ninguna de las dos fechas.

Las líneas HUBEI//SOOTY_9/RASCON_37/3/2*SOOTY_9/RASCON_37/4/2*SOOTY_9/RASCON_37/5/SOOTY_9/RASCON_37//GUAYACANINIA/3/SOOTY_9/RASCON_37//STORLOM/7/ALTAR84/BINTEPE85/3/STOT//ALTAR84/ALD/4/POD_11/YAZI_1/5/VANRRIKSE_12/SNITAN/6/ SOOTY_9/RASCON_37//WODUCK/CHAM_3 y SILVER_14/MOEWE//BISU_1/PATKA_3/3/PORRON_4/YUAN_1/9/USDA595/3/D67.3/ RABI//CRA/4/ALO/5/HUI/YAV_1/6/ARDENTE/7/HUI/YAV79/8/POD_9/10/TARRO_1/2*YUAN_1//AJAIA_13/YAZI/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1/11/SOOTY_9/RASCON_37//JUPAREC2001/3/SOOTY_9/RASCON presentaron un porcentaje de infección menor a 2.5% en las dos fechas.

De las cuatro variedades comerciales evaluadas, CENEB Oro C2017 presentó el menor promedio de infección con 1.9%, Quetchehueca Oro 2.6%, Baroyeca Oro 4.0% y CIRNO C2008 8.7%.

Las líneas PLANETA/PIQUERO//BERGAND/KNIPA/6/YAZI_1/AKAKI_4//SOMAT_3/3/AUK/GUIL//GREEN/5/2*NETTA_4/DUKEM_12//RASCON_19/3/SORA/2*PLATA_12/4/GREEN_18/FOCHA_1//AIRON_1/12/ALTAR84/STINT//SILVER_45/3/GUANAY /4/GREEN_14//YAV_10/AUK/10/CMH79.959/CHEN//SOOTY_9/RASCON_37, SOOTY_9/RASCON_37//GUAYACANINIA/3/SOOTY_9/RASCON_37//STORLOM/5/ SOOTY_9/RASCON_37//SOMAT_3.1/3/SOOTY_9/RASCON_37//STORLOM/4/SOOTY _9/RASCON_37//GUAYACANINIA/3/ SOOTY_9/RASCON_37//LLARETA INIA, y CBC 509CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR84/4/AJAIA_2/5/KJOVE_1/7/AJAIA_12 /F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/8/SOOTY_9/RASCON_37//WODUCK/CHAM_3/9/ODIN_15/WITNEK_1//ISLOM_1/5/TARRO_1/TISOMA_2//TARRO_1/3/COMB DUCK_2/ALAS//4*COMB DUCK_2/4/SHAG_9/BU presentaron los porcentajes más altos de infección con 22.7, 21.5 y 21.2%, respectivamente, en la primera fecha.

REFERENCIAS

Agarwal, V.K., Verma, H.S., and Khetarpal, R.K. (1977). Occurrence of partial bunt on triticale. Plant Protection Bulletin 25:210-211.

APHIS. (1996). Karnal bunt: situation report update (March 29). USDA-APHIS, Plant Protection and Quarantine (http://www.aphis.usda.gov/oa/bunt).

Chávez-Villalba, G., Camacho-Casas, M., Ammar, K., Alvarado-Padilla, J., Fuentes-Dávila, G. y Borbon-Gracia, A. 2018. CENEB Oro C2017: nueva variedad de trigo duro para el noroeste de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 9(7):1560-1563. https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v9i7.1679.

Chávez Villalba, G., Camacho Casas, M.A., Figueroa López, P., Fuentes Dávila, G., Félix Fuentes, J.L. y Villa Aragón, B.A. (2015). Baroyeca Oro C2013: nueva variedad de trigo duro para su cultivo en el noroeste de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 6(2):421-425.

CIMMYT. (2011). Training to beat karnal bunt in Afghanistan. http://blog.cimmyt.org/tag/ karnal-bunt/. Accessed March 1, 2014.

Crous, P.W., Van Jaarsveld, A.B., Castlebury, L.A., Carris, L.M., Frederick, R.D., and Pretorius, Z.A. (2001). Karnal bunt of wheat newly reported from the African continent. Plant Disease 85:561.

Da Luz, W.C., Mendes, M.A.S., Ferreira, M.A.S.V., and Urben, A.F. (1993). *Tilletia indica* on wheat in the south of the state of Rio Grande do Sul, Brazil and measures for eradication. Fitopatologia Brasileira 18:S329.

Durán, R. (1972). Further aspects of teliospore germination in North American smut fungi. II. Canadian Journal of Botany 50:2569-2573.

Figueroa-López, P., Félix-Fuentes, J.L., Fuentes-Dávila, G., Valenzuela-Herrera, V., Chávez-Villalba, G. y Mendoza-Lugo, J.A. (2010). CIRNO C2008, nueva variedad de trigo cristalino con alto rendimiento potencial para el estado de Sonora. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 1(5):745-749.

Fuentes-Dávila, G., Figueroa-López, P., Camacho-Casas, M.A., Chávez-Villalba, G. y Félix-Fuentes, J.L. (2014). 'Quetchehueca Oro C2013', nueva variedad de trigo cristalino para el noroeste de México. Revista Fitotecnia Mexicana 37(4): 399-401.

Fuentes-Davila, G., and Rajaram, S. (1994). Sources of resistance to *Tilletia indica* in wheat. Crop Protection 13:20-24.

Fuentes-Davila G, Rajaram S, Pfeiffer WH, Abdalla O, Van-Ginkel M, Mujeeb-Kazi A y Rodríguez-Ramos R. (1993). Resultados de inoculaciones artificiales del 5o. vivero de selección para resistencia a *Tilletia indica* Mitra. Revista Mexicana de Micología 9:57-65.

Fuentes-Dávila, G., Rosas-Jáuregui, I.A., Félix-Fuentes, J.L., Camacho-Casas, M.A. y Chávez-Villalba, G. (2017). Reacción al carbón parcial (*Tilletia indica*) de variedades y líneas avanzadas de trigo cristalino en el ciclo 2014-2015. pp. 508-514. Memoria de la XXIX Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Septiembre 4-8, 2017. Gómez Palacio, Durango, México. 1139 p.

Fuentes-Dávila, G., Rosas-Jáuregui, I.A., Ayón-Ibarra, C.A., Álvarez-Amado, K.D., Félix-Valencia, P., and Félix-Fuentes, J.L. (2018). Biological effectiveness of Opus, Folicur, Juwel, and Bemistop for control of Karnal bunt (*Tilletia indica*) of wheat in the field. Annual Wheat Newsletter 64:30-33.

Mitra, M. (1931). A new bunt of wheat in India. Annals of Applied Biology 18:178-179.

Mitra, M. (1935). Stinking smut (bunt) of wheat with a special reference to *Tilletia indica* Mitra. Indian Journal of Agricultural Sciences 5:1-24.

Munjal, R.L. (1975). Status of Karnal bunt (*Neovossia indica*) of wheat in Northern India during 1968-1969 and 1969-1970. Indian Journal of Mycology and Plant Pathology 5(2):185-187.

Salazar-Huerta, F.J., Figueroa-Lopez, P., Smilanick, J.L., and Fuentes-Davila, G. (1997). Evaluation of foliar fungicides for control of Karnal bunt of wheat during 1986-1989 in northwestern Mexico. Revista Mexicana de Fitopatología 15:73-80.

Singh, D.V., Agarwal, R., Shrestha, K.J., Thapa, R.B., and Dubin, H.J. (1989). First report of *Tilletia indica* on wheat in Nepal. Plant Disease 73:273.

Smilanick, J.L., Hoffmann, J.A., Secrest, L.R., and Wiese, K. **(**1988). Evaluation of chemical and physical treatment to prevent germination of *Tilletia indica* teliospores. Plant Disease 72:46-51.

Torarbi, M., Mardoukhi, V., and Jalaiani, N. (1996). First report on the occurrence of partial bunt on wheat in the southern parts of Iran. Seed and Plant 12:8-9.

Zadoks, J.C., Chang, T.T., and Konzak, C.F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research 14:415-421.

CAPÍTULO 10

DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ESPÉCIES DE PASSIFLORA L. COM BASE EM CARACTERÍSTICAS DAS PLÂNTULAS

Data de aceite: 01/02/2022
Data de submissão: 10/12/2021

Sérgio Alessandro Machado Souza
Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado (UNEMAT), Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos (PPGBioAgro) e Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas (PGMP)
Alta Floresta, Mato Grosso
https://orcid.org/0000-0001-5582-7329

Kellen Coutinho Martins
Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado (UNEMAT), Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, Curso de Ciências Biológicas
Alta Floresta, Mato Grosso
https://orcid.org/0000-0003-3470-3380

RESUMO: Estudos de divergência genética são fundamentais nas fases iniciais de um programa de melhoramento genético. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo, avaliar a diversidade genética entre 10 espécies de Passiflora, discriminando os caracteres mais importantes na avaliação da divergência genética, com base em características da germinação e das plântulas. Foram utilizadas sementes de 10 espécies de maracujazeiro (*P. edulis, P. alata, P. foetida, P. suberosa, P. organensis, P. coriacea, P. micropetala, P. giberti, P. setacea* e *P. capsularis*). Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 100 sementes. Foram realizados o teste de primeira contagem, a percentagem de germinação e o índice de velocidade de germinação (IVG). Aos 45 dias, avaliaram-se percentagem de sobrevivência, comprimento da parte aérea, comprimento de raiz e número de folhas das plântulas, com base na percentagem de sementes germinadas. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias foram agrupadas pelo método de Scott-Knott. A diversidade genética foi estudada de acordo com o método de agrupamento de Tocher, baseado na distância de Mahalanobis (D2) e variáveis canônicas. Com base nos resultados desse trabalho, conclui-se que as características com maior contribuição para a divergência genética foram percentagem de germinação e índice de velocidade de germinação. As espécies *P. foetida* e *P. setacea*, as quais formaram um único grupo, foram as mais divergentes e, também, as que apresentaram a maior taxa de germinação e índice de velocidade de germinação.

PALAVRAS-CHAVE: Divergência genética, germinação, recursos genéticos.

GENETIC DIVERGENCE AMONG PASSION FLOWERS SPECIES BASED ON SEED TRAITS

ABSTRACT: Studies of genetic divergence are fundamental in the early stages of a breeding program. Thus, this study aimed to assess the genetic diversity among 10 Passiflora species, listing the most important characters in the evaluation of genetic diversity, based

on germination and seedling traits. Seeds of 10 passion fruit species (*P. edulis, P. alata, P. foetida, P. suberosa, P. organensis, P. coriacea, P. micropetala, P. giberti, P. setacea,* and *P. capsularis*) were assessed. The tests evaluated the first germination count, germination percentage and germination speed index (GSI), using a completely randomized design with four replications of 100 seeds. After 45 days, the seedlings were evaluated for the survival rate, shoot length, root length and leaf number, based on the percentage of germinated seeds. The data were subjected to analysis of variance and means were grouped by the Scott-Knott method. Genetic diversity was studied according to the grouping method of Tocher, based on Mahalanobis´ distance (D2) and on canonical variables. Based on the results of this work, it was concluded that the characteristics with greatest contribution to the genetic divergence were germination percentage and germination speed index. The species *P. foetida* and *P. setacea*, which formed a separate group, were the most divergent and also those with the highest germination rate and germination speed index.
KEYWORDS: Genetic divergence, germination, research genetics.

1 | INTRODUÇÃO

O maracujazeiro é apreciado tanto pela qualidade de seus frutos, ricos em sais minerais e vitaminas, sobretudo A e C, possuindo suco com aroma e sabor bastante agradáveis, quanto pelas propriedades farmacológicas (Pires et al., 2011). No Brasil, a espécie mais importante é o maracujazeiro-azedo (*P. edulis*) (Cunha et al., 2002), mas alguns autores (Ferreira e Oliveira, 1991) relatam que, devido à grande variabilidade que ocorre, naturalmente, em Passiflora, outras espécies podem apresentar características de interesse, tais como teor de sólidos solúveis e de vitamina C. O uso desse germoplasma, entretanto, é dificultado em razão do processo germinativo nessas espécies, cujas sementes são consideradas como ortodoxas ou ortodoxas intermediárias, tolerantes à perda de umidade (Nakagawa et al., 1981; Catunda et al., 2003; Osipi e Nakagawa, 2005),

Vários fatores estão envolvidos no processo germinativo das sementes, e um deles é a qualidade fisiológica das sementes. O genótipo exerce grande influência na qualidade fisiológica das sementes, sendo máxima na sua maturidade, conforme observado por Alexandre et al. (2004) e por Prete e Guerra (1999), que, também, consideram que a qualidade das sementes, como germinação, emergência e vigor de plântulas, pode ser controlada geneticamente. Como foi mencionado anteriormente, as Passifloras apresentam grande diversidade genética que tem sido objeto de estudo sob as mais diferentes metodologias que visavam a estabelecer quão próximas são as espécies que compõem essa família (Crochemore et al., 2003; Muschner, 2005; Viana et al., 2006). A divergência genética é um dos mais importantes atributos avaliados pelos melhoristas de plantas na fase inicial de um programa de melhoramento genético. Nas atividades de pré-melhoramento, a diversidade genética pode ser investigada, precocemente, pela qualidade fisiológica das sementes, com os testes de vigor, pois, dessa forma, é possível agrupar espécies que apresentam similaridade no tempo médio de germinação (Dias e Marcos Filho, 1995), proporcionando

estimativas mais eficientes sobre a uniformidade da germinação de determinadas espécies e, consequentemente, uma produção de mudas em escala comercial de maneira mais eficiente.

Existem duas maneiras de se inferir sobre a diversidade genética: de forma quantitativa e de forma preditiva. Entre as de natureza quantitativa, citam- se as análises dialélicas, nas quais são necessários os cruzamentos entre os genitores e sua posterior avaliação. As de natureza preditiva têm por base as diferenças morfológicas, de qualidade nutricional, fisiológica ou molecular, quantificadas em alguma medida de dissimilaridade que possa expressar o grau de diversidade genética entre os genitores (Cruz e Carneiro, 2003). Os métodos multivariados são usados na predição da divergência genética, como a análise por componentes principais, por variáveis canônicas e os métodos aglomerativos. A escolha do método mais adequado deve ser realizada em função da precisão desejada, da facilidade de análise e da forma com que os dados foram obtidos (Cruz et al., 1994). Métodos aglomerativos diferem dos demais em razão de dependerem, fundamentalmente, de medidas de dissimilaridade estimadas previamente. Já no método dos componentes principais e, também, no de variáveis canônicas, o objetivo é avaliar a similaridade entre genitores por intermédio de uma dispersão gráfica, em que se consideram, em geral, dois eixoscartesianos (Cruz et al., 1994).

Negreiros et al. (2008) estimaram a diversidade genética entre as 24 populações de maracujazeiro-amarelo, baseando-se em dados referentes à germinação, e encontraram resultados satisfatórios ao agruparem populações semelhantes quanto à sincronização do tempo de germinação.

Este estudo teve como objetivo avaliar a diversidade genética entre 10 espécies de maracujazeiro, *P. edulis, P. alata, P. foetida, P. suberosa, P. organensis, P. coriacea, P. micropetala, P. giberti, P. setacea* e *P. capsularis*, com base em dados da capacidade germinativa das sementes, utilizando procedimentos multivariados.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

As sementes das *espécies P. edulis, P. alata, P. foetida, P. suberosa, P. organensis, P. coriacea, P. micropetala, P. giberti, P. setacea* e *P. capsularis*, utilizadas neste trabalho, foram retiradas de frutos obtidos de polinização controlada em plantas saudáveis cultivadas na Unidade de Apoio à Pesquisa da Escola Agrícola Antônio Sarlo, localizada a 21° 45’ de latitude sul e 41° 20’ de longitude oeste e situada a 11m de altitude, localizada no município de Campos dos Goytacazes.

As sementes, após retiradas dos frutos, foram extraídas da polpa por abrasão sobre uma peneira de arame com o auxílio de cal virgem (CaO), na proporção de 50g/Kg de polpa. Posteriormente, foram lavadas e submetidas à secagem em estufa e, em seguida, à temperatura ambiente. Após a secagem, os arilos remanescentes nas sementes foram

removidos por fricção manual.

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições, as unidades experimentais foram constituídas por quatro caixas gerbox (11 x 11cm), onde as sementes foram dispostas sobre duas folhas de papel germiteste umedecidas com 12 mL de água destilada e cobertas por uma terceira folha. As caixas gerbox, contendo, cada uma, 100 sementes, foram transferidas para uma câmara de germinação do tipo BOD, regulada à temperatura alternada de 20-30ºC e 16-8 horas de escuro-luz, respectivamente.

A metodologia adotada, para a avaliação, seguiu as recomendações das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992) para *P. edulis*, e a mesma, foi estendida para as demais espécies. O critério de germinação adotado foi a emissão de, no mínimo, 0,5 cm de extensão da radícula.

O teste de primeira contagem foi realizado pela contagem do número de sementes germinadas no 14º dia após a instalação do experimento (Brasil, 1992). A percentagem de germinação foi realizada por meio da contagem diária, no mesmo horário, do número de sementes germinadas, durante o período de 28 dias (Brasil, 1992).O índice de velocidade de germinação (VG) foi calculado, utilizando-se a fórmula descrita por Edmond e Drapala (1958).Aos 45 dias, foram avaliados a percentagem de sobrevivência de plântulas após a germinação (%), a altura das plântulas (cm), o comprimento de raiz (cm), o número de folhas, conforme Negreiros et al. (2008).

Preliminarmente, os dados foram submetidos à análise de variância, a fim de se verificar a existência de variabilidade genética entre as populações, sendo que suas médias foram agrupadas pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade. Utilizou-se o software Genes (Cruz, 2006) para realizar as análises estatísticas.

Foi utilizada a análise multivariada, aplicando-se as técnicas de agrupamento e de variáveis canônicas. Na técnica de agrupamento, foi utilizada a distância generalizada de Mahalanobis (Mahalanobis, 1936) como medida de dissimilaridade, e na delimitação dos grupos, o método de otimização de Tocher, citado por Rao (1952), adotando-se o critério de que a média das medidas de divergência, dentro de cada grupo, deve ser menor que as distâncias médias entre quaisquer grupos.

Na análise de variáveis canônicas, a diversidade genética foi evidenciada, utilizando-se eixos cartesianos, sendo os eixos representados pelas primeiras variáveis canônicas (Cruz et al., 2011). Adicionalmente, foi quantificada a contribuição relativa dos caracteres para a divergência genética, por meio das distâncias generalizadas de Mahalanobis, utilizando-se o critério proposto por Singh (1981).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variância, observa-se que houve diferença significativa a 5% de

probabilidade, pelo teste F, para o teste de primeira contagem, comprimento da raiz, percentagem de germinação, índice de velocidade de germinação e sobrevivência. Nas variáveis altura da parte aérea e número de folhas, não foi encontrado efeito significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Por meio do teste de médias (Tabela 1), verificou-se que, apenas, quatro, das 10 espécies de *Passiflora*, apresentaram germinação acima de 80%, *P. foetida, P. edulis, P. setacea* e *P. micropetala*, com valores médios de 96,00; 88,50; 86,25 e 82,00%, respectivamente, indicando um alto percentual germinativo. As espécies que apresentaram maiores índices de velocidade de germinação foram, também, aquelas com germinação acima de 80%, com destaque, novamente, para *P. foetida* (Tabela 1).

Segundo Tekrony e Egli (1991), o vigor das plântulas é observado pela habilidade da semente em emergir e crescer de forma rápida e vigorosa, sendo uma característica que pode influenciar na produtividade das culturas. De acordo com Melo et al. (2001), os programas de melhoramento genético em maracujá devem levar em consideração tanto características de interesse como produtividade, resistência à doença, teor de vitamina C e de sólidos solúveis, quanto a taxa de germinação das sementes dos genótipos e das espécies utilizadas em cruzamentos.

	Variáveis				
Espécies	Primeira Contagem	Índice de Velocidade de Germinação	Percentagem de Germinação	Sobrevivência	Comprimento da parte aérea
P. alata	10,00 d	19,08 d	50,25 d	86,00 b	5,381 a
P. capsularis	21,75 c	15,60 d	62,00 c	76,50 c	2,212 c
P. coriacea	10,50 c	9,16 e	45,00 e	42,00 e	1,892 d
P. edulis	40,00 b	28,43 c	88,50 b	89,00 b	5,816 a
P. foetida	78,00 a	47,14 a	96,00 a	98,00 a	5,345 a
P. giberti	45,50 b	38,20 b	65,75 c	88,50 b	5,032 a
P. micropetala	24,50 c	30,21 c	82,00 b	82,00 b	2,230 c
P. organensis	25,00 c	30,20 c	42,00 e	52,00 d	2,809 c
P. setacea	41,00 b	41,15 a	86,25 b	91,00 b	5,904 a
P. suberosa	23,00 c	14,03 d	52,50 d	80,00 b	3,612 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Tabela 1. Agrupamento das médias referentes às variáveis, primeira contagem, índice de velocidade de germinação, percentagem de germinação, sobrevivência e comprimento da parte aérea, das 10 espécies de *Passiflora*.

Junqueira et al. (2005), ao realizarem cruzamentos entre *P. coccinea* x *P. setacea* (F1) x *P. edulis*, verificaram que as plantas da geração F1 entre *P. coccinea* x *P. setacea* são muito vigorosas, resistentes a antracnose e a verrugose. Utilizaram acessos de espécies silvestres, das espécies citadas, que apresentaram taxa de germinação expressiva e essa, em uma percentagem menor, mas significativa, foi encontrada nos híbridos.

Verificou-se, pelo método de agrupamento de Tocher, que as espécies foram distribuídas, inicialmente, em quatro grupos, sendo que o grupo 1 reuniu cinco das 10 espécies estudadas. Assim, os dados foram analisados novamente, obtendo-se quatro grupos, sendo o grupo 1 constituído por dois subgrupos (Tabela 2). Dessa forma, foi possível observar a distinção de espécies que apresentam aspectos satisfatórios relacionados à germinação.

Grupo	Espécies
1.1	*P. alata, P. micropetala, P. capsularis*
1.2	*P. organensis, P. suberosa*
2	*P. foetida, P. setacea*
3	*P. edulis, P. giberti*
4	*P. coriacea*

Tabela 2. Grupos de similaridade genética entre 10 espécies de Passiflora, estabelecidos pelo método de Tocher, baseados na distância generalizada de Mahalanobis.

Em relação à contribuição relativa de cada característica para a diversidade genética entre as espécies (Tabela 3), com base no critério proposto por Singh (1981), verifica-se que, para as 10 espécies avaliadas, têm-se, em ordem decrescente de contribuição, as seguintes características: percentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, sobrevivência, primeira contagem, comprimento da raiz, comprimento da parte aérea e número de folhas, onde a percentagem de germinação e o índice de velocidade de germinação contribuíram com 77,63% da distribuição total, sendo consideradas as mais importantes no presente estudo.

Os testes mais simples para a determinação do vigor e os que expressam o real potencial germinativo das espécies estudadas são os de velocidade de desenvolvimento, sendo os mais utilizados o tempo médio de germinação e o índice de velocidade de germinação, que se baseiam no pressuposto de que sementes mais vigorosas germinaram mais rapidamente do que outras em condições inferiores, distinguindo as sementes de um mesmo lote e, principalmente, sementes de espécies diferentes (Ferreira e Borghetti et al., 2004).

A dispersão gráfica das espécies por meio das variáveis canônicas (Figura 1) apresentou comportamento semelhante ao método de agrupamento de Tocher. Mas, não

na mesma ordem, onde as espécies *P. foetida* e *P. setacea,* que tinham sido alocadas no grupo 2 por meio do método de Tocher, foram classificadas pelas variáveis canônicas no grupo 3.

Variável	Valor em percentagem
Percentagem de germinação	41,50
Índice de velocidade de germinação	36,13
Sobrevivência	16,39
Primeira contagem	1,93
Comprimento da raiz	1,89
Comprimento da parte aérea	1,30
Número de folhas	0,86

Tabela 3. Estimativas da contribuição relativa de cada característica (S.j) para a divergência genética baseada nas características das plântulas em espécies de *Passiflora*.

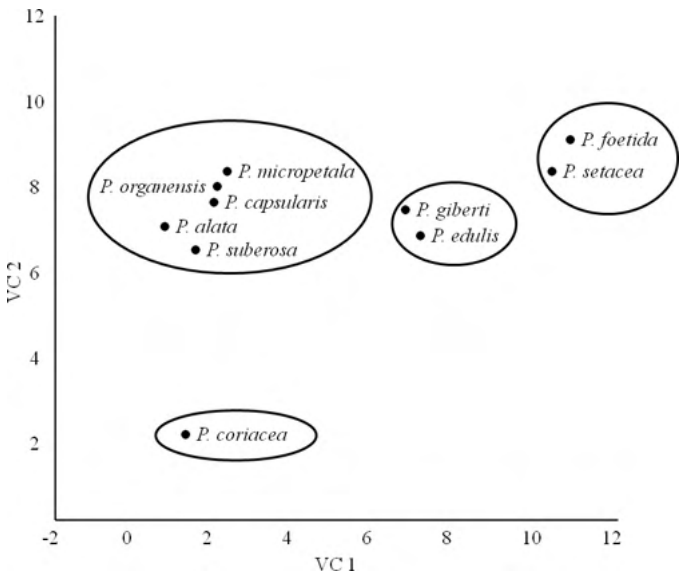


Figura 1. Dispersão gráfica dos escores de 10 espécies de Passiflora em relação às duas primeiras variáveis canônicas (VC1 e VC2).

As espécies *P. foetida* e *P. setacea* foram alocadas em um mesmo grupo (Tabela 2), onde se verificou que ambas apresentaram percentual germinativo acima de 80%, assim como as espécies *P. edulis* e *P. giberti*, alocadas em um único grupo e distinto do primeiro. As espécies *P. edulis, P. setacea* e *P.giberti* possuem o mesmo número de cromossomos (Souza et al., 2008), e híbridos interespecíficos, utilizando essas espécies, são reportados

na literatura (Melo et al. 2001). *P. foetida* foi a espécie mais vigorosa no presente estudo, porém o seu número cromossômico (Souza et al., 2008) e subgênero (Judd et al., 2002) são distintos de *P. edulis, P. setacea* e *P.giberti*, dificultando a hibridação entre essas espécies. Porém, intercruzamentos, envolvendo *P. foetida* e espécies silvestres com o mesmo cariótipo, são reportados na literatura (Santos et al. 2011); esses híbridos apresentam, além de características de interesse ornamental, como a coloração e o formato das flores, alta taxa de germinação, corroborando com Ferreira e Borghetti (2004), que relatam que a qualidade fisiologia das sementes está relacionada, diretamente, com o genótipo da espécie em estudo.

As espécies *P. alata, P. micropetala, P. capsularis, P. organensis e P. suberosa* foram alocadas em um único grupo, e a espécie *P. coriacea*, a qual formou um grupo à parte (Figura 1), foi a espécie que apresentou os resultados menos satisfatórios para todas as características avaliadas (Tabela 1). Algumas espécies apresentam dormência em suas sementes. Essa dormência consiste em um mecanismo de sobrevivência, pois pode retardar a germinação, evento esse que ocorre quando as condições para o estabelecimento são limitantes e não favorecem sua sobrevivência (Ramos et al., 2002). Do ponto de vista dos mesmos autores, durante o processo de domesticação, em algumas espécies, ocorreu seleção contra a dormência das sementes que, na maioria das espécies cultivadas, apresentam germinação rápida e uniforme, não sendo verificada em espécies silvestres.

Gerar conhecimentos sobre os aspectos da germinação de sementes de diversas espécies de *Passiflora*, em especial as espécies silvestres, é fundamental para a propagação e para a manutenção de bancos de germoplasma, visando a evitar a erosão genética (Passos et al., 2004). Na concepção de Cruz et al., (2011), embora o volume de informações genéticas provenientes de marcadores moleculares tenha aumentado consideravelmente nos estudos de diversidade genética, continua-se a dar ênfase ao estudo da diversidade por meio de características fenotípicas, principalmente as de natureza quantitativa; essas características apresentam, geralmente, distribuição contínua, são determinadas por vários genes e demonstram resultados satisfatórios em estudos de divergência genética.

4 I CONCLUSÕES

Assim, com base nos resultados deste trabalho, conclui-se que as características com maior contribuição para a divergência genética foram a percentagem de germinação e o índice de velocidade de germinação. As espécies *P. foetida* e *P. setacea*, as quais formaram um único grupo, foram as mais divergentes e, também, as que apresentaram a maior taxa de germinação e índice de velocidade de germinação.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, R.S., WAGNER-JÚNIOR, A., NEGREIROS, J.R.S., PARIZZOTTO, A., BRUCKNER, C.H. Germinação de sementes de genótipos de maracujazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.39, n.12 p.1239-1245, 2004.

Brasil Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 365p, 1992.

CARVALHO, L.P. DE, LANZA, M.A., FALLIERI, J., SANTOS, J.W. dos. Análise da divergência genética entre acessos de banco ativo de germoplasma de algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.10, p.1149-1155, 2003.

CATUNDA, P.H.A., VIEIRA, H.D., SILVA, R.F., POSSE, S.C.P. influência no teor de água, da embalagem e das condições de armazenamento na qualidade de sementes de maracujá amarelo, **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, n1, p. 65-71, 2003.

CROCHEMORE, M.L., MOLINARI, H.B., STENZEL, N.M.C. Caracterização agromorfológica do maracujazeiro (*Passiflora* spp) **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.1, p.5-10, 2003.

CRUZ, C.D. **Programa GENES: versão Windows – aplicativo computacional em genética e estatística**. UFV. 2006.

CRUZ, C.D., FERREIRA, F.M., PESSONI, L.A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**, Viçosa: Ed UFV, 620 p, 2011.

CRUZ, C.D., REGAZZI, A.J., CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**, Viçosa: Ed UFV, 480 p, 2004.

CUNHA, M.A.P. DA, BARBOSA, L.V., JUNQUEIRA, N.T.V. Espécies de maracujazeiro. In: LIMA, A. DE A. **Maracujá - Produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, (Frutas do Brasil, 15), p. 15-24, 2002.

DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J. Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares: In: **Condutividade elétrica. Informativo Abrates**, Brasília, v.5, p.26-33, 1995.

EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. **Proceedings of the American Society Horticutural Science**, Alexandria, v.71, p. 428-434, 1958.

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

FERREIRA, F.R., OLIVEIRA, J.C. Germoplasma de Passiflora no Brasil. In: São José, A.R. (org) **A cultura do maracujá no Brasil**, Jaboticabal: FUNEP, p.187- 200, 1991.

JUDD, W.S., CAMPBELL, C.S., KELLOG, E.A.,STEVENS, P.F., DONOGHUE, M.J. **Plant Systematics: a phylogenetic approach.** Sunderland: Sinauer Association, 576p, 2002.

JUNQUEIRA, N.T.V., BRAGA, M.F., FALEIRO, F.G., PEIXOTO, J.R., BERNACCI, L.C. Potencial de espécies silvestres de maracujazeiro como fonte de resistência a doenças. In: FALEIRO, F.G., JUNQUEIRA, N.T.V., BRAGA, M.F. **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. 1 ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, p.81-108, 2005.

MAHALANOBIS, P.C. On the generalized distance in statistics. **Proceedings of the National Institute of Science of India**, New Delhi, v.2, p.49-55, 1936.

MELO, K.T., MANICA, I., JUNQUEIRA, N.T.V. Produtividade de seis cultivares de maracujazeiro-azedo durante três anos em Vargem Bonita, DF. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v.36, n.9, p.1117-1125, 2001.

MUSCHNER, V. C. **Filogenia molecular, taxas evolutivas, tempo de divergência e herança organelar em *Passiflora* L. (Passifloraceae).** Tese (Doutorado em Genética e Biologia Molecular) – Porto Alegre – RS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 105p, 2005.

NAKAGAWA, J., CAVARIANI, C., AMARAL, W.A.N. Armaenamento de sementes de maracujá amarelo, **Revista Brasileira de Sementes**, n.13, v.1, p. 77-80, 1981.

NEGREIROS, J.R.S., ALEXANDRE, R.S., ÁLVARES, V.S., BRUCKNER, C.H., CRUZ, C.D. Divergência genética entre progênies de maracujazeiro-amarelo com base em características das plântulas. **Revista Brasileira de Fruticultura,** Jaboticabal, v.30, n.1, p.197-201, 2008.

NUNES, T.S., QUEIROZ, L.P. (2001) **A família Passifloraceae na Chapada Diamantina**, Bahia, Brasil. Sitientibus, v.1, n.1, p.33-46, 2001.

PASSOS, I.R.S., MATOS, G.V.C., MELETTI, L.M.M., SCOTT, M.D.S., BERNACCI, L. C., VIEIRA, M.A.R. Utilização do ácido giberélico para a quebra de dormência de sementes de *Passiflora nitida* kunth germinadas *in vitro*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.2, p. 380-381, 2004.

PIRES, M.M., JOSÉ, A.R.S., Conceição, A.O. **Maracujá: avanços tecnológicos e sustentabilidade**, Ilhéus: Editora da UESC, 237p, 2011.

PRETE, C.E.C., GUERRA, E.P. Qualidade fisiológica das sementes. In: DESTRO, D., MONTALVÁN, R. (org.) **Melhoramento genético de plantas**, Londrina: UEL, p.661-676, 1999.

RAO, R.C. **Advanced statistical methods in biometric research**. New York: Jonh Wiley and Sons, 390 p, 1952.

RAMOS, J.D., CHALFUN, N.N.J., PASQUAL, M., RUFINI, J.C.M. Produção de mudas de plantas frutíferas por semente. **Informe Agropecuário**, v.23, p.64-72, 2002.

SANTOS, E.A. SOUZA, M.M., VIANA, A.P., ALMEIDA, A.A.F., FREITAS, J.C.O., LAWINSCKY, P.R. Multivariate analysis of morphological characteristics of two species of passion flower with ornamental potential and of hybrids between them. **Genetic and Molecular Research**, v.10, n.4, p. 2457-2471, 2011.

SOUZA M.M., PEREIRA, T.N.S., VIEIRA, M.L.C. Cytogenetic Studies in Some Species of Passiflora L. (Passifloraceae): A Review Emphasizing Brazilian Species. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, n.2, p. 247-258, 2008.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, New Delhi, n.41, v.1, p.237-245, 1981.

TEKRONY, M.D., EGLI, D.B. Relationship of seed vigour to crop yield: a review. **Crop Science**, Madson, n.31, p.816-822, 1991.

CAPÍTULO 11

EMERGÊNCIAS MULTIDIMENSIONAIS PARA INTERSECÇÕES ENTRE GÊNERO, SAÚDE E AGROECOLOGIA

Data de aceite: 01/02/2022

Cristiane Coradin
Fundação Oswaldo Cruz

Alfio Brandenburg
Universidade Federal do Paraná

Sonia Fátima Schwendler
Universidade Federal do Paraná

RESUMO: Esse texto foi construído a partir de dados preliminares de pesquisa de campo realizada em 2018 com mulheres Sem Terra envolvidas na construção de experiências agroecológicas no Estado do Paraná. Nesse artigo trazemos questões que visam abordar interfaces entre gênero, saúde e agroecologia. Através da metodologia de história oral temática, buscamos compreender como o debate de gênero se situa na construção de noções de ecologia e de saúde, através do protagonismo das mulheres Sem Terra. Para elas a agroecologia promove saúde através da alimentação saudável, gera saúde mental e constitui-se como um *ethos*, um estilo de vida, se constituindo como uma perspectiva complexa de saúde coletiva e tipo camponês popular e feminista de bem viver.
PALAVRAS-CHAVE: Gênero, mulheres, agroecologia, saúde coletiva.

MULTIDIMENSIONAL EMERGENCIES FOR INTERSECTION BETWEEN GENDER, HEALTH AND AGROECOLOGY

ABSTRACT: This text was built from preliminary data from field research carried out in 2018 with landless women involved in the construction of agroecological experiences in the State of Paraná. In this article, we bring up questions that aim to address interfaces between gender, health, and agroecology. Through the thematic oral history methodology, we seek to understand how the gender debate is situated in the construction of notions of ecology and health, through the protagonism of Landless women. For them, agroecology promotes health through healthy eating, generates mental health and constitutes an *ethos*, a lifestyle, constituting a complex perspective of collective health and a popular peasant and feminist type of good living.
KEYWORDS: Genre, woman, agroecology, collective hearth.

INTRODUÇÃO

Esse estudo é um esforço de aproximação temática entre agroecologia, gênero e saúde coletiva, a partir das vozes das mulheres Sem Terra. Nesse breve texto trouxemos algumas reflexões oriundas de extratos das histórias de vida das mulheres interlocutoras de pesquisa, com objetivo de elencar algumas possibilidades concretas com as quais possamos começar a trilhar pistas para a produção de entendimentos contemporâneos sobre emergências (SOUSA

SANTOS, 2008) de intersecção entre gênero, saúde e agroecologia através das práticas vivenciadas pelas mulheres Sem Terra.

METODOLOGIA

Esse texto é resultante de parte dos resultados de pesquisa de campo de doutoramento da primeira autora, onde buscamos, dentre outros objetivos, destacar elementos que nos possibilitem compreender os sentidos que as mulheres Sem Terra do Estado do Paraná atribuem à agroecologia em suas dinâmicas de vida. Para tanto realizamos pesquisa qualitativa, baseada em história oral de vida (Thompson, 1988; Portelli, 2006). Isso possibilitou o reconhecimento de grupos sociais cujas histórias foram invisibilizadas e silenciadas. Para isso, foram realizadas 21 entrevistas em profundidades com mulheres camponesas Sem Terra que vivem no Acampamento Emiliano Zapata – Ponta Grossa-PR, complementadas por 08 (oito) entrevistas realizadas com mediadoras sociopolíticas participantes do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra e 04 (quatro) mediadoras sociotécnicas de universidades e agentes de extensão rural distribuídas no Estado do Paraná, nas cidades de Francisco Beltrão, Londrina e Cascavel. Essas mulheres foram selecionadas obedecendo critérios de localização, geracionais, atividades políticas e produtivas, e relação com redes de agroecologia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra nasce no Brasil, a partir das lutas por acesso e distribuição da terra para os camponeses. Ao construir-se enquanto movimento social de luta pela reforma agrária, ao longo de sua trajetória, esse movimento social amplia suas pautas para além da conquista da terra, passando a reivindicar políticas públicas de permanência no campo, tais como educação, assistência técnica, crédito e financiamento rural (MANÇANO, 1998;2000). A partir dos anos 2000, o Movimento Sem Terra também passa a integrar, na perspectiva de reforma agrária que defende e constrói através dos assentamentos rurais, a internalização da agroecologia (HARSEN, 2008; VALADÃO, 2012). A agroecologia nesse texto é compreendida como prática, ciência e movimento social (ALTIERI, 2009), voltada à construção de sistemas agroalimentares ecológicos, saudáveis e sustentáveis, vinculados à construção de relações sociais mais igualitárias, equitativas e emancipatórias.

No âmbito das relações de gênero, desde o início do Movimento Sem Terra as mulheres se organizaram em coletivos, setores, pautando a igualdade de gênero para dentro e para fora desse movimento social. Atuando nas diversas instâncias e espaços desse movimento social e dos territórios de reforma agrária, elas conquistaram espaços políticos nas instâncias desse movimento social, paridade de participação na organicidade

desse movimento, a inclusão dos seus nomes nos lotes, bem como relações sociais mais igualitárias, humanistas e equitativas em termos de gênero (SCHWENDLER, 2015; 2017). Associadas a outras redes de movimentos sociais feministas e camponeses, como a Via Campesina, também passaram a partir dos anos 2000 a assumir a defesa da soberania e segurança alimentar e nutricional, bem como da agroecologia em territórios de reforma agrária, esta como categoria constitutiva do feminismo camponês popular que constroem (SILIPRANDI, 2015; JALIL; ESMERALDO; OLIVEIRA, 2017; CORADIN, 2020).

Por uma relação cultural e histórica as mulheres se relacionam com a produção de alimentos para abastecimento familiar. Através do policultivo de quintais e de criação de pequenos animais elas têm ao longo de décadas assegurado a soberania e a segurança alimentar e nutricional de inúmeras famílias camponesas. Porém, até então essas produções eram invisibilizadas e não valorizadas monetária e simbolicamente. Com a transformação agroecológica de seus cultivos, elas têm conseguido obter renda monetária, ampliar o volume e a diversidade de suas produções, bem como sua capacidade de agencia e subjetividade ativa na construção da agroecologia e na promoção da segurança alimentar e nutricional, tal como apontam os estudos de Siliprandi (2015), de Jalil; Esmeraldo e Oliveira (2017) e de Coradin (2020). Identificamos em campo que as mulheres, interlocutoras da pesquisa, compreendem a agroecologia como a construção de novas relações ecológicas com a natureza, os solos, as águas, animais e plantas. “Para mim agroecologia eu acho que é manter o bioma local, adaptando as plantas com as plantas nativas, sem precisar destruir uma para manter a outra, mas manter a terra né, a capacidade da terra”. (ENTREVISTADA C.).

Aos poucos, elas passam a compreender a Terra como organismo vivo, passível de saúde e/ou adoecimento, a ter preocupações com a vida dos demais organismos vivos não humanos presentes também naqueles agroecossistemas onde habitam e cultivam agricultura. Esse senso de empatia de preocupação com a Terra pode ser compreendido como um tipo de cuidado que se aproxima de perspectivas ecofeministas (PULEO, 2013), na medida em que estende o sentido de preocupação com a vida para além dos humanos, englobando agroecossistemas.

> Nessa esteira, também identificamos a relevância da temática da alimentação como ponto de partida e centralidade para debater-se intersecções entre gênero, saúde e agroecologia. Quando indagadas sobre os sentidos da agroecologia para si, muitas delas destacaram a importância da agroecologia na proteção da saúde do seu corpo, de seus familiares e da sociedade, através da alimentação saudável: “Pense, eu comer as coisas aqui da minha horta sabendo que não tem um pingo de veneno. Você veja que gostoso, porque nós estamos comendo saúde. [...] e somos pessoas que procuramos pelo menos os alimentos que nós produzimos e que nós vendemos [...]” (ENTREVISTADA N.).

Ao indicarem as razões pelas quais optaram pela agroecologia, a preocupação com o envenenamento dos alimentos, da Terra e das pessoas por meio da agricultura

convencional, do uso intensivo de agroquímicos, e do consumo de alimentos provenientes desse tipo de agricultura foi uma constante.

Outro aspecto relevante destacado a campo por elas foi a compreensão de que com a prática da agroecologia elas têm obtido mais saúde mental, por meio da transformação do seu trabalho cotidiano. Elas problematizaram a restrição feminina ao espaço doméstico e à execução de trabalhos domésticos rotinizados, considerados não criativos, cansativos e promotores de adoecimento mental, quando a opção feita pela família se restringe à agricultura convencional e/ou a trabalhos externos realizados pelos seus maridos. Elas destacaram que, por meio da agroecologia, elas têm podido retomar seu espaço produtivo na agricultura e, com isso, romper com o espaço e o trabalho doméstico, e se envolver com as plantas e animais, de modo a realizar uma atividade produtiva considerada prazerosa, criativa, que lhes gera realização pessoal, geração de renda e autonomia. Através dessas experiências, elas destacaram que tem conseguido superar quadros de tensão nervosa, depressão, ansiedade e estresse:

> Ah eu acho que essa experiência é boa para a gente é boa né [...]. A gente fica dentro de casa, quatro paredes só, a gente quase não sai, a gente não fica bem né. E que nem se a gente tem a horta lá, a gente vai lá limpar, é tipo uma terapia para a gente. [...] Mas tem gente aqui que tem depressão de ficar só dentro de casa. (ENTREVISTADA L.).

Por outro lado, várias mulheres destacaram que mesmo que tenham assumido experiências produtivas agroecológicas, essas ações não têm sido acompanhadas por redefinições significativas de divisões sexuais do trabalho com seus maridos, o que, segundo elas, tem gerado sobrecargas de trabalhos.

Outra dimensão relevante observada, é que essa agroecologia significa para elas um *ethos* e um estilo de vida (GEERTZ, 2012) que lhes possibilita construir um tipo específico de bem viver (GUDYNAS, 2011) Camponês Popular Sem Terra:

> Pense, eu comer as coisas aqui da minha horta sabendo que não tem um pingo de veneno. [...] Orgânico na horta né, daí tem o milho e feijão [...]. Você veja que gostoso, porque nós estamos comendo saúde. Estamos respirando um ar bom, tendo uma vivência comunitária boa. Temos uma ideia política da nossa formação, e somos pessoas que procuramos pelo menos os alimentos que nós produzimos e que nós vendemos. Nós comemos bem. [...] Pelo menos eu acho que isso é maravilhoso para mim. [...] Por isso que eu fico f. da cara com tantas terras e o governo não valorizar, né, a colocação das famílias. Pequenos pedaços de terra né. Um, dois alqueires para uma família já servia né, que quisesse produzir (ENTREVISTADA N.)

Esse bem viver está associado a estados de tranquilidade, “sossego”, à alimentação saudável e ecológica, ao convívio comunitário amistoso, à capacidade de exercer atividades criativas e de empatia com a natureza, de ser um trabalho que se localiza nas imediações de suas residências, possibilitando maior contato com os filhos, e pela capacidade de exercício da gestão do tempo e ritmo de trabalho. Isso, segundo muitas delas, tem sido o “antídoto”

mais seguro contra depressões, ansiedades, nervosismos e prevenção de doenças – seja pela alimentação mais saudável que passam a ter, ou pelo fato de exercitarem o corpo no trabalho de cultivar a Terra, pelo prazer em cultivar as plantas e animais, e pelo controle do tempo.

Essas ações ao mesmo tempo em que estimulam, são potencializadas pela construção de agencia e subjetividade ativa feminina, frente a relações de gênero opressoras e patriarcais e modos de agricultura convencionais, que envolvem tanto a relação de opressão e violência contra com o corpo-território das mulheres, quanto com o corpo-território desses ambientes. A agencia aqui, segundo Lugones (2014) é compreendida como capacidade mínima de ação frente a relações opressoras de gênero. Para que essa agencia se constitua, ela demanda uma subjetividade ativa, capaz de romper com práticas e simbologias sociais que oprimem e dominam as mulheres, tais como relações de dependência econômica e emocional, desvalorizações, desqualificações de suas atividades produtivas e reprodutivas, bem como do seu ser, saber e poder feminino. Em campo, as interlocutoras de pesquisa destacaram a importância do movimento social e da organização feminista das mulheres dentro do movimento Sem Terra, em redes de movimentos sociais e do feminismo camponês popular (SCHWENDLER, 2015; 2017), como promotoras da construção dessas agencias femininas em sentido emancipatório.

Emerge através dessas experiências uma noção complexa de saúde coletiva, que toma como centralidade o cuidado com a vida. Essa noção baseia-se na construção de sistemas agroalimentares ecológicos, na construção de outras formas de relacionar-se entre si, com as naturezas não humanas da Terra e com os alimentos, em associação com a construção da igualdade de gênero, o acesso à terra, à geração de renda e autonomia das mulheres, englobando também a defesa do acesso e permanência na terra, a defesa do território, da reforma agrária, modos de vida, bem como as relações comunitárias e a participação sociopolítica.

Essa perspectiva de saúde coletiva sinalizada por essas experiências aproxima essa pesquisa das proposições e problematizações conceituais presentes nos estudos realizados por Porto, Rocha e Finamore (2014), na medida em que se constitui desde um enfoque crítico e transformador. Este envolve a construção de relações de gênero mais igualitárias e emancipatórias, vinculadas à demanda, defesa e transformação das relações com as naturezas não humanas da Terra, com a terra, o território, o trabalho, as relações comunitárias, o movimento social e as relações de bem viver.

CONCLUSÕES

As intersecções entre agroecologia, saúde e gênero integram questões de cuidado relativas ao corpo e ao trabalho das mulheres, suas relações com sistemas agroalimentares e com seus territórios de vida. A agroecologia valoriza e visibiliza a produção diversificada de

alimentos ecológicos, o que gera mais saúde para os agroecossistemas, ao mesmo tempo em que promove a segurança alimentar e nutricional dessas mulheres e de suas famílias, gerando mais saúde para todos. A agroecologia possibilita a retomada do espaço e do trabalho produtivo das mulheres na agricultura, sendo vista como um processo "terapêutico" que favorece a criatividade e gera saúde mental das mulheres. Por fim, essa agroecologia se constitui como um *ethos* e um estilo de vida que constrói um tipo específico de Bem Viver camponês popular. A construção de agencia e subjetividade ativa das mulheres é favorecida ao mesmo tempo em que é potencializada pela organização feminista delas dentro do movimento social e em redes de movimentos sociais feministas e pelo feminismo camponês popular. Por fim, inferimos que emerge através dessas experiências uma noção crítica e transformadora de saúde coletiva, que engloba a construção de relações de gênero mais igualitárias, humanistas e equitativas, associadas a construção de outras formas de relação com a natureza, com os agroecossistemas e sistemas agroalimentares, bem como incorpora os territórios, as relações comunitárias, os modos de vida e relações sociopolíticas na produção de um bem viver camponês popular.

REFERENCIAS

ALTIERI, M. **Agroecologia**: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. 5. ed. Porto Alegre: UFRGS. 2009.

BRANDENBURG, A.; FERREIRA, A, D, D. **Agricultores ecológicos e o meio ambiente rural**: visões interdisciplinares. São Paulo: Annablume. 2012.

CORADIN, C. Entre buvas e flores vermelhas: autorias das mulheres Sem Terra na ecologização da reforma Agrária no Paraná. Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em meio ambiente. UFPR, Curitiba, 2020.

GEERTZ, C. **A interpretação das culturas**. 1ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: Editora da UFRGS. 2000.

GUDYNAS, E. Buen Vivir: germinando alternativas ao desarollo. America Latina em Movimiento. ALAI. nº462. Febrero, Quito. 2011.

LUGONES, M. Rumo a um feminismo descolonial. **Estudos Feministas**, Florianópolis, 22(3): 320, setembro-dezembro/2014. P. 935-952.PORTO, M. F; ROCHA, D. F.;

FINAMORE, R. Saúde coletiva, território e conflitos ambientais: bases para um enfoque socioambiental crítico. In: Ciência & Saúde Coletiva, 19(10):4071-4080, 2014 p. 4071-4080.

PULEO, A. **Ecofemismo para outro mundo possible**. Kobo Editions. ES. 2013.

SCHWENDLER, S. F. O processo pedagógico da luta de gênero na luta pela terra: o desafio de transformar práticas e relações sociais. **Educar em revista**. Editora da UFPR. Curitiba, n.55, p. 87-109, jan./mar. 2015.

_____ Feminismo camponês e popular: práticas, saberes e discursos de gênero, construídos nas conexões sociais e políticas dos movimentos sociais de campo. In: TAMANINI, M. (Org.); BOSCHILIA, R. (Org.) ; SCHWENDLER, S. F. (Org.) **. Teorias e Políticas de Gênero na Contemporaneidade**. 1. ed. CURITIBA: Editora da UFPR, 2017. v. 1.

SILIPRANDI, E. **Mulheres e agroecologia**: transformando o campo, as florestas e as pessoas. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 2015.

SOUSA SANTOS, B. **A crítica da razão indolente:** contra o desperdício da experiência. 3ed. São Paulo: Cortez, 2001.

THOMPSON, Paul. **The Voice of the Past: Oral History**. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, 1988.

TRONTO, J. Assistência democrática e democracias assistenciais. **Sociedade e Estado**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 285-308, maio/ago. 2007.

CAPÍTULO 12

MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO DE PASTAGENS TROPICAIS

Data de aceite: 01/02/2022
Data de submissão: 06/12/2021

Barbara Mayewa Rodrigues Miranda
Mestranda em Produção Animal e Forragicultura pela Universidade Estadual de Goiás-Campus Oeste- São Luís de Montes Belos-Go
http://lattes.cnpq.br/1926985245794579

Alliny das Graças Amaral
Zootecnista-Dra. em Ciência Animal-Universidade Federal de Goiás
Docente da Universidade Estadual de Goiás-Campus Central-Anápolis-Goiás
http://lattes.cnpq.br/1885457040646383

Wendel Cruvinel de Sousa
Mestre em Agroquímica pelo Instituto Federal Goiano-Rio Verde-Go
http://lattes.cnpq.br/9300406101835778

RESUMO: A criação de animais a pasto é uma forma econômica de produção, sendo uma atividade de grande valor econômico para o Brasil, visto que o país ocupa o segundo lugar com o maior efetivo bovino para carne do mundo. Porém a grande maioria dessas pastagens apresentam sinais de degradação consequências da exploração sem o conhecimento do manejo mais adequado para cada gramínea. Sendo necessária a utilização de tecnologias para amenizar e ou retardar esses efeitos degradatórios. A irrigação de pastagens e uma alternativa viável para amenizar os efeitos da estacionalidade produtiva, sobretudo quando relacionada aos aspectos econômicos, por apresentar vantagens como aumento da produtividade e qualidade das forrageiras, quando as chuvas se torna um fator limitante ao crescimento. Nesse contexto, o objetivo dessa revisão e elucidar sobre os aspectos da irrigação de passagens tropicais no Brasil. Existem vários sistemas de irrigação, as quais devem ser escolhidas de acordo com a necessidade de cada cultura. Porém no país o sistema de aspersão é o mais utilizado. Como a água é um fator determinante no uso desse tipo de sistema, é importante ressaltar que ela é essencial para existência da vida, não sendo um recurso renovável, por isso, o seu uso consciente se faz necessário para que não haja desperdício, evitando assim prejuízos ambientais.
PALAVRAS-CHAVE: Pastagem; Planta forrageira; Água; Sistema irrigado.

ABSTRACT: The raising of animals on pasture is an economic form of production, being an activity of great economic value for Brazil, as the country ranks second as the largest beef producer in the world. However, the vast majority of these pastures are in some stage of degradation, requiring the use of technologies to mitigate/delay these effects. As an alternative to improve forage production, the demand for irrigation systems has increased in recent years, especially when related to economic aspects, as they present advantages such as increased productivity and forage quality, when water becomes a limiting factor. In this context, the present work aimed to carry out a literary review on pasture irrigation in Brazil. In the country, for irrigation of pastures the

sprinkler system is the most used. There are several irrigation techniques, which must be chosen according to the needs of each crop. As water is a determining factor in the use of this type of system, it is important to emphasize that it is essential for the existence of life, not being a renewable resource, so its conscious use is necessary so that there is no waste, thus avoiding environmental damage.
KEYWORDS: Pasture; Forage plant; Water; Irrigated system.

1 I INTRODUÇÃO

O Brasil é o quinto maior país do mundo em expansão territorial e o maior do hemisfério Sul e das Américas com aproximadamente 851 milhões de hectares, subdivididos em áreas de reserva permanente, florestas, áreas pastoris, agrícola e urbana (REIS, et al., 2017). Sendo que, aproximadamente 21% de toda a sua área territorial é destinada a pastagens (JÚNIOR et al., 2020).

A expansão humana mundial tem estimulado o desenvolvimento agro econômico em diferentes países dentro das suas características geomorfológicas, climáticas e agrícola, que muitas vezes ocorre de maneira rápida, precoce e despreparada sobre o uso consciente, dinâmico e equilibrado da terra. Em consequência do aumento populacional, a procura por alimentos de origem vegetal e animal aumentou consideravelmente nos últimos anos, o que estimulou a exportação e importação alimentícia de outros países, alavancando a cultura de vegetais em grande escala e o aumento de áreas cultivadas.

Segundo ARAÚJO et al., (2017), 95% da produção de proteína animal brasileira é proveniente da criação em regime extensivo de pastagens. Para atender essa crescente demanda é necessário a abertura de novas áreas agropastoril associada a utilização de tecnologias para o aumento da produtividade e manutenção e ou preservação do solo, da fauna e flora local (HOFFMANN et al., 2014).

De acordo com Peron e Evangelista (2004), na década de 1970, houve significativo crescimento na produção pecuária, devido ao baixo valor de terras sobre a região do Centro Oeste brasileiro. Que apresenta uma paisagem tipo savana caracterizando o Bioma de Cerrado. Com o avanço tecnológico, logo surgiram forrageiras exóticas de fácil adaptação ao clima sazonal caracterizado por invernos secos e verões chuvosos, e solos de baixa fertilidade típico do Bioma Cerrado (JÚNIOR et al., 2003; RICHITER, 2007).

O tipo de forrageira escolhida para o estabelecimento de passagens destinadas a produção animal, afeta diretamente os resultados produtivos dos animais. De maneira geral as forragens de clima tropical apresentam maior produção de matéria seca ao serem comparadas com gramíneas de clima temperado, porém apresenta uma quantidade de nutrientes menor, comparada com outras forrageiras (NASCIMENTO et al., 2015; BIN, SCHERER e CARBONERA, 2018).

As plantas forrageiras mais utilizadas nas pastagens brasileiras são as gramíneas do gênero *Panicum* e *Brachiaria* (ANTONIEL et al., 2016), por apresentarem fácil adaptação

a solos de baixa fertilidade (SILVA et al., 2012), além das demais condições edafoclimáticas do local.

Durante o período de seca, maio a outubro é necessário o uso de técnicas que auxiliem na sobrevida e produção das forrageiras. Nesse contexto o uso de irrigação se torna uma forma eficiente para evitar o estresse hídrico na vegetação e garantir a nutrição animal (ANTONIEL et al., 2016).

Para atingir os resultados esperados é necessário a utilização correta desse método. Entre as consequências do uso incorreto dessa técnica de acordo com Marouelli et al. (2011) e Oliveira et al. (2016) está o desperdício de água durante o processo, que ocasiona o aumento no custo de produção, prejuízos ambientais, aplicação em excesso e comprometimento da disponibilidade de água, por isso é importante que haja conhecimento técnico e instruções a produtor, para que os prejuízos não sejam significativos para o meio ambiente nem para o pecuarista (MAROUELLI, et al., 2011).

Nesse contexto para que haja o uso correto de pastagens, há necessidade da utilização de técnicas que minimizem os impactos ambientais, aumentando a produtividade e que estimule o desenvolvimento sustentável (ANDRADE et al., 2017).

Há vários trabalhos publicados sobre irrigação de pastagens. Dessa forma o estudo e pesquisa sobre os tipos de irrigação e técnicas que minimizem os efeitos causados pela perda de água durante o processo se fazem necessários. Nesse contexto objetiva-se apresentar uma breve revisão sobre o uso da água na irrigação de pastagens tropicais, assim como técnicas eficientes, de baixo custo e impactos ambientas.

2 | REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Degradação de Pastagens

O Brasil é o maior exportador e o segundo maior produtor de carne bovina do mundo, uma vez que a base da alimentação desses ruminantes consiste principalmente nos sistemas de pastagens, por ser uma forma econômica de produção (DIAS-FILHO, 2014a; BARBERO et al., 2021).

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2020 no Brasil havia em média 218.150.298 cabeças de bovinos. Devido ao aumento pela procura da carne bovina, os sistemas de pastagens estão se tornando cada vez mais extensivos (SILVEIRA, et al., 2020).

Segundo relatos de Carvalho et al., (2017) estimam que em média 80% da área de pastagens no Brasil se encontra em algum estágio de degradação, observando que em algumas dessas áreas não há a possibilidade de recuperação de forma natural, pois se trata de um processo gradativo, de perda de produtividade, vigor e fertilidade do solo afetando a produção e desempenho animal (MACEDO, KICHER e ZIMMER, 2000; TERRA

et al., 2019).

De acordo com Dias-Filho (2017b) o processo de degradação possui quatro níveis sendo: Nível 1 – leve pastagem ainda fértil, porém com algumas áreas expostas com ervas daninhas; Nível 2 – moderado – ocorre aumento de plantas invasoras e também do percentual de solo descoberto; Nível 3 – forte-nível de degradação agrícola apresentando baixo percentual de forrageiras; Nível 4 - muito forte apresentando sinais de erosão (degradação biológica) e solo predominante descoberto.

Os fatores que levam a essa degradação podem atuar de forma conjunta ou isolada, podendo ser citados lixiviação, erosão, sementes de má qualidade, não reposição de nutrientes, intervenção humana, compactação, superpastejo deixando as plantas mais suscetíveis a doenças e pragas, causando prejuízo econômico ao produtor (FERREIRA, et al., 2014; CARVALHO et al., 2017; SILVA, et al., 2018; FERREIRA e NETO, 2018).

Estimulados pelos conhecimentos empíricos e produção econômica os produtores veem o solo com uma boa aparência e deixam de tomar os cuidados necessários para mantê-lo bem e não se atentam aos fatores que levam a queda da produtividade, as quais devem ser observadas as propriedades físicas e químicas do solo, estado nutricional das plantas e a capacidade de suporte (MACEDO et al., 2012).

Para se evitar a degradação, inicialmente das plantas é necessário que tenha o manejo correto do pastejo, conhecendo o ritmo de crescimento da forrageira, identificar as causas mais comuns do processo de degradação, aliando o uso de tecnologias associadas ao diagnóstico diário, analisando o clima, o solo, o tipo de animal e o sistema de pastejo adotado (TERRA et al., 2019; MACEDO, KICHEL e ZIMMER, 2000).

Almeida et al., (2011) citaram em seu trabalho formas de recuperação e renovação de pastagens como a recuperação direta e indireta, renovação direta e indireta entre outros, de acordo com a necessidade de cada ambiente pastoril.

2.2 Irrigação

A irrigação é uma técnica milenar, utilizada pelas antigas civilizações para garantir sua sobrevivência (LEVIEN, FIGUEIRÊDO e ARRUDA, 2021). No Brasil, a irrigação teve início em 1900 no Rio Grande do Sul e em outras partes do país através de incentivos Governamentais entre 1970 e 1980 (NETO, 2015; ANA, 2017).

Segundo ANA (2017) a irrigação corresponde à prática agrícola que utiliza um conjunto de equipamentos e técnicas para suprir a deficiência total ou parcial de água no sistema solo-planta. É uma tecnologia essencial principalmente em regiões áridas e semiáridas, afetadas pela falta de chuva. Em regiões com chuvas mais frequentes é utilizada como auxílio na produção (SANTOS et al., 2021) e em períodos de veranicos e em épocas de estiagem.

Existem quatro métodos de irrigação e a utilização de cada sistema vai depender do tipo de solo, cultura a ser explorado, clima local entre outros fatores particulares (ANDRADE

e BRITO, 2010).

2.2.1 Métodos de irrigação

2.2.1.1 Irrigação por aspersão

A irrigação por aspersão é uma técnica que lança jatos de água no ar por meio de aspersores ou orifícios simulando uma chuva artificial, podem ser fixos ou móveis (MARTINS et al. 2011; REIS et al., 2017; FRIZZONE 2017; MORAES, FORATTO e GUALBERTO 2017; ANA, 2021).

De acordo com Andrade e Brito (2006), os sistemas de irrigação por aspersão podem ser classificados em: Aspersão Convencional (Figura 1), podendo ser fixos, semifixos ou móveis o qual é constituído por linhas principais, laterais e secundárias; Autopropelido (Figura 2) através de um aspersor do tipo canhão que se desloca ao longo da cultura que irá ser irrigada (FRIZZONE, 2017; ANDRADE e BRITO, 2006); e Pivô central (Figura 3), que se movimenta em círculos, utiliza vários aspersores que são interligados entre si, utilizados principalmente na região do Cerrado (ANA, 2021).

Figura 1. Irrigação por aspersão convencional

Fonte: ANA, 2021.

Figura 2. Irrigação por Aspersão Mecanizada por Autopropelido

Fonte: ANA, 2021.

Figura 3. Irrigação por Aspersão Mecanizada por Pivô Central

Fonte: ANA, 2021.

2.2.1.2 Irrigação por superfície

A irrigação por superfície também conhecida como irrigação por gravidade é o método mais antigo utilizado. Nele a água é aplicada diretamente na superfície do solo para que ocorra o escoamento gravitacional (ANA, 2021; FRIZZONE, 2017). Ela pode ser classificada em dois tipos: Sulcos (Figura 4) onde a água é distribuída em pequenos canais (sulcos) localizados entre as fileiras das plantas durante o tempo necessário para que o solo se umedeça, e Inundação (Figura 5) em que uma grande quantidade de água é aplicada diretamente no solo, utilizada geralmente em solos com baixa capacidade de infiltração (SENAR, 2019).

Figura 4. Inundação por sulco

Fonte: ANA, 2021.

Figura 5. Irrigação por Inundação

Fonte: ANA, 2021

2.2.1.3 Irrigação Localizada

Na irrigação localizada a água é aplicada diretamente no solo, próximo a raízes, sua aplicação se limita há uma pequena área, como vantagem há pouco consumo de água e energia, mantendo o solo com boa umidade. Seus principais sistemas são: gotejamento (Figura 6) onde a água é aplicada gota a gota próxima as raízes, porém possui um alto custo de aquisição e manutenção. O micro aspersão (Figura 7) que utiliza mecanismos que simulam uma pequena chuva, além da água são adicionados nutrientes (ANA, 2017).

Figura 6. Irrigação por Gotejamento

Fonte: ANA, 2021.

Figura 7. Irrigação por Microaspersão

Fonte: ANA, 2021

No Brasil o método mais utilizado em pastagens é o de aspersão, apresentando como vantagens diminuição do efeito da estacionalidade, utilização de água com menor qualidade, redução de mão-de-obra, economia, porém apresenta custo elevado de implantação (AZEVEDO e SAAD, 2009; REIS, 2017).

Observa-se que para cada tipo de irrigação vai depender do tipo e qualidade do solo, clima, disponibilidade hídrica e condições financeiras do produtor (ZONTA et al., 2016).

2.2.1.4 Irrigação subterrânea por gotejamento

Nogueira et al., (2007) explica que a irrigação subterrânea, utiliza-se gotejadores dos sistemas convencionais. As tubulações são alocadas de baixo da terra á determinada profundidade, aplicando água e nutrientes para as plantas diretamente nas raízes da cultura. Apresenta como vantagens economia de água, fertilização mais eficiente, uso de águas residuais, etc. Porém é uma tecnologia cara e poucos são os trabalhos publicados nessa área. É uma tecnologia promissora, quando comparada a outras, pela pouca perda de água por meio da evaporação superficial (NASCIMENTO, BORGES e SALVADO, 2021).

2.3 Uso da Água

A água é um recurso essencial para que haja vida para as plantas ela transporta nutrientes do solo e é essencial para o processo de germinação e fotossíntese (LEVIEN, FIGUEIRÊDO e ARRUDA, 2021).

Apesar de o planeta ser composto em sua maioria por água, ela não é bem distribuída geograficamente. A Organização das Nações Unidas (ONU, 2020) aponta que nas últimas duas décadas, houve uma redução de 20% da disponibilidade de água doce por pessoa.

No Brasil, a maior parte dos recurso hídricos está disponível na região Amazônica e a que apresenta maior déficit se concentra no Nordeste, esse fator pode gerar conflitos

econômicos, políticos e sociais (OLIVO e ISHIKI, 2014; SILVA, 2014).

A escassez de água se tornou um fator preocupante quando relacionada a sustentabilidade e futuro (SILVA et al., 2021). Dentre os fatores que estão relacionados às causas de esgotamento de recursos hídricos, podem ser citados o aumentos populacional, desperdício, consumo industrial, produção agrícola, salinização do solo (OLIVO e ISHIKI, 2014; ALCOFORADO, 2015; SANATA et al., 2020).

De acordo com dados do Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (*World Water Development Repor*t – WWDR) "o consumo de água teve um aumento de seis vezes nos últimos cem anos", porém menos da metade da população tem acesso a água potável (SILVA, 2014).

Como consequência do crescimento populacional, houve a necessidade do aumento da produção de alimentos. Dados da Agencia Nacional das Águas (ANA) apontam que a agricultura consome 70% da água no Brasil (OLIVO e ISHIKI, 2014) através do processo de irrigação, apesar do alto percentual a agricultura irrigada é a maneira mais eficaz para aumento da produção de alimentos (MONTE, PEREIRA e BARRANCO, 2019).

Para evitar o desperdício de água é necessário o controle dessa quantidade atendendo a necessidade e cada tipo de cultura. É importante a escolha de técnicas adequadas para que não haja consequências ambientais e nem para a produção. Esse controle deve ser realizado pelo agricultor quanto por órgãos de regulamentação, para evitar o desperdício de água antes, durante e depois o processo de irrigação (MAROUELLI et al., 2011). É importante o uso de técnicas apropriadas para que possa haver melhoria da qualidade de forrageiras, redução do consumo de energia elétrica e diminuição dos riscos ao meio ambiente.

3 I CONSIDERAÇÃOES FINAIS

Sendo o Brasil um grande produtor de carne bovina, onde a maior parte dos animais são criados em áreas pastoris, por ser um sistema de criação menos oneroso e mais acessível aos produtores, uma grande parte se encontra em algum estágio de degradação, sendo assim a irrigação é uma alternativa eficaz quando a água se torna um fator limitante ao crescimento, melhorando o desenvolvimento das forragens e consequentemente a produtividade dos animais.

Com base na literatura, foi possível observar que no Brasil, dentre a diversidade de métodos de irrigação existentes a que mais é empregada no país para a melhoria da distribuição de produtividade nos sistemas pastoris é a a aspersão, por ser uma prática de baixo custo, sistema básico e automatizado.

Para alcançar os objetivos esperados, o produtor deve escolher o sistema que mais se adeque às suas necessidades e ao tipo de forrageira escolhida, para que não haja prejuízos ambientais e econômicos.

REFERÊNCIAS

ALCOFORADO, F. A questão da água no mundo e seus imensos desafios. **UNIFACS**, n. 79, 2015.

ALMEIDA, R. G.; OLIVEIRA, P. P. A.; MACEDO, M. C. M. PEZZOPANE, J. R. M. Recuperação de pastagens degradadas e impactos da pecuária na emissão de gases de efeito estufa. In: III Simpósio de Melhoramento de Forrageiras, Bonito-MS, v. 1, p. 384-400, 2011.

AMARAL, A. G. Massa seca de forragem, composição morfológica e composição bromatológica de cinco gramíneas tropicais submetidas a duas doses de nitrogênio e potássio, sob irrigação e sequeiro. Tese (Mestrado em Produção Animal) -Universidade Federal de Goiás. Goiânia, p.95, 2006.

ANA. Atlas Irrigação: Uso da água na agricultura irrigada. 2°ed. 2021. Disponível em: https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/a874e62f27544c6a986da1702a911c6b. Acesso em 12 Set. 2021.

ANA. Atlas Irrigação: Uso da água na agricultura irrigada. 2017. Disponível em: https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrrigacao-UsodaAguanaAgriculturaIrrigada.pdf Acesso em: 08 set. 2021.

ANDALIA, R. C. et al. Papel de la colaboración científica en el impacto de la investigación en salud de Cuba en el contexto de América Latina. **Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud,** v.27, n.1, 2016.

ANDRADE, C. L. T.; BRITO, R. A. L. Métodos de Irrigação e Quimigação. **EMBRAPA**. 2006. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19630/1/Circ_86.pdf. Acesso em 12 Set. 2021.

ANDRADE, Camilo L. T.; BRITO, Ricardo A. L. 2010. Sistemas de Produção. **Embrapa Milho e Sorgo**. Versão Eletrônica - 6ª edição Set./2010 1 ISSN 1679-012X.

ANDRADE, R. G. et al. Avaliação das condições de pastagens no cerrado brasileiro por meio de geotecnologias. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.7, n.1, p.34-41, Março, 2017.

ANTONIEL, et al. Irrigação no teor de proteína bruta de duas espécies de pastagens. Irriga, Botucatu**,** p. 248-259, 2016.

ANTONIEL, L. S.; PRADO, G.; TINOS, A. C.; BELTRAME, G. A.; ALMEIDA, J. V. C.; CUCO, G. P. Pasture production under different irrigation depths. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 2, p.539-544, 2016.

ARAÚJO, F. R.; ROSINHA, G. M. S.; BIER, D.; CHIARI, L. FEIJÓ, G. L. D.; GOMES, R. C. Segurança do Alimento Carne**. EMBRAPA.** Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/10180/21470602/SegurancaAlimentoCarne.pdf/71de9327-7649-a22d-15ad-ffe18c8772fd. Acesso em 10 out. 2021.

AZEVEDO, L. P.; SAAD, J. C. C. Irrigação de pastagens via Pivô Central, na bovinocultura de corte, **Irriga, Botucatu**, v. 14, n. 4, p. 492-503, 2009.

BARBERO et al. Potencial de produção de bovinos de corte em pastagens tropicais: revisão de literatura. **Ciência Animal Brasileira,** v. 22, 2021.

BIN, A.R.O.; SCHERER, M. R.; CARBONERA, R. Qualidade fisiológica de sementes de aveia preta produzidas na região noroeste do RS. In: COMISSÃO DE PESQUISA DA AVEIA, v.38. p.416–420, 2018.

BITTENCOURT, L. A. F.; PAULA, A. Análise Cienciométrica de Produção Científica em Unidades de Conservação Federais do Brasil. **Enciclopédia Biosfera***,* v.8, N.14; p.20-44, 2012.

CARVALHO, W. T. V. et al. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: Revisão. **Pubvet: Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.11, n.10, p.1036-1045, Out, 2017.

COSTA, B. M. Tipos de Pastagens sob o ponto de vista Ecológico. Disponível em: https://www.bibliotecaagptea.org.br/zootecnia/forragens/artigos/TIPOS%20DE%20PASTAGENS%20SOB%20O%20PONTO%20DE%20VISTA%20ECOLOGICO.pdf. Acesso em 7 set. 2021.

DIAS-FILHO, M. B. (2017b) - Degradação de pastagens o que é e como evitar. 1° ed. Belém: **Embrapa Amazônia Oriental**, 19 p.

DIAS-FILHO, M. B.(2014a) -Diagnóstico das Pastagens no Brasil. 1° ed. Belém: **Embrapa Amazônia Oriental,** 38 p.

FAO. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/search?key=AGRICULTURA. Acesso em 03 out. 2021.

FERREIRA, E. A. et al. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em pastagens degradadas do Médio Vale do Rio Doce, Minas Gerais**. Revista Ceres***,* v. 61, n.4, p. 502-510, 2014.

FERREIRA, G. C. V.; NETO, J. A. F. Usos de Geoprocessamento na avaliação de degradação de pastagens no assentamento Ilha do Coco, Nova Xavantina – Mato Grosso, Brasil. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 26, n. 02, p. 140-148, 2018.

FRIZZONE, J. A. Os Métodos de Irrigação. Disponível em: http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/disciplinas/Frizzone/LEB_1571/TEXTO_COMPLEMENTAR_1_-_METODOS_DE_IRRIGACAO.pdf Acesso em: 12 Set. 2021.

GOMES, L. A. F. Análise cienciométrica sobre aproveitamento da água da chuva em residências. TCC, Curso de Engenharia Civil, Uni Evangélica, Anápolis, GO, 60p. 2018.

HOFFMANN, A.; MORAES, E. H. B. K. DE; MOUSQUER, C. J.; SIMIONI, T. A.; JUNIOR GOMER, F.; FERREIRA, V. B.; & SILVA, H. M. DA. Produção de bovinos de corte no sistema de pasto-suplemento no período da seca. **Nativa**, v.*2,* n,2, p.119-130. 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censo Brasileiro de 2020**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

JÚNIOR, et al. Dinâmica das pastagens Brasileiras: Ocupação de áreas e indícios de degradação - 2010 a 2018. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/estudo-mostra-reducao-de-26-8-milhoes-de-hectares-de-pastagens-degradadas-em-areas-que-adotaram-o-plano-abc/Relatorio_Mapa1.pdf. Acesso em 31 out. 2021.

JÚNIOR, G. B. M.; BARIONI, L. G.; VILELA, L. M. BARCELLOS, A. O. Uso de Pastagens diferidas no Cerrado. **EMBRAPA.** Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/27876/1/comtec_102.pdf. Acesso em 04 out. 2021.

LEVIEN, S. L. A.; FIGUEIRÊDO, V. B. ARRUDA, L. E. V. Panorama da atual área de agricultura irrigada no Brasil. 1 ed, Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2021. P. 153.

MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. M.; ZIMMER, A. H.; ALMEIDA, R. G.; ARAUJO, A. R. Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. In: Anais de Congresso, Ribeirão Preto, SP, Embrapa Gado de Corte. p. 158–181, 2012.

MACEDO, M.C.M.; KICHER, A.N. & ZIMMER, A.H. (2000) – Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens. **Embrapa Gado de Corte**, n. 62, p. 1-4.

MAROUELLI, W. A. et al. Manejo da água de irrigação. 2011. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/915574/1/IRRIGACAOeFERTIRRIGACAOcap5.pdf. Acesso em 26 set. 2021.

MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Hortaliças; São Luís: Embrapa Cocais; Cruz das Almas: **Embrapa Mandioca e Fruticultura**; Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011.

MARTINS, C. A. S.; REIS, E. F.; PASSOS, R. R.; GARCIA, G. O. Desempenho de sistemas de irrigação por aspersão convencional na cultura do milho (*Zea mays L.*) **Idesia (Arica),** v. 29, n. 3, p. 65-74, dez. 2011.

MONTE, B. F.; PEREIRA, J. R.; BARRANCO, J. F. A. A agricultura irrigada na região do semiárido legal mineiro: um estudo sobre os avanços e impactos ambientais. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo,** v. 4, n. 6, p.222-248, 2019.

MORAES. D. D. V., FORATTO, L. C.; GUALBERTO, R. Sistema de Irrigação por Aspersão via Autoproprelido: REVISÃO DE LITERATURA. **REVISTA UNIMAR CIÊNCIAS**, v.26, n. 1-2, p. 163-169, 2017.

NASCIMENTO, A. A. et al. IMPACTO DA QUALIDADE DA FORRAGEM NA PERFORMANCE E SAÚDE DO ANIMAL. In: III Simpósio Mineiro de Produção Animal e X Semana de Zootecnia, Diamantina MG, 2015.

NASCIMENTO, N. C.; BORGES, F. F.; SALVADO, L. R. B. S. Uso de resíduos têxteis como alternativa sustentável para a irrigação subterrânea por capilaridade no semiárido brasileiro. **Extensão Rural**: práticas e pesquisas para o fortalecimento da agricultura familiar – V.2, p. 332-362, 2021. Editora Científica Digital.

NETO, J. G. Sistemas de Irrigação para jardins e gramados. Disponível em: https://www.rainbird.com.br/upload/ferramentas-de-trabalho/Artigos/Irrigacao-para-Paisagismo.pdf. Acesso em 08 set. 2021.

NOGUEIRA, L. C.; NOGUEIRA, L. R. Q.; GORNAT, B.; COELHO, E. F. GOTEJAMENTO SUBTERRÂNEO: Uma alternativa para exploração agrícola dos solos dos tabuleiros costeiros. **EMBRAPA.** Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/371533/1/Gotejamento0001.pdf. Acesso em 01 nov. 2021.

OLIVEIRA, V. S. et al. Efeito da irrigação na produção e qualidade de pastagens durante o período da seca. **REVISTA CIENTÍFICA DE MEDICINA VETERINÁRIA** - ISSN:1679-7353 Ano XIV. N. 26 – Janeiro de 2016 – Periódico Semestral.

OLIVO, A. M.; ISHIKI, H. M. Brasil frente à escassez de água. **Colloquium Humanarum**. *ISSN: 1809-8207*, v.11, n.3, p.41–48, 2014. Recuperado de https://revistas.unoeste.br/index.php/ch/article/view/1206.

PADIAL, A. A.; BINI, L. M. THOMAZ, S. M. The study of aquatic macrophytes in Neotropics: a scientometrical view of the main trends and gaps. **Brazilian Journal of Biology***,* v. 68, n. 4, 2008.

PERON, A. J.; EVANGELISTA, A. R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. **Ciência e Agrotecnologia***,* v. 28, n. 3, 2004.

REIS, M. M.; SANTOS, L. D. T.; OLIVEIRA, F. G.; SANTOS, M. V. Irrigação de pastagens tropicais: desafios e perspectivas. **Unimontes científica**, v. 19, n.1 - jan./jun. 2017.

RICHTER, L. A. **Irrigação de Pastagens**. In: Federacite. (Org.) 2007. Água: fonte de alimento. Esteio: Federacite, 2007, v. XV, p. 69-74. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/li/li01-forrageiras/cap17.pdf. Acesso em 04 Out. 2021.

SANTANA, S. J.; COSTA, F. R.; SILVA, W. A.; LIMA, M. A. M.; ARAÚJO, B. M. Diagnóstico da irrigação na agricultura familiar de Imperatriz-MA. **Revista SUSTINERE***,* v.8, n.2, p. 515-538, 2020.

SANTOS, M. C. et al. Agricultura irrigada: estratégias para o desenvolvimento sustentável do Brasil. Cap.15. **EMBRAPA.** Disponível em:http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1133753. Acesso em 08 set. 2021.

SENAR. Irrigação: gestão de sistemas por superfície. 2019. Disponível em: https://www.cnabrasil.org.br/assets/arquivos/253-IRRIGA%C3%87%C3%83O.pdf. Acesso em 12 Set. 2021.

SILVA, A.; SANTOS, F. L. S.; BARRETTO, V. C. M.; FREITAS, R. J.; KLUTHCOUSKI, J. Recuperação de pastagem degradada pelo consórcio de milho, *Urochloa brizantha* cv. Marandu e guandu. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 5, n. 2, p. 39-47, 2018. ISSN 2358-6303.

SILVA, J. L. A. et al. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental***,* v. 18, p.66-72, 2014.

SILVA, L. S.; NASCIMENTO, I. A. S.; CARVALHO, M. R.; NETO, J. V. S.; SILVA, E. A. A importância da água de reuso na agricultura e as considerações da vigilância sanitária sobre a prática sustentável. **Revista Ibero-Americana de Humanidades***,* v. 7, n.1, 2021.

SILVA, T. C. da; PERAZZO, A. F.; MACEDO, C. H. O.; BATISTA, E. D.; PINHO, R. M. A.; BEZERRA, H. F. C.; SANTOS, E. M. Morfogênese e estrutura de Brachiaria decumbens em resposta ao corte e adubação nitrogenada. **Archivos de zootecnia, Córdoba,** v. 61, n. 233, p. 91-102, 2012.

SILVEIRA, M. L.; BRANDANI, C. B.; KOHMANN, M. M.; ERICKSON, J. E.; REYES-C. J.; LEON, R. G.; SOLLENBERGER, L. E.; PIOTTO, V.; QUADROS, D. G.; MELLO, S. Q. S. Short-term effects of bioenergy cropping on soil carbon and nitrogen dynamics in a Florida Ultisol. **Soil Science Sociecity of America Journal,** v.84, p.1233–1246. 2020.

SPINAK, E. Indicadores Cienciométricos. **Ciência da Informação**, v.27, n.2, p.141 -148, maio/ago 1998. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/v27n2/2729806.pdf. Acesso: 07 set. 2021.

TERRA, A. B.; FLORENTINO, L. A.; REZENDE, A. V.; NHAYANDRA, C. D. S. Leguminosas forrageiras na recuperação de pastagens no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias,** v. 42, n.2, p.305-313, 2019.

UNESCO. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2020: Água e mudança climática, Resumo executivo. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000372882_por. Acesso em 22 set. 2021.

ZONTA, J. H. Manejo da Irrigação do Algodoeiro. **EMBRAPA.** Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1041572/1/Manejodairrigacao.pdf. Acesso em 21 set. 2021.

CAPÍTULO 13

PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DE UM CAMBISSOLO HÚMICO E DE UM NITOSSOLO BRUNO SOB CONDIÇÕES NATURAIS

Data de aceite: 01/02/2022
Data de submissão: 02/12/2021

David José Miquelluti
Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Solos e Recursos Naturais
Lages – SC
https://orcid.org/0000-0002-7369-6163

Juliana Mazzucco Boeira
Universidade do Estado de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo
Lages – SC
https://orcid.org/0000-0002-1280-5773

Letícia Sequinatto
Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Solos e Recursos Naturais
Lages – SC
https://orcid.org/0000-0001-7389-9780

Jean Alberto Sampietro
Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Florestal
Lages – SC
https://orcid.org/0000-0001-6555-7166

RESUMO: A compactação do solo é um dos fatores limitantes da qualidade física das terras agrícolas, prejudicando a obtenção de maiores índices de produtividade. Objetivou-se, neste estudo, relacionar as características físicas e teores de carbono orgânico de um Cambissolo e de um Nitossolo, sob condições naturais, situados no Planalto Sul Catarinense, ao grau de compactação do solo por meio do ensaio de compactação Proctor e aos limites de consistência do solo. Foram coletadas amostras do horizonte A, nas quais avaliou-se a granulometria, o teor de carbono orgânico total, a densidade de partícula, os limites de liquidez e de plasticidade, o índice de plasticidade, a densidade máxima, a umidade ótima de compactação, a densidade do solo e a densidade relativa. A umidade ótima de compactação, independentemente da energia aplicada, variou inversamente com os teores de silte e diretamente com os teores de argila, carbono orgânico e com o limite de plasticidade. A susceptibilidade a compactação foi inversamente proporcional aos teores de argila e de carbono orgânico. A aplicação de uma maior energia de compactação fez com que os solos atingissem a sua umidade ótima de compactação com menor conteúdo de água.

PALAVRAS-CHAVE: Propriedades físicas, Compactação do solo, Proctor.

PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF A CAMBISSOLO HUMICO AND A NITOSOLO BRUNO UNDER NATURAL CONDITIONS

ABSTRACT: Soil compaction is one of the limiting factors for the physical quality of agricultural land, hindering the achievement of higher productivity rates. The objective of this study was to relate the physical characteristics and organic carbon contents of a Cambisol and a Nitosol, under natural conditions, located in the Southern Santa Catarina Plateau, to the degree of soil compaction through the Proctor compaction test

and to the limits of soil consistency. Samples were collected from the A horizon, in which the particle size, total organic carbon content, particle density, liquidity and plasticity limits, plasticity index, maximum density, optimal compaction moisture, soil density and relative density were evaluated. The optimal compaction moisture, regardless of the applied energy, varied inversely with silt contents and directly with clay, organic carbon and plasticity limits. Susceptibility to compaction was inversely proportional to clay and organic carbon contents. The application of greater compaction energy made the soils reach their optimal compaction moisture with lower water content.
KEYWORDS: Physical properties, Soil compaction, Proctor.

1 I INTRODUÇÃO

O Planalto Sul Catarinense apresenta baixos índices de produção e produtividade agrícola (RAIHER et. al., 2016), o que está relacionado à forma de cultivo e ao desconhecimento por parte dos produtores sobre o uso sustentável do solo. Alakukku e Elomen (1994) afirmam que a compactação do solo é um dos fatores limitantes da qualidade física das terras agrícolas, prejudicando a obtenção de maiores índices de produtividade. Segundo Suzuki et. al. (2013), para que os efeitos da compactação sejam minimizados, é fundamental que as atividades agrícolas sejam realizadas na faixa de umidade do solo abaixo do limite de plasticidade, o que caracteriza seu estado de friabilidade.

A compactação é definida como um aumento da densidade do solo, causado pelo homem ou por animais, resultado do rearranjamento de partículas do solo e consequente redução da porosidade. O aumento da densidade do solo é chamado adensamento, quando é causado por processos pedogenéticos (REICHERT et. al., 2010).

Segundo Reichert et. al. (2010), as forças que atuam no solo e que podem causar compactação são classificadas em externas e internas. O tráfego de veículos, animais ou pessoas, bem como o crescimento de certas raízes são responsáveis pelas forças externas. Os ciclos de umedecimento e secagem, congelamento e degelo, expansão e contração da massa do solo são responsáveis pelas forças internas.

O processo de compactação do solo é influenciado pela textura de suas partículas sólidas, quantidade de matéria orgânica presente no solo, a umidade do solo no momento de aplicação da energia de compactação (SENÇO, 2007) e da pressão exercida sobre o solo.

Segundo Reichert et al. (2007) mesmo que um solo seja quimicamente bom, a compactação impede as plantas de se beneficiarem adequadamente dos nutrientes disponíveis. As alterações físicas, provocadas pela compactação, afetam o fluxo ou a concentração de água, oxigênio, dióxido de carbono, nutrientes e temperatura, que podem limitar o crescimento e desenvolvimento das plantas. (STEPNIEWSKI et al., 2002). A diminuição dos macroporos devido à compactação pode restringir a difusão de CO2 e a entrada de O2 (STARTSEV; McNABB, 2009). A compactação também pode aumentar a

perda de solo por erosão. Isso ocorre devido à diminuição da infiltração da água no solo, através das camadas compactadas, o que faz com que essa água escoe superficialmente, levando consigo partículas de solo.

O conteúdo crítico de água varia de solo para solo (SENÇO, 2007), visto que a quantidade de água suficiente para formar uma película entre as partículas sólidas do solo depende diretamente da área superficial específica dessas partículas, característica física dependente da quantidade e tipo de argila e teor de matéria orgânica do solo.

Os estudos de compactação iniciaram-se com o engenheiro americano Ralph Proctor em 1933 (LELIS, 2004), adotando uma energia padrão de 5,95 kg/cm² (Proctor Normal). Na década de 40, ele aumentou a energia de compactação para 27,35 kg/cm² (Proctor Modificado). Posteriormente as empresas de pavimentação passaram a utilizar uma energia intermediária (12,93 kg/cm²). O ensaio Proctor pode ser executado com quaisquer das energias normatizadas, de acordo com a necessidade do estudo.

Braida et. al. (2006), medindo a compactação do solo pelo ensaio Proctor, concluíram que o acúmulo de matéria orgânica tornou o solo mais resistente a compactação, relacionando-o ao aumento da umidade crítica e da redução da densidade. Além disso, foi encontrada correlação entre o aumento do teor de carbono orgânico e o aumento da elasticidade do solo (BRAIDA et al., 2008), propriedade que pode beneficiar a recuperação da estrutura do solo após o descarregamento.

O conteúdo de matéria orgânica pode aumentar a resistência do solo à compactação, devido ao aumento da coesividade, fazendo com que o limite de plasticidade seja maior (BRAIDA, et al., 2006; REICHERT et al., 2010). Soane (1990), menciona que há mecanismos pelos quais a matéria orgânica influencia a resistência a compactação, tais como a força de união entre partículas e entre agregados, a elasticidade, o efeito de diluição, o efeito de cargas elétricas e o efeito na fricção.

As influências mais evidentes da matéria orgânica do solo em relação às condições físicas do solo são: estabilização da temperatura do solo, favorecendo as plantas; aumento da capacidade de retenção de água no solo, favorecendo o desenvolvimento das raízes, principalmente em regiões com riscos de veranicos; melhor estabilidade dos agregados e redução do escoamento de água superficial, diminuindo os riscos de erosão (CONCEIÇÃO et al., 2005).

O presente estudo objetivou relacionar as características físicas de um Cambissolo e de um Nitossolo do Planalto Sul Catarinense e teores de carbono orgânico, ao grau de compactação do solo através do ensaio de compactação Proctor e aos limites de consistência do solo.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado utilizando-se dois solos, em condições naturais (sem uso

antrópico), coletados no estado de Santa Catariana. O clima na região é do tipo Cfb, segundo classificação de Köppen (PANDOLFO et al., 2002). A média anual da precipitação pluvial total varia de 1.360 a 1.600 mm, e a da umidade relativa do ar, de 80 a 83 % (BENEZ, 2005). O primeiro solo corresponde a um Cambissolo Húmico Alumínico léptico (EMBRAPA, 2018), o qual representa aproximadamente 69% dos solos do município de Lages (EPAGRI, 2002), localizado no Campus da UDESC, em Lages-SC, situado em uma área de relevo levemente ondulado, com vegetação natural, em latitude 27°47'31", longitude 50°18'22" e altitude 912m. O segundo solo foi classificado como Nitossolo Bruno Distrófico típico (EMBRAPA, 2018), localizado às margens da SC 14, em Painel – SC, em área de vegetação natural, latitude 27°53'42", longitude 50º07'45' e altitude 1141m. Foram coletadas amostras preservadas em três profundidades: 2 a 7 cm; 7 a 12 cm e 12 a 17 cm, para as determinações de densidade do solo (Ds) e porosidade total (Pt) e amostras deformadas para as determinações de granulometria. Para realização do ensaio de compactação Proctor foi coletada uma amostra de cada solo, na profundidade de 2 a 17 cm. A distribuição granulométrica do solo foi determinada em quintuplicata, pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997), com a preparação das amostras pelo método proposto por Suzuki et. al (2015). A densidade de partículas foi determinada em triplicata, pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA, 1997). A densidade do solo foi determinada a partir do peso seco das amostras coletadas nos anéis volumétricos e a porosidade total a partir dos valores de densidade do solo e densidade de partículas, conforme a formula: Pt=100*(Dp-Ds)/Ds (EMBRAPA, 1997). O limite de liquidez (LL) foi determinado, com a utilização do aparelho de Casagrande, o limite de plasticidade (LP) foi determinado conforme EMBRAPA (1997) e o índice de plasticidade conforme a fórmula IP = LL – LP. A atividade da argila (A) foi calculada com base nos dados de percentual de argila e índice de plasticidade (IP): $A=IP\%<0{,}002mm$ (CAPUTO, 1988). A densidade máxima e a umidade ótima do solo foram determinadas em duplicata, por meio do ensaio de Proctor, realizado em duas energias de compactação (normal e intermediária), sem o reuso do material de solo, de acordo com a norma NBR 7.182 (ABNT, 1986). O grau de compactação (GC), ou densidade relativa, foi obtido com o uso da relação entre a densidade do solo e a densidade máxima obtida no ensaio Proctor: GC = Ds/Dmax. O Índice de vazios no solo após a compactação foi obtido por meio da relação entre a densidade de partículas e a densidade máxima: $IV=1-Dmáx/Dp$. As determinações da quantidade de carbono orgânico total (COT) foram realizadas em quintuplicata, analisadas por combustão seca a 950 ºC, no analisador TOC, modelo multi/NC 2100, equipado com módulo para sólidos. Os resultados foram submetidos a análise descritiva e análise de variância com um critério de classificação. Foram ajustadas curvas de regressão polinomial aos resultados dos ensaios de compactação Proctor. Todas as análises foram conduzidas com o uso do software R (R Core Team, 2021) e adotado o nível mínimo de significância de 5%

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maiores teores de argila foram observados no Nitossolo, na camada de 12-17m, enquanto o Cambissolo apresentou os maiores teores de silte, na média das três camadas estudadas (Tabela 1). Esta variação pode ser atribuída à litologia dos solos, e aos seus processos de formação.

Prof.	Argila		Silte		Areia	
	Cambissolo	Nitossolo	Cambissolo	Nitossolo	Cambissolo	Nitossolo
	----------g kg $^{-1}$----------					
2-7cm	352,5 aA	353,1 aC	482,3 aA	383,8 bA	165,3 bA	263,1 aA
7-12cm	375,8 bA	452,6 aB	470,3 aA	392,9 bA	153,8 aA	154,6 aB
12-17cm	364,6 bA	507,2 aA	492,5 aA	373,5 bA	142,9 aA	119,3 aB
CV (%)	10,59		13,45		26,35	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal e maiúscula na vertical, dentro de cada parâmetro, não diferem pelo teste DMS (P > 0,05).

Tabela 1 – Granulometria do Cambissolo Húmico e do Nitossolo Bruno, em cada profundidade.

O Cambissolo, por ser um solo mais intemperizado, apresentou, no geral, quantidades menores de argila enquanto o Nitossolo apresentou um incremento na quantidade de argila com a profundidade. Os valores de densidade de partículas foram similares, variando de 2,20 g cm^{-3} a 2,22 g cm^{-3}. Este comportamento não espelha a diferença nos valores de carbono orgânico (Tabela 2), cujos teores são, em média, 32,41% superiores no Nitossolo. Alguns trabalhos conduzidos na mesma gleba amostrada no presente estudo encontraram menores valores de carbono orgânico para o Nitossolo (Tabela 2). Silva (2019) observou valores em torno de 46 g kg-1, enquanto, Andognini, (2019) encontrou valores em torno de 53 g kg-1. Essa variação, possivelmente, é devida à variação espacial no local de coleta.

Solo	Carbono orgânico ------- g kg^{-1}-------
Cambissolo	46,9 b
Nitossolo	62,1 a
CV (%)	12,00

Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste DMS (P > 0,05).

Tabela 2 – Carbono orgânico do Cambissolo Húmico e do Nitossolo Bruno.

A maior presença de matéria orgânica no solo está ligada a uma maior resistência a compactação e a menores valores de densidade máxima (BRAIDA et. al., 2006; BRAIDA,

2004; REICHERT et. al., 2010). Klein (2014) verificou uma relação inversa entre o teor de matéria orgânica e a densidade máxima atingida pelo solo. Segundo ele, isto pode ocorrer devido ao efeito positivo da matéria orgânica na estabilidade estrutural do solo, ou à baixa densidade do material orgânico.

As maiores densidades do solo foram observadas na profundidade de 7-12 cm e de 12-17 cm do Cambissolo, enquanto os maiores valores de porosidade total encontraram-se na profundidade de 2-7 cm do Nitossolo (Tabela 3).

O Nitossolo atingiu o seu limite de plasticidade na umidade 12,5% superior ao Cambissolo (Tabela 4). Isso, provavelmente se deve ao maior teor de argila e de matéria orgânica presente nesse solo. Resultados semelhantes foram observados por Ellies e Gayoso (1986) em solos de origem vulcânica, no Chile, e por Marcolin e Klein (2006), que verificaram o aumento do limite de plasticidade com o aumento dos teores de argila.

Prof.	Ds		Pt	
	Cambissolo	Nitossolo	Cambissolo	Nitossolo
	---------- g cm^{-3} ----------		---------- % ----------	
2-7cm	1,12 bA	1,03 bB	48,96 Ab	53,71 aA
7-12cm	1,25 aA	1,16 aB	43,04 bB	47,86 bA
12 a 17cm	1,25 aA	1,19 aB	43,04 bB	45,95 bA
CV (%)	6,27		7,03	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal e maiúscula na vertical, dentro de cada parâmetro, não diferem pelo teste DMS (P > 0,05).

Tabela 3 – Densidade do solo (Ds) e Porosidade Total (Pt) em cada profundidade.

Segundo a classificação de Kiehl (1979), baseada no índice de plasticidade, o Cambissolo é classificado como altamente plástico e o Nitossolo é classificado como medianamente plástico. Pode-se verificar que o Nitossolo, requer um maior teor de umidade para atingir um comportamento plástico, porém, uma quantidade menor de água para iniciar a comportar-se como um líquido, o que significa que embora este solo possua partículas com grande capacidade de absorção de água, ele se comporta de forma plástica em uma menor faixa de umidade.

	Cambissolo	Nitossolo
LL	53,37	53,16
LP	35,55	40,00
IP	17,82	13,16

Tabela 4 – Valores de limite de liquidez (LL) (%), limite de plasticidade (LP) (%) e índice de plasticidade (IP) (%) no Cambissolo húmico e no Nitossolo bruno.

A atividade da argila variou de 0,30 a 0,49 (Tabela 5), o que classifica ambos os solos como solos com argila de baixa atividade. Segundo Caputo (1988), as argilas com menor atividade são as caulinitas. Esse índice pode, portanto, ser um indicador da provável constituição mineral desses solos.

SOLO	CAMBISSOLO	NITOSSOLO
IP	17,82	13,16
Teor médio de argila	36,43	43,76
A	0,49	0,30

Tabela 5 – Índice de plasticidade, teor médio de argila e atividade da argila nos dois solos

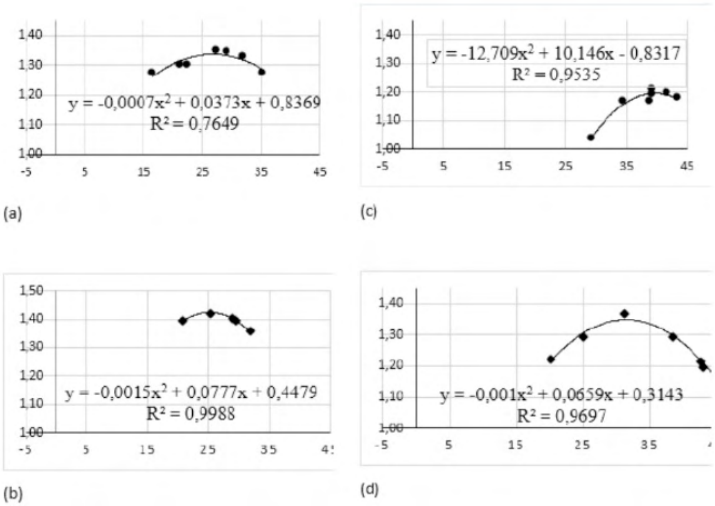
Os menores valores de densidade máxima atingidos, assim como os maiores valores de umidade ótima para compactação determinados no Nitossolo (Tabela 6), podem ser atribuídos ao maior teor de argila e carbono orgânico deste solo. Isso se deve ao fato de as argilas possuírem maior área superficial específica, consequentemente, um solo com maior teor de argila requer uma maior quantidade de água para formar um filme entre as partículas, facilitando o seu deslizamento e resultando no aumento da compactação. Isto, também pode ser atribuído a matéria orgânica do solo, a qual apresenta grande capacidade de absorção de água.

Energia de compactação	Dmáx		UOC	
	Cambissolo	Nitossolo	Cambissolo	Nitossolo
	----------g cm^{-3}----------		----------%----------	
Normal	1,33	1,19	26,64	39,92
Intermediária	1,45	1,40	25,90	32,95

Tabela 6 – Densidade máxima (DMáx) e umidade ótima de compactação (UOC) atingidas no ensaio Proctor para o Cambissolo Húmico e o Nitossolo Bruno, em duas energias de compactação.

Nos ensaios de compactação, as densidades máximas atingidas variaram de 1,19 g cm^{-3} a 1,45 g cm^{-3} e as umidades ótimas para compactação, de 25,9% e 39,92% (Figura 1). O Nitossolo apresentou os menores valores de densidade máxima e maiores valores de umidade ótima de compactação para o ensaio Proctor em ambas as energias de compactação. Esses resultados corroboram o observado por Braida et. al. (2006) e Reichert et. al. (2010), que afirmam que o conteúdo de matéria orgânica pode aumentar a resistência a compactação. Braida (2004), observa que a susceptibilidade à compactação, torna-se menor à medida que cresce a quantidade de material orgânico existente no solo e que, em geral, para um mesmo nível de energia, quanto maior o teor de matéria orgânica

do solo, menor é o valor de densidade máxima obtido e maior é o teor de água necessário para atingi-lo. Marcolin e Klein (2011), também encontraram ajustes lineares negativos da densidade máxima em função do teor de argila e da densidade máxima em função do carbono orgânico. O Cambissolo atingiu uma densidade máxima 11,76% maior que o Nitossolo, quando utilizada a energia de compactação normal, e 3,57% maior, para a energia de compactação normal. O maior incremento na densidade máxima seguindo o aumento de energia aplicada observado no Nitossolo também pode ser explicado pelo maior teor de argila deste solo. Como as partículas de argila são menores, a aplicação de uma energia de compactação maior permite a aproximação entre elas, após terem a sua estrutura natural alterada, em comparação com aquela atingida pelo Cambissolo, nas mesmas condições de compactação.



(a)Cambissolo – energia Normal; (b) Cambissolo – energia Intermediária; (c) Nitossolo – energia Normal; (d) Nitossolo – Energia Intermediária.

Figura 1 – Curvas de compactação Proctor nas energias Normal e Intermediária, para o Cambissolo Húmico e o Nitossolo Bruno

Segundo Richart (2005), não existe consenso entre os autores sobre o nível crítico da densidade do solo, ou seja, o valor acima do qual o solo é considerado compactado. TORRES e SARAIVA (1999) afirmam que a densidade varia de acordo com as características do solo, sendo que em solos argilosos varia de 1,0 a 1,45 Mg m-3 para condições de mata e muito compactados, respectivamente. Camargo e Alleoni (1997) consideram crítico o valor de 1,55 Mg m-3 em solos franco-argilosos a argilosos. No Cambissolo, a mudança da energia de compactação de normal para intermediária incrementou a densidade máxima do solo em apenas 8,28%, enquanto isso, o Nitossolo, mesmo tendo sua densidade natural pouco aumentada pela compactação com energia normal, com a mudança para a energia

intermediária, teve sua densidade máxima incrementada em 15,00%. Isso indica que a compactação do Nitossolo é mais influenciada pelo fator externo de energia de compactação. A relação UOC/LP indica uma boa estimativa do teor de umidade em que o solo está mais suscetível à compactação, visto que a determinação do limite de plasticidade (LP) é mais simples e mais acessível que o ensaio Proctor. A relação UOC/LP variou de 0,79 e 1,00, sendo menor para a aplicação da energia de compactação intermediária do que para a aplicação da energia normal em ambos os solos. Isso se deve ao fato de a UOC ter sido atingida em uma umidade menor quando a aplicação da energia de compactação foi maior. Luciano et. al. (2012) encontraram uma relação UOC/LP variando entre 0,76 e 1,05 para cinco solos compactados na energia normal. Braida et al.(2006) encontraram uma relação UOC/LP média de 0,78 para um Nitossolo.

Solo	Energia de Compactação	UOC/LP
Cambissolo	Normal	0,79
	Intermediária	0,77
Nitossolo	Normal	1,00
	Intermediária	0,82

Tabela 8 – Relação entre Umidade ótima de compactação (UOC) atingida no ensaio Proctor e limite de plasticidade (LP), para o Cambissolo Húmico e o Nitossolo Bruno.

Isso indica que a quantidade de água necessária para formar um filme lubrificante entre as partículas e facilitar a sua máxima compactação é, em geral, igual ou menor que a quantidade de água necessária para que o solo possa ser moldado (estado plástico).

4 I CONCLUSÃO

A umidade ótima de compactação, independentemente da energia aplicada, variou inversamente com os teores de silte e diretamente com os teores de argila, carbono orgânico e com o limite de plasticidade.

A susceptibilidade a compactação foi inversamente proporcional aos teores de argila e de carbono orgânico.

A aplicação de uma maior energia de compactação fez com que os solos atingissem a sua umidade ótima de compactação com menor conteúdo de água.

A umidade ótima de compactação foi atingida entre 77% e 100% da umidade correspondente ao limite de plasticidade.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas. **ABNT NBR ISSO 7182:** Amostras de Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1986.

ALAKUKKU, L.; ELOMEN, P. Long-term effects of a single compaction by heavy field traffic on yeld and nitrogen uptake of annual crops. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.36, p.141-152, 1994.

ANDOGNINI, J**. Efeito do Grau de Compactação nos atributos físicos de solos de Santa Catarina e nas características produtivas e nutritivas da aveia preta**. 2019. 88p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2019.

BENEZ, M.C. Dados e informações biofísicas da Unidade de Planejamento Regional Planalto Sul Catarinense – UPR 3. In: DUFLOTH, J.H.; CORTINA, N.; VEIGA, M. & MIOR, L.C., eds. **Estudos básicos regionais de Santa Catarina**. Florianópolis, EPAGRI, 2005. CD-ROM.

BRAIDA, J.A. **Matéria orgânica e resíduos vegetais na superfície do solo e suas relações com o comportamento mecânico do solo sob plantio direto**. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), 2004, 106 p. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M. & REINERT, D.J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima no ensaio Proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:605-614, 2006.

BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & SEQUINATTO, L. Elasticidade do solo em função da umidade e do teor de carbono orgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p 477-485, 2008.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas.** Piracicaba, SP: ESALQ, 1997. 132p.

CAPUTO, H.P. **Mecânica dos solos e suas aplicações,** volume 1**.** Rio de Janeiro: Ltc, 1988.

CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.777-788, 2005.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Classificação dos Solos-SNLCS, **Manual e métodos de análise do solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 212 p,1997.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 2018. 590 p.

EPAGRI. **Dados e Informações Biofísicas da Unidade de Planejamento Regional Sul Catarinense – UPR 3**. Florianópolis. 2002. 76 p.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Ceres, 1979. 262p.

KLEIN, V. A. **Física do solo**. 3 ed. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2014.

LELIS, T. A. **Influência da energia de compactação nas relações entre o módulo resiliente, CBR e resistência à compressão não confinada de solos da Zona da Mata norte de Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). 2004. 123p. Universidade Federal de Viçosa – UFV. Viçosa, 2004.

LUCIANO, R. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; COSTA, A. da; BATISTELLA, B.; WARMILING, M. T. Atributos físicos relacionados à compactação de solos sob vegetação nativa em região de altitude no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** [online]. v. 36, pp.1733-1744, 2012.

MARCOLIN, C. D.; KLEIN, V. A. Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência da densidade do solo máxima. **Acta Scientarum Agronomy**, v. 33, p. 231-239, 2006.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H.J.; SILVA JR, V.P.; MASSIGNAM, A.M.; PEREIRA, E.S.; THOMÉ, V.M.R. & VALCI, F.V. **Atlas climatológico digital do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis, EPAGRI, 2002. CD ROM.

R Core Team **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/. 2021.

RAIHER, A. P.; OLIVEIRA, R. A. de; CARMO, A. S. S. do; STEGE, A. L. Convergência da Produtividade Agropecuária do Sul do Brasil: uma análise espacial. **Rev. Econ. Sociol. Rural**. Piracicaba-SP. V. 54, p. 517-536. 2016.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; SUZUKI, L.E.A.S.; HORN, R. Mecânica do Solo. In: JONG VAN LIER, Q. **Física do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.29-102, 2010.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: Causas e efeitos. **Semina**, v.26, p.321-344, 2005.

SENÇO, W. de. **Manual de técnicas de pavimentação: volume I**. São Paulo: PINI, 2007.

SILVA, L. da. **Retração do solo e a relação com as propriedades físico-hídricas de Latossolos e Nitossolos do sul do Brasil**. 109p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Universidade de Santa Catarina, Lages, SC, 2019.

SOANE, B.D. The role of organic matter in soil compactability: a review of some practical aspects. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.16, n.1/2, p.179-201, 1990.

STARTSEV, A.D.; McNABB, D.H. Effects of compaction on aeration and morphology of boreal forest soils in Alberta, Canada. **Canadian Journal of Soil Science**, v.89, p.45-56, 2009.

STEPNIEWSKI, W.; HORNN, R. & MARTYNIUK, S. Managing soil biophysical properties for environmental protection. **Agr. Ecossyst. Environ**. 88:175-181, 2002.

SUZUKI, L. E. A. S., REICHERT, J. M., ALBUQUERQUE, J. A., REINERT, D. J., & KAISER, D. R. Dispersion and flocculation of Vertisols, Alfisols and Oxisols in Southern Brazil. **Geoderma Regional**, 5, 64–70.2015.

SUZUKI, L. E. A. S.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Degree of compactness, soil physical properties and yield of soybean in six soils under no-tillage. **Soil Research**, Clayton South, v. 51, n. 4, p. 311-321, 2013.

TORRES, E.; SARAIVA, O.F. **Camadas de impedimento mecânico do solo em sistema agrícolas com soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSoja 1999. 58p. Circular Técnica n. 23.

CAPÍTULO 14

ETAPAS NO PROCESSAMENTO DE IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT E GERAÇÃO DE MAPA DE LOCALIZAÇÃO ATRAVÉS DOS SOFTWARES SPRING E QGIS: ESTUDO DE CASO DO INSTITUTO FEDERAL DE RORAIMA, *CAMPUS* NOVO PARAÍSO

Data de aceite: 01/02/2022
Data de submissão: 27/10/2021

Carlos Henrique Lima de Matos
Professor EBTT do Instituto Federal de Roraima, *Campus* Novo Paraíso
Caracaraí-RR
http://lattes.cnpq.br/1328398138080071

José Frutuoso do Vale Júnior
Professor Titular da Universidade Federal de Roraima, *Campus* Cauamé
Boa Vista-RR
http://lattes.cnpq.br/3469234866298985

Ana Caroline dos Santos Nunes
Técnica Operacional II do Centro de Geotecnologia, Cartografia e Planejamento Territorial de Roraima-CGPTERR
Boa Vista-RR
http://lattes.cnpq.br/2478030587553775

Osvaldo Campelo de Mello Vasconcelos
Professor EBTT do Instituto Federal do Amapá, *Campus* Porto Grande
Porto Grande-AP
http://lattes.cnpq.br/0424007351533818

Ana Karyne Pereira Melo
Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Roraima, *Campus* Cauamé
Boa Vista-RR
http://lattes.cnpq.br/0391559976578123

RESUMO: As imagens de satélite e ferramentas de produção de mapas vêm sendo amplamente utilizadas em estudos ambientais por ser uma ferramenta útil na análise rápida e de baixo custo. Há uma série de imagens de satélite gratuitas disponíveis em diferentes órgãos, entretanto o seu processamento é necessário buscando maior qualidade. Além disso, o uso de softwares de SIG gratuitos auxiliam na geração dos mapas e ampliam o número de pesquisadores interessados nesta área, visto a acessibilidade do programa. Neste sentido, objetivou-se, com este trabalho, estabelecer as etapas para o processamento de imagens Landsat e produção de mapas de localização com os softwares SPRING e QGis. O estudo de caso foi realizado com a área do Instituto Federal de Roraima, *Campus* Novo Paraíso, localizado no km 512 da BR-174, Caracaraí-RR. Foram cumpridas três etapas neste trabalho: i) Obtenção de imagens de satélite Landsat ; ii) Processamento de imagens do satélite; iii) Preparação do mapa de localização. A primeira fase foi realizada utilizando imagens do site U.S. Geological Survey da área de interesse. Na segunda fase, foram realizadas as correções atmosféricas das imagens, geração de imagem de reflectância, a composição das imagens RGB e fusão com a banda 8 Oli através do software SPRING. Na terceira fase, ocorreu a produção do mapa de localização, com a inserção da imagem processada, título, legenda, escala, grades e molduras. Constatou-se que o processamento de imagens no SPRING é importante para o aumento da resolução de imagens do Landsat, que possuem pixel de 30 x 30 m, além de realizar

correções e fusões de bandas que melhoram a nitidez da feição de interesse. A utilização dessas imagens por softwares de SIG como o QGis, livre e gratuito, permitem ao pesquisador elaborar diferentes mapas, que auxiliam em investigações realizadas na área de interesse, caso dos mapas de localização alvos deste estudo.
PALAVRAS-CHAVE: Estudos ambientais, Resolução de imagens, Softwares de SIG.

STEPS IN LANDSAT SATELLITE IMAGE PROCESSING AND LOCATION MAP GENERATION THROUGH SPRING AND QGIS SOFTWARE: CASE STUDY OF THE FEDERAL INSTITUTE OF RORAIMA, CAMPUS NOVO PARAÍSO

ABSTRACT: Satellite images and map production tools have been widely used in environmental studies as they are a useful tool for quick and low-cost analysis. There are several free satellite images available in different agencies, however their processing is necessary for higher quality. In addition, the use of free GIS software helps in the generation of maps and increases the number of researchers interested in this area, given the program's accessibility. In this sense, the objective of this work was to establish the steps for the processing of Landsat images and production of location maps with SPRING and QGis software. The case study was carried out in the Federal Institute of Roraima, *Campus* Novo Paraíso, located at km 512 of BR-174, Caracaraí-RR. Three steps were completed in this work: i) Obtaining Landsat satellite images; ii) Satellite image processing; iii) Preparation of the location map. The first phase was carried out using images from the U.S. Geological Survey site of the area of interest. In the second phase, atmospheric corrections of the images, reflectance image generation, RGB image composition and fusion with the 8 Oli band were carried out using the SPRING software. In the third phase, the location map was produced, with the insertion of the processed image, title, caption, scale, grids, and frames. It was found that image processing in SPRING is important to increase the resolution of Landsat images, which have a pixel of 30 x 30 m, in addition to performing corrections and band fusions that improve the sharpness of the feature of interest. The use of these images by GIS software such as QGis, free and free, allows the researcher to draw up different maps, which help in investigations carried out in interest, such as the location maps targeted in this study.
KEYWORDS: Environmental studies, Image resolution, GIS Software.

1 I INTRODUÇÃO

Compreende-se Sensoriamento Remoto como a ciência que obtêm informações sobre um objeto, área ou fenômeno através da análise dos dados adquiridos por um dispositivo que não está em contato direto com o meio investigado (MENESES; ALMEIDA, 2012). Ela permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície (BATISTA; DIAS, 2005).

Com o crescimento dos estudos realizados com o sensoriamento remoto orbital, surgiu uma vasta possibilidade de sensores voltados aos estudos de recursos naturais terrestres, destacando-se, entre eles, os do projeto Landsat. Soares (2015) afirma que o

sensoriamento remoto é abastecido, quase exclusivamente, por imagens obtidas por meio da tecnologia dos satélites orbitais. Essas imagens devem ser adquiridas, processadas e, então, retiradas suas informações representadas através de mapas, por exemplo.

O que tem colaborado para fortalecer a expansão deste tipo de tecnologia é a qualidade dos produtos disponibilizados gratuitamente aos usuários de todo mundo. Somente no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) é possível listar dez diferentes satélites com imagens de acesso gratuito. Outra grande fonte de aquisição de imagens gratuitas de sensoriamento remoto é a página do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) (MENESES; ALMEIDA, 2012). Das imagens disponibilizadas gratuitamente, destacam-se os dados do sensor TM do satélite Landsat-5 a Landsat-8, devido ao longo tempo de atividade e qualidade de suas imagens, e o satélite CBERS-2B, que inovou com uma câmera de alta resolução espacial, sendo um projeto brasileiro em parceria com a China (SOARES, 2015).

Os sensores orbitais que se utilizam da radiação da luz solar, conhecidos como sensores passivos, estão sujeitos a condições atmosféricas, como: nuvens, gases atmosféricos etc. (CHAVEZ, 1996). Por estarem sujeitos a tais condições, existem algumas etapas de processamento digital que podem ser realizadas para melhorar o aspecto visual das imagens. Esta ação, conhecida como processamento de imagem, consiste em realizar transformações através de métodos específicos a fim de extrair a informação nela presente (SILVA; ANDRADE, 2013).

Dentre as técnicas de processamento de imagens, destaca-se a correção geométrica e atmosférica, conhecidos como pré-processamento de dados de satélite (CHAVEZ, 1996). A função desta etapa é aprimorar a qualidade da imagem para os procedimentos posteriores (BATISTA; DIAS, 2005). As técnicas de correção atmosférica podem ser divididas em métodos de campo e físicos. O método de campo utiliza informações da própria imagem para corrigi-la, como ocorre no método de correção radiométrica. Para o método físico, são necessários dados ópticos da atmosfera e do processo de interação radiação-atmosfera-superfície (SILVA; ANDRADE, 2013).

Com as imagens processadas, é possível realizar o mapeamento de uma determinada área utilizando-as em um software de SIG. Na construção desses mapas, além das imagens, recomenda-se o uso de cinco elementos básicos: título, escala, legenda, referencial cartográfico e geodésico (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Neste sentido, objetivou-se, através deste trabalho, realizar o passo a passo da obtenção de imagens de satélite, do seu processamento e da construção do mapa de localização do Instituto Federal de Roraima, *Campus* Novo Paraíso através dos softwares SPRING e QGis.

2 | OBTENÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE

Os sistemas da série Landsat, Cbers e Spot se enquadram nos satélites orbitais. Estes satélites possuem as seguintes características (FITZ, 2008):

i) Órbitas circulares, garantindo resolução e escala iguais a qualquer imagem da superfície analisada.

ii) Órbitas que permitam a visada periódica das faixas de observação;

iii) Órbitas heliossíncronas, que garantem as condições de iluminação durante a obtenção de imagens;

iv) Órbitas adequadas a um horário padrão para as informações desejadas.

Existem diversos sites de onde se podem obter essas imagens de satélite como, por exemplo, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o NASA Earthdata Search e o Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Este último foi utilizado na obtenção das imagens que foram utilizadas neste trabalho.

2.1 Aquisição do shapefile do instituto federal de roraima – *campus* novo paraíso

A determinação dos limites do Instituto Federal de Roraima, *Campus* Novo Paraíso, foi obtida através do documento de posse da instituição que informa as coordenadas limite e os azimutes. Através disso, utilizou-se o Google Earth Pro para a criação do polígono da área de estudo (Apêndice 1). O arquivo foi exportado em extensão .kml para ser utilizado em site de busca de imagens de satélite.

2.2 Aquisição das imagens de satélite através do USGS

Para a obtenção das imagens de satélite do perímetro do Instituto Federal de Roraima – *Campus* Novo Paraíso, foi utilizado o site do USGS (https://earthexplorer.usgs.gov). O site requer registro com informações pessoais e profissionais para autorização do download de arquivos.

No site, clique em “Search Criteria > KML/ShapeFile Upload” e selecione o arquivo salvo anteriormente (Apêndice 2A). Em “Data Range”, selecione o período de imagens a serem obtidas (01/01/2020 a 31/12/2020 neste trabalho) e clique em “Data Set”. Nesta aba, selecione o satélite do qual deseja adquirir as imagens (Landsat > Landsat Collection 2 – Level 1 > Landsat 8) e clique em “Results” (Apêndice 2B). Escolha a imagem com menor interferência disponível dentro do período analisado e faça o download das bandas de interesse (Apêndice 2C).

3 | PROCESSAMENTO DE IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT

As técnicas voltadas para a análise de dados multidimensionais adquiridos por diversos tipos de sensores recebem o nome de processamento digital de imagens, ou seja,

é a manipulação de uma imagem por computador de modo onde a entrada e a saída do processo são imagens (FITZ, 2008). Utiliza-se dessas técnicas para melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista humano e para fornecer outros subsídios para a sua interpretação, inclusive gerando produtos que possam ser posteriormente submetidos a outros processamentos (MENESES; ALMEIDA, 2012).

As técnicas de processamento digital de imagens além de permitirem analisar uma cena nas várias regiões do espectro eletromagnético, possibilitam a integração de vários tipos de dados devidamente georreferenciados. Esse procedimento pode ser realizado no software SPRING, de autoria do INPE. A composição das imagens RGB e a fusão com a banda 8 foram realizadas no QGis. Estas etapas serão apresentadas detalhadamente neste tópico.

3.1 Criação de banco de dados e importação de imagens

O primeiro passo para realizar o processamento das imagens é criar o banco de dados no SPRING e importar as bandas da imagem de interesse. Para isso, clique em "Banco de dados", crie um diretório e ative o banco criado. Após isso, vá em "Arquivo > Importar > Importar dados vetoriais e matriciais". Na janela de importação, clique na aba "Saída" e preencha com o nome do projeto (ProjetoGeo neste trabalho), escolha a categoria "CAT_Imagem" e clique em "Executar" (Apêndice 3A). Aguarde até a importação ser finalizada e feche a janela. Clique em "Painel de controle" para ter acesso às bandas importadas (Apêndice 3B).

3.2 Correção atmosférica de imagens

A atmosfera pode afetar a natureza das imagens de sensoriamento remoto de várias maneiras. Portanto os processos de correções atmosféricas são considerados essenciais para o processamento de imagens orbitais, pois busca minimizar a influência dos fatores que compõem a atmosfera terrestre melhorando a qualidade das informações contidas nas imagens. A correção atmosférica é uma etapa importante para os processamentos destinados a aplicações que requerem dados que possam ser comparados em um processo de análise temporal sobre os objetos imageados (FITZ, 2008).

Para a realização da correção atmosférica das imagens adquiridas para este trabalho, utilizou-se o método proposto por Chavez (1988) – vide planilha de cálculo – e a publicação de Roy et al. (2014) contendo as correlações de comprimento de onda do Landsat 7 e Landsat 8.

O primeiro passo é salvar os histogramas contendo a distribuição dos níveis de cinza de cada banda. Para isso, carregue a banda no SPRING e acesse "Imagem > Contraste > Executar > Histograma" (Apêndice 4C). Após carregamento, salve as informações em .txt. Este arquivo será utilizado na próxima etapa.

Na planilha, abra a aba "Frequência", informe a banda da imagem de trabalho

(importante verificar a correlação entre os comprimentos de onda das bandas do Landsat 7 e Landsat 8 em Roy et al. (2014)) e importe os valores do histograma previamente salvos em arquivo .txt (Apêndice 4C). Esta aba calculará o "Crescimento Máximo" e o "Número digital inicial". Na aba "Parâmetros" (Apêndice 4A), entre com informações do tipo de sensor, data da imagem e ângulo de elevação solar. Por fim, na aba "Correção atmosférica" (Apêndice 4B), avalie o "Coeficiente de espalhamento" para verificar se é necessária correção atmosférica. Para todas as bandas deste trabalho este valor foi de -4, o que torna as bandas classificadas como "Muito limpas". No entanto, foi realizada a correção para fins de aprendizado.

Para a realização da correção, utiliza-se o SPRING. Clique em "Imagem > Operações aritméticas" e, em operação, selecione "C=Ganho*A+Offset". Entre com os valores de A (banda corrigida), Offset (valor contido na planilha, aba "Correção atmosférica"), Saída C (entre com o nome do arquivo corrigido), tipo de saída (16 bits sem sinal) e clique em executar (Apêndice 4D).

3.3 Geração de imagem de reflectância

Nesta etapa, para cada banda, gera-se uma imagem de reflectância a partir dos dados de radiância. Primeiro, crie a categoria imagem através de "Modelo de dados > Categorias > Cat_Imagem" e execute. O próximo passo é clicar em "Análise > Legal > Radiométrica" cujo abrirá o script que deve ser modificado. A partir daí, inclui-se informações do satélite de onde foram retiradas as imagens e OLI (elevação do Sol, Lmáx e Lmín etc.). Após todas as modificações, execute o script que gera a imagem de reflectância (Apêndice 5). Este procedimento deve ser realizado para todas as bandas de trabalho (2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8).

Todas as imagens que passaram pelos procedimentos anteriores foram salvas e exportadas para utilização no QGis, onde foi realizada a composição RGB e fusão com a banda 8 OLI (píxel de 15x15 m). A comparação entre as imagens obtidas no site da USGS e as imagens processadas no SPRING estão apresentadas no Apêndice 6.

3.4 Composição das imagens RGB e fusão com a banda 8 OLI

Esta etapa foi realizada com o QGis, software livre com código-fonte aberto, multiplataforma de SIG que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados. Semelhante a outros softwares GIS, o QGis permite ao usuário criar mapas com várias camadas usando diferentes projeções de mapa.

O primeiro passo para realizar esta etapa é instalar o plug-in "Semi-automatic Classification" em "Complementos > Gerenciar e instalar complementos". Após isso, acesse "SCP > Preprocessing > Landsat". Neste momento, serão realizadas duas etapas: a fusão das bandas 2, 3 e 4 com a banda 8 OLI e a composição das bandas de interesse.

Para realizar a fusão, selecione o diretório das imagens processadas no SPRING e,

após o upload, clique nas opções “Perform pansharpenning”, “Creat Band set and use Band set tools” e “Add Band in a new Band set” e selecione “Run” (Apêndice 7A). Após alguns minutos, o programa fará a fusão de interesse, melhorando a resolução das bandas 2, 3 e 4 de 30x30 m para 15x15 m através de imagens Pan.

Feito isso, pode-se realizar a composição de interesse pelo mesmo plug-in. Como o intuito é a produção de um mapa de localização, o interesse é na imagem mais próxima do real, que pode ser obtida compondo as bandas 2, 3 e 4 processadas. Clique em “SCP > Band set” e adicione as bandas de interesse ao “Band set definition” obedecendo a seguinte ordem: banda 4 (R), banda 3 (G) e banda 2 (B). Informe, então, o satélite de trabalho (Landsat 8 OLI) e selecione “Create raster of band set” para criar a composição desejada. Por fim, clique em “Run” (Apêndice 7B).

Para efeito de comparação, foi realizada a composição das bandas 2, 3 e 4 sem a fusão com a banda 8 (resolução 30 x 30 m) e com a fusão com a banda 8 (resolução 15 x 15 m). Os recortes de parte das duas imagens estão apresentados no Apêndice 7C.

3.5 Vetorização da imagem

A vetorização é a criação de camadas contendo dados alfanuméricos que representam feições relevantes na imagem. Ela pode ser realizada através de pontos (localização), linhas (estradas, rios, etc.) ou polígonos (perímetros de propriedades, limites de um município) (FITZ, 2008). Através da vetorização é possível calcular dimensões e determinar limites em uma imagem, além de locar pontos importantes para o autor. Neste trabalho, foram vetorizados a localização da sede do Instituto Federal de Roraima – *Campus* Novo Paraíso, o perímetro da propriedade da instituição e as principais vias que circundam o local.

Para cada um dos vetores, foi criado um ShapeFile através de “Nova camada ShapeFile”. Com a janela aberta, adicione o nome do arquivo, tipo de geometria (ponto, linha ou polígono), o Datum da imagem, lista de campos e outras informações. Após a criação da camada, selecione “editar” e inicie a vetorização do item de interesse marcando os pontos na imagem. Após a finalização do procedimento, é possível editar a simbologia, cor dos pontos e linhas, espessura, rótulo, dentre outras opções através de “Propriedades da camada”. Estas etapas estão apresentadas no Apêndice 8.

4 I PREPARAÇÃO DO MAPA DE LOCALIZAÇÃO

Neste tópico, expor-se-á os principais recursos do compositor de impressão, onde se construirá o mapa base que será utilizado no layout para impressão. Para iniciar o passo a passo de preparação do mapa para impressão, acesse o menu “Projeto > Novo layout de Impressão”.

Na janela que será aberta, informe o título do seu layout (compositor de impressão).

Neste caso, o nome poderá ser escrito com espaços e acentos. A janela do Compositor será aberta. A área em branco representa o papel que será utilizado para a impressão. Todos os elementos que forem adicionados ao compositor (legenda, escala, imagem etc.) estão visíveis no painel Propriedades do Item.

4.1 Configuração do formato da folha e inserção do mapa no layout

Para realizar a alteração do formato do papel , clique sobre o papel e selecione "Propriedades da Página" (Apêndice 9A). A aba "Propriedades do Item" contém todas as informações da página, como tamanho, orientação, largura etc.

Para a inserção do mapa no Layout, acesse o ícone "Adicionar um novo Mapa ao compositor" (Apêndice 9B). É necessário deixar espaço para o título, informações nas laterais, moldura etc. Arraste o cursor do mouse para adicionar o mapa.

4.2 Inserir escala, adicionar grades e coordenadas

A escala que será adicionada não necessita ser igual, visto que vai depender de como o usuário adiciona o mapa ao layout. Neste trabalho, foi incluída uma escala de 1:50000. Marque as duas alternativas "Travar camadas" e "Travar estilo para as camadas" (Figura 10A). Essas duas opções possibilitam o travamento do projeto para evitar que modificações nas camadas na janela do QGis interfiram no Layout do mapa sem autorização do usuário.

Selecione, então, a opção "Grades" e clique sobre o ícone em formato de adição (+) para adicionar uma nova grade ao projeto. Selecione a grade que foi adicionada e, em seguida, "Modificar grade" para selecionar o intervalo de interesse (Apêndice 10B). Vale ressaltar que o intervalo deve ser o mesmo para x e y.

Para adicionar coordenadas, marque a opção "Desenhar coordenadas". Neste trabalho, alterou-se "Esquerda > Vertical ascendente" e "Direita > Vertical ascendente". Logo abaixo, insira 0 na precisão das coordenadas (Apêndice 10C). Todas as informações do mapa estão em Arial, tamanho 10.

4.3 Inserir caixa de texto e título do mapa

Para adicionar a caixa de texto, clique na ferramenta "Adicionar um novo Rótulo ao compositor" (Apêndice 11A). As informações adicionadas foram:

Elaborado em 09/06/2021
Projeção UTM Datum SIRGAS 2000 FUSO 22N
Base cartográfica Landsat 8 2020 e IBGE 2017
Responsável técnico: Carlos Matos

Na aba "Aparência", selecione "Fonte" caso opte por fazer alguma alteração. Para este trabalho, alterou-se a fonte para Arial, tamanho 12. O alinhamento horizontal foi Centro e o vertical, Meio. Para adicionar uma moldura nas informações, marque a opção "Moldura".

Para adicionar o título ao projeto, clique em “Adicionar um novo Rótulo ao compositor”. O título escolhido foi “LOCALIZAÇÃO DO INSTITUTO FEDERAL DE RORAIMA - *CAMPUS* NOVO PARAÍSO” (Apêndice 11B). Alterou-se a fonte para Arial, tamanho 18 e alinhamento horizontal e vertical para Centro e Meio, respectivamente.

4.4 Adicionar legenda e inserir escala

Para adicionar a legenda do mapa, selecione “Adicionar uma nova Legenda ao compositor” (Figura 12A). Com o cursor do mouse, adicione a legenda ao lado direito do mapa. Para alterá-la, desmarque a opção “Atualização automática” e modifique a Fonte do Grupo, Fonte do subgrupo e Fonte do item para Arial, tamanho 12. Inclua os limites da legenda através da opção “Moldura”.

Para adicionar a escala selecione o ícone “Adicionar um novo Barra de Escala ao compositor” (Figura 12B). Clique em um local de sua preferência para inserir a escala. Na janela que será aberta selecione “Ok”. Em “Propriedades Principais > Estilo” estão dispostos outros tipos de escalas, por exemplo numérica, com linhas tracejadas etc. Optou-se por Caixa simples neste trabalho.

4.5 Adicionar símbolos e moldura do mapa

Acesse a opção “Adicionar uma nova Imagem ao compositor”. Com o cursor do mouse, indique o local em que deseja adicionar a imagem em “Propriedades principais > Fonte da imagem”. Para este trabalho, a imagem foi encontrada em local externo (Apêndice 13A).

Para adicionar o Norte, clique novamente em “Adicionar uma nova Imagem ao compositor” e em “Imagem SVG do diretório”. Selecione “Procurar diretórios” e, em seguida, selecione o símbolo de sua preferência (Apêndice 13A).

Para adicionar a moldura do mapa, clique em “Adicionar retângulo” e acrescente o polígono em volta do mapa. Em “Propriedades do Item”, clique em “Estilo > Preenchimento simples”. O “Estilo do Preenchimento” foi “Sem pincel” (Apêndice 13B).

4.6 Adicionar mini mapa de localização

Para adicionar o mini mapa de localização, clique no ícone “Adicionar um novo Mapa ao compositor”. Neste caso, alterou-se a escala para 1:9000000.

Na aba “Rótulos” (Apêndice 14A), acesse “Fonte” e realize a alteração para Arial, tamanho 8. Em seguida, acesse a opção “Buffer” e marque a opção “Desenhar buffer de texto”. Para finalizar, “Aplicar > Ok”. Na aba “Simbologia” (Apêndice 14B), selecione “Preenchimento simples” para realizar a alteração da cor e clique em “Cor do traço”. O código RGB utilizado neste trabalho foi: R: 58, G: 157, B: 239 e a largura do traço foi 0,15. Em seguida, habilite a função de “Adicionar Moldura”. Ao final desses procedimentos, o minimapa estará formatado no layout (Apêndice 14C).

4.7 Exportando o mapa produzido como imagem ou PDF

Acesse o menu “Esboço”. O usuário poderá exportar o mapa produzido como Imagem, SVG ou PDF (Apêndice 15).

5 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sensoriamento remoto é uma ferramenta de obtenção de informações muito relevante nas diversas áreas da ciência, a se destacar em projetos ambientais. A facilidade na obtenção de informações sobre localização, limites de áreas e rotas de estradas podem ajudar na tomada de decisão do profissional da área.

Constatou-se, neste trabalho, que o processamento de imagens adquiridas de diferentes servidores com o objetivo de realizar a correção atmosférica e transformar a refratância em reflectância são importantes na melhoria da resolução das imagens gratuitas de baixa resolução, caso do Landsat, satélite que tem pixel nas dimensões de 30 x 30 m para a maior parte de suas bandas. Além disso, as diferentes possibilidades de composição de imagem através da fusão de bandas específicas auxiliam na identificação de feições específicas de interesse do profissional.

Há diversos softwares preparados para realizar atividades de sensoriamento remoto. Aqui, foram utilizados o SPRING e o QGis. No primeiro, foi possível realizar o processamento das imagens do satélite Landsat 8, suprimindo fatores de interferência e melhorando a qualidade delas. No segundo, experimentou-se as ferramentas para composição, vetorização e mapeamento. Em ambos os casos, percebeu-se a importância dos softwares de SIG na melhoria da qualidade de imagens de satélite e na elaboração de mapas, tão utilizados nas atividades de pesquisa da área ambiental.

REFERÊNCIAS

BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. **Introdução ao sensoriamento remoto e processamento de imagens. São José dos Campos**. INPE, 2005.

CHAVEZ JR., P. S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectraldata. **Remote Sensing of Environment**, v. 24, 1988.

CHAVEZ, P. S. Image-Based Atmospheric Corrections – Revisited and Improved. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 62, n. 9, 1996.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

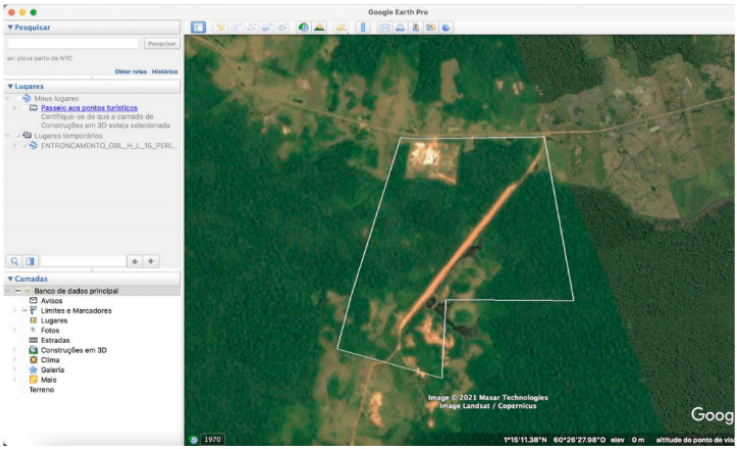
MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de. (org.) **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UNB/CNPq, 2012.

ROY, D. P. et al. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. **Remote Sensing of Environment**, v. 145, 2014.

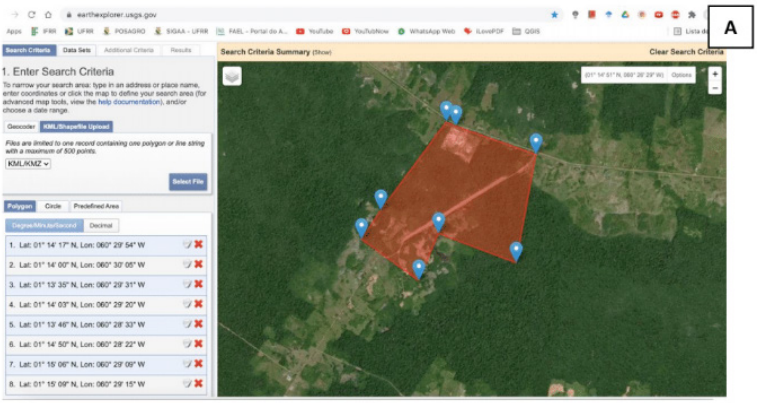
SILVA, M. A. O. da; ANDRADE, A. C. de. **Geração de Imagens de Reflectância no Topo da Atmosfera e na Superfície de um Ponto de Vista Geométrico**, 2013.

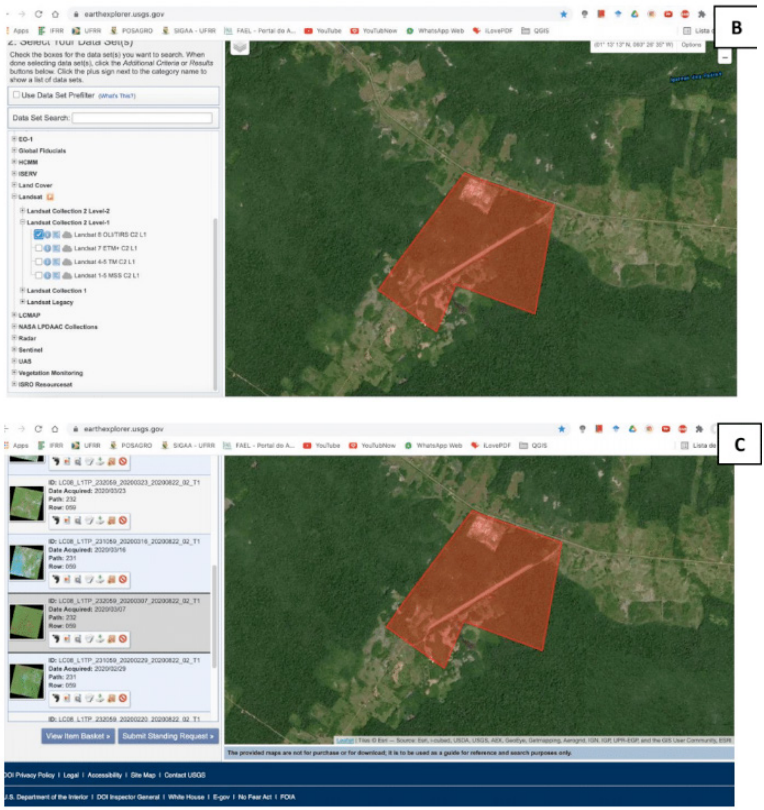
SOARES, F. S. et al. **Análise comparativa da correção atmosférica de imagem do Landsat 8: o uso do 6S e do ATCOR2**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, INPE, João Pessoa-PB, Brasil, v. 25, 2015.

Apêndice 1 – ShapeFile dos limites da área do Instituto Federal de Roraima – Campus Novo Paraíso.

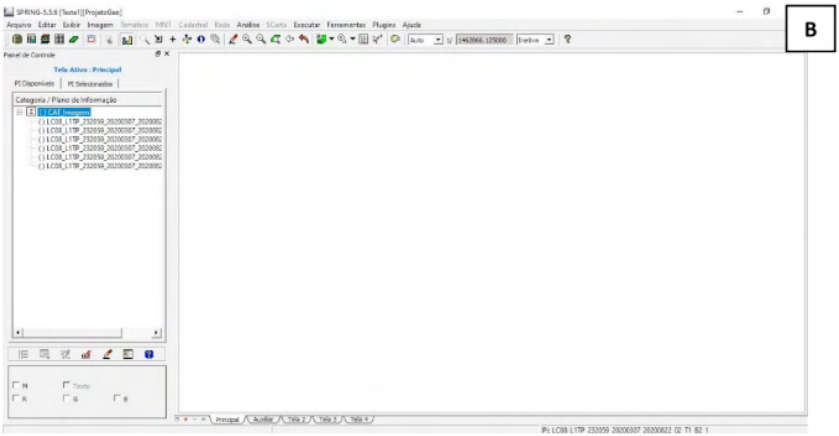


Apêndice 2 - Aquisição das imagens de satélite através do USGS. A: Upload dos limites da instituição (.kml); B: Escolha do satélite; C: Escolha da imagem com menos interferência.

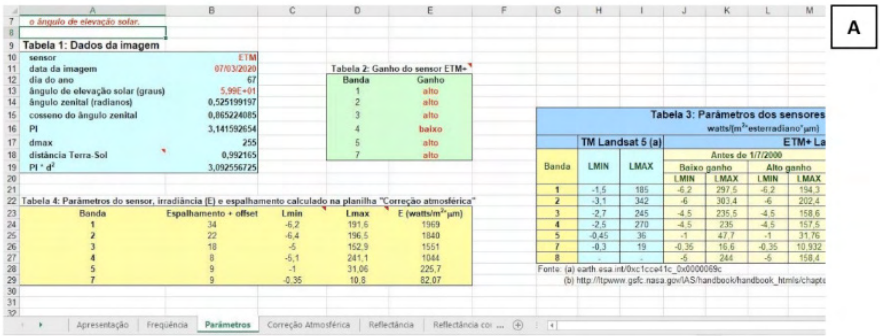


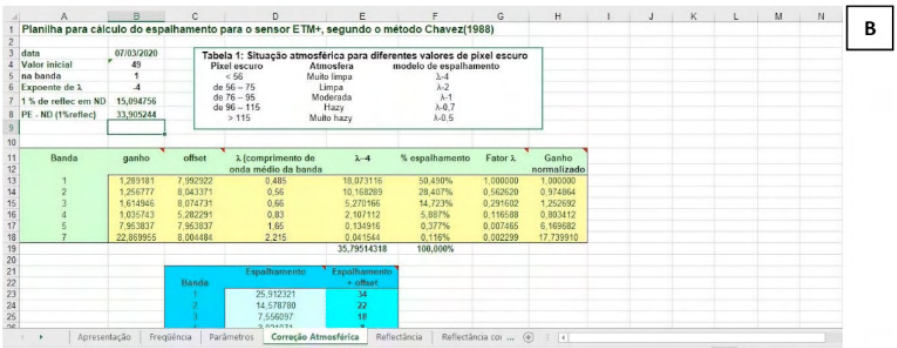


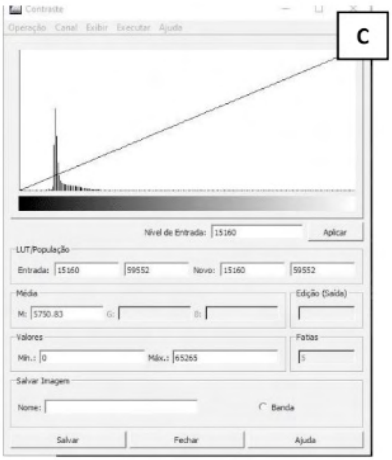
Apêndice 3 – Criação de banco de dados e importação de imagem. A: Procedimento de importação; B: Imagens importadas no painel de controle.

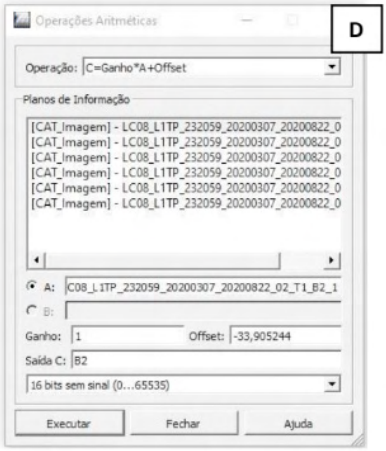


Apêndice 4 – Correção atmosférica de imagens. A: Planilha, aba “Parâmetros”; B: Planilha, aba “Correção atmosférica”; C: Histograma; D: SPRING, aba “Operações aritméticas”.

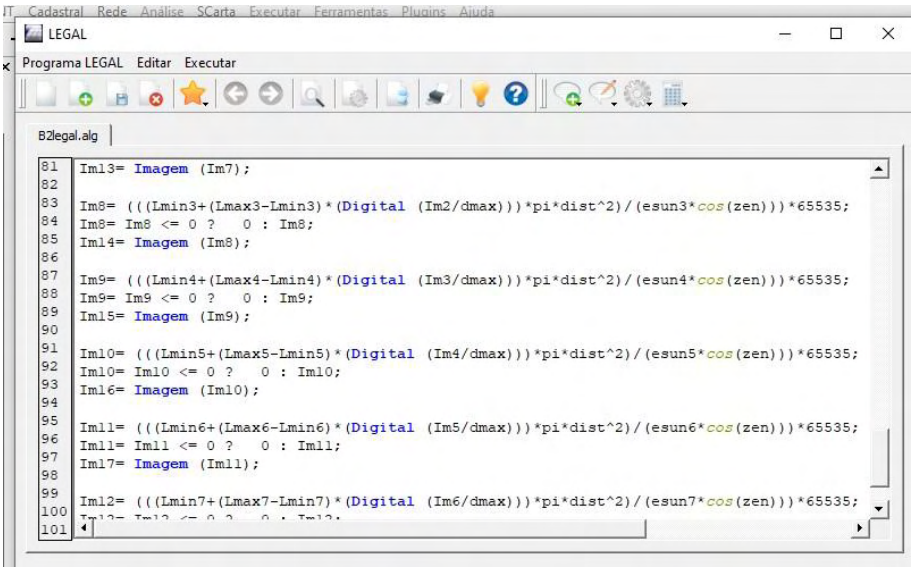




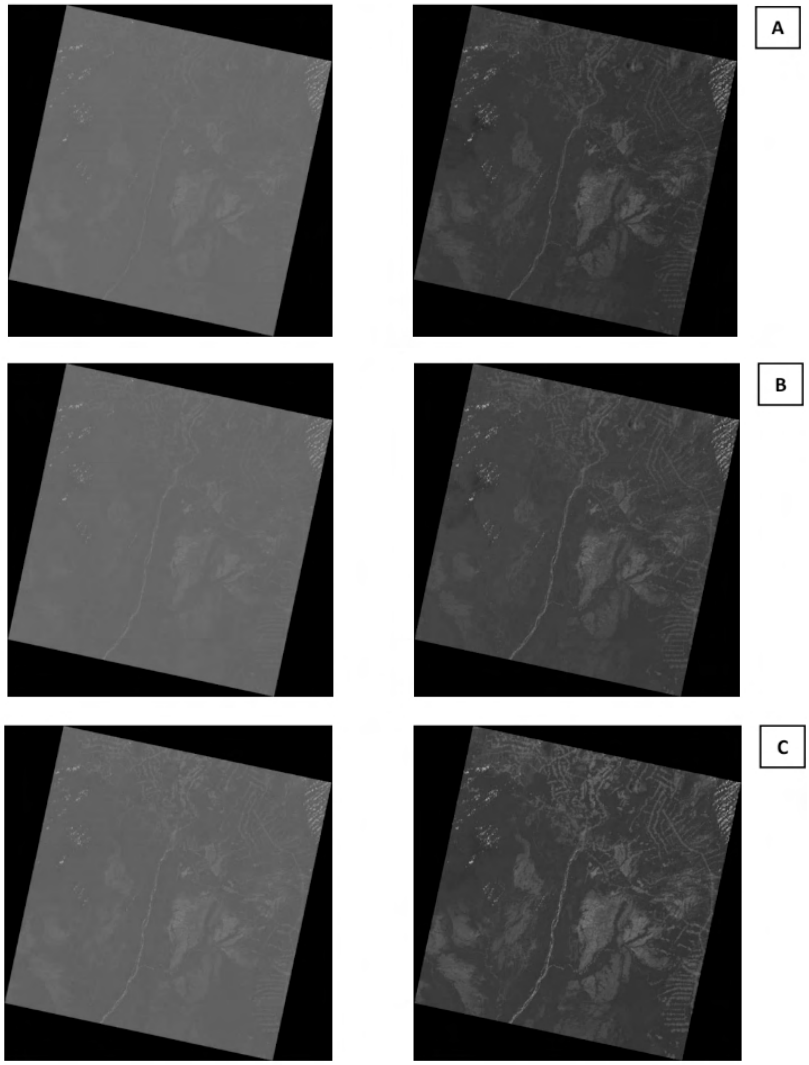




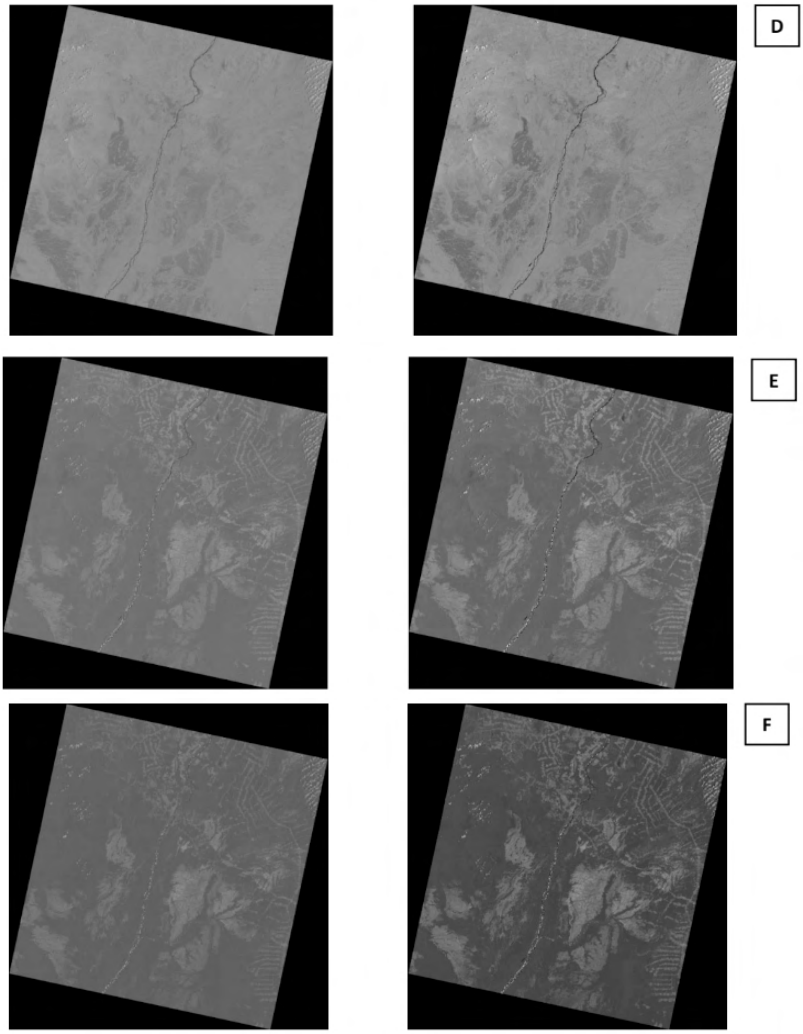
Apêndice 5 – Geração das imagens de reflectância.



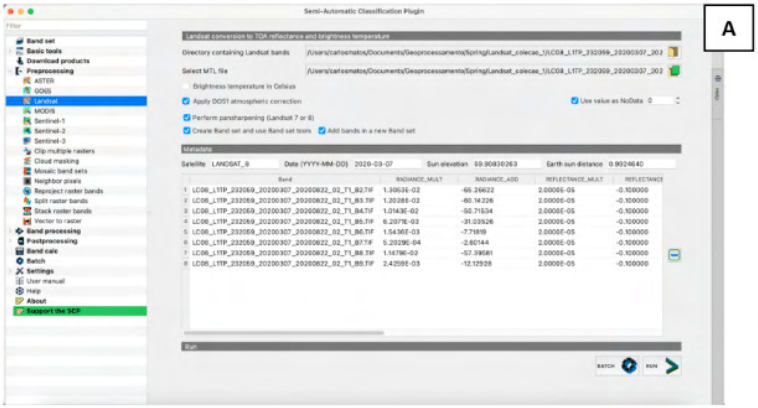
Apêndice 6 – Comparação entre as imagens das bandas 2, 3, 4, 5, 6 e 7 do Landsat 8 obtidas do site da USGS e processadas no SPRING. A: Banda 2; B: Banda 3; C: Banda 4; D: Banda 5; E: Banda 6; F: Banda 7 (PARTE 1 de 2).

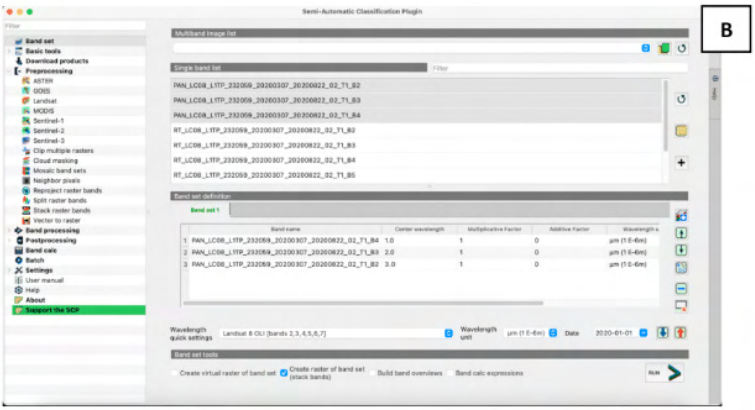


Apêndice 6 – Comparação entre as imagens das bandas 2, 3, 4, 5, 6 e 7 do Landsat 8 obtidas do site da USGS e processadas no SPRING. A: Banda 2; B: Banda 3; C: Banda 4; D: Banda 5; E: Banda 6; F: Banda 7 (PARTE 2 de 2).

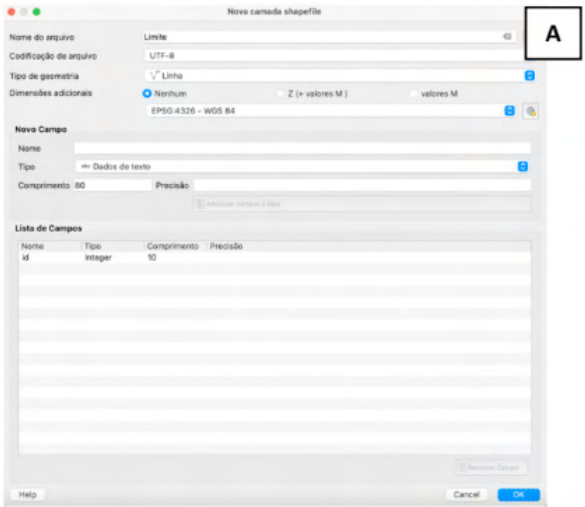


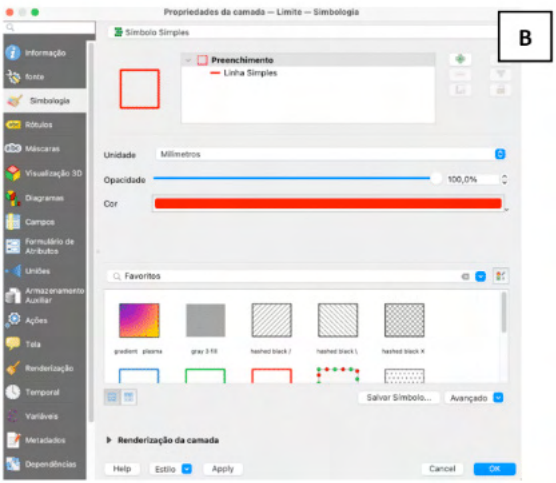
Apêndice 7 - Composição das imagens RGB e fusão com a Banda 8 OLI. A: Fusão das imagens com a banda 8 OLI; B: Composição RGB das bandas 2, 3 e 4 (Pan); C: Comparação entre a composição das bandas 2, 3 e 4 sem a fusão com a banda 8 (30x30 m - a esquerda) e com a fusão com a banda 8 (15x15 m - a direita).



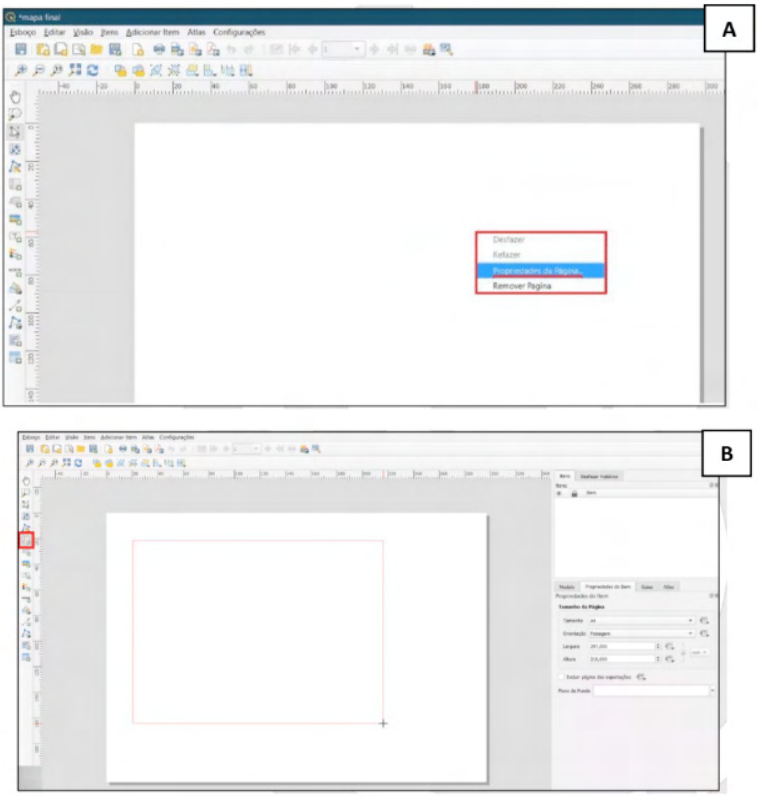


Apêndice 8 – Processo de vetorização de imagem. A: Criação da camada ShapeFile; B: Formatação da camada; C: Comparação entre a imagem não vetorizada (a esquerda) e vetorizada (a direita).

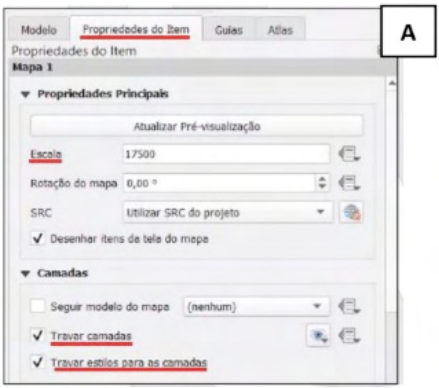


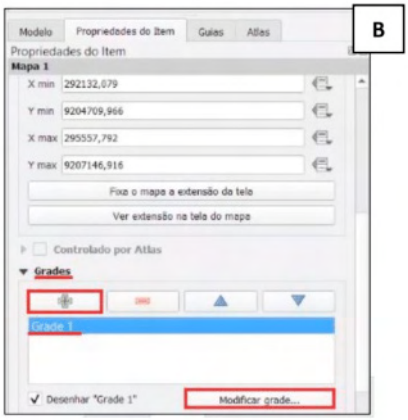


Apêndice 9 - Configuração do formato da folha e inserção do mapa no Layout. A: Propriedades da página; B: Adicionar novo mapa ao compositor.



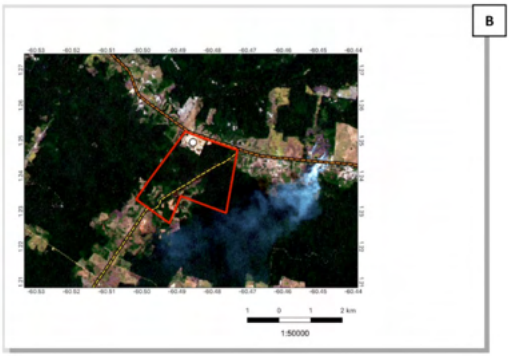
Apêndice 10 – Formatando a escala, adicionando grades e coordenadas. A: Escala; B: Grades; C: Coordenadas.



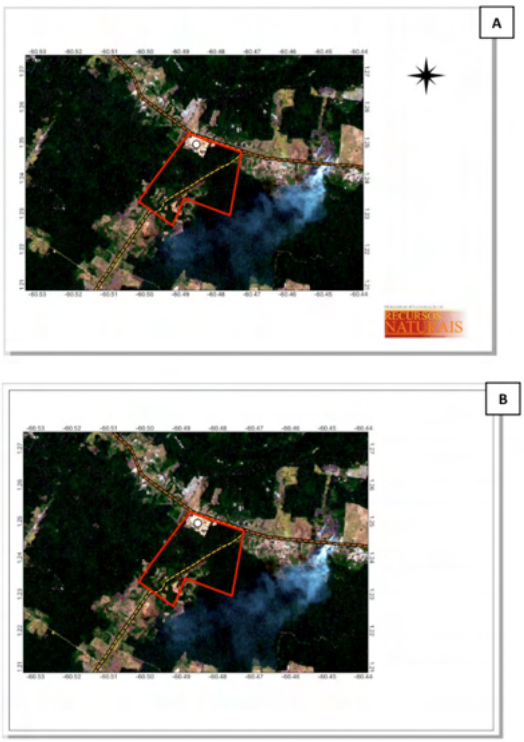


Apêndice 11 - Inserindo caixa de texto e título do mapa. A: Caixa de texto; B: Título do mapa.

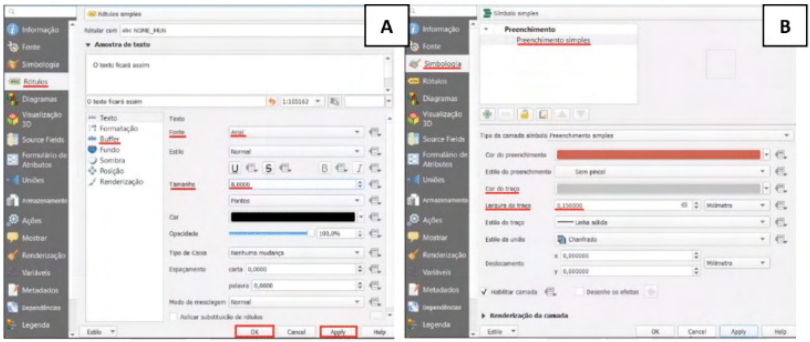
Apêndice 12 – Adicionando legenda e inserindo escala. A: Legenda; B: Escala.

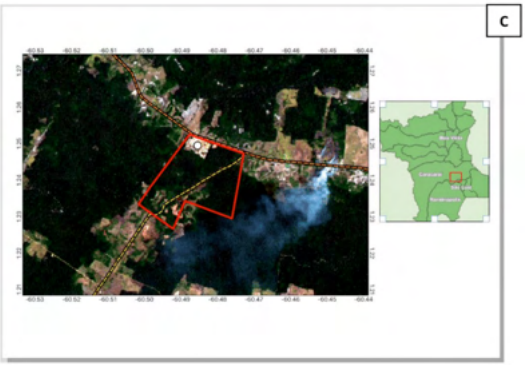


Apêndice 13 – Adicionando símbolos e moldura do mapa. A: Símbolos; B: Moldura do mapa.

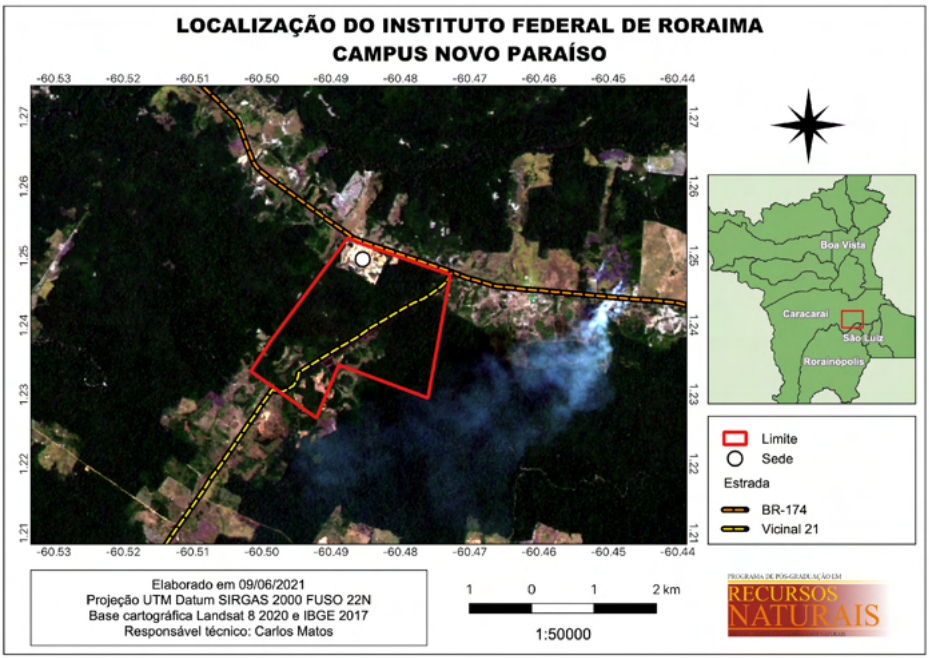


Apêndice 14 – Adicionando minimapa de localização. A: Rótulos; B: Simbologia; C: Minimapa.





Apêndice 15 – Mapa de localização do Instituto Federal de Roraima – Campus Novo Paraíso.



CAPÍTULO 15

MERCADO DE FLORES FRENTE A PANDEMIA DA COVID-19

Data de aceite: 01/02/2022
Data de submissão: 25/01/2022

Marina Pacheco Santos
Universidade Federal do Maranhão (UFMA) – Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA)
Chapadinha- MA
https://orcid.org/0000-0001-7516-0840

Ingred Dagmar Vieira Bezerra
Universidade Federal do Maranhão (UFMA) – Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA)
Chapadinha- MA
http://orcid.org/0000-0001-7345-7296

Vitória Araujo de Sousa
Universidade Federal do Maranhão (UFMA) – Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA)
Chapadinha- MA
http://orcid.org/0000-0002-1348-2657

Mayara de Sousa dos Santos
Universidade Federal do Maranhão (UFMA) – Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA)
Chapadinha- MA
http://orcid.org/0000-0002-8266-303X

Jorge Fernando de Oliveira Rocha
Universidade Federal do Maranhão (UFMA) – Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA)
Chapadinha- MA
https://orcid.org/0000-0001-7547-6650

Brenda Ellen Lima Rodrigues
Universidade Federal do Maranhão (UFMA) – Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA)
Chapadinha- MA
http://orcid.org/0000-0001-7542-3030

Ramón Yuri Ferreira Pereira
Universidade Federal do Maranhão (UFMA) – Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA)
Chapadinha- MA
http://orcid.org/0000-0001-7600-1868

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Universidade Federal do Maranhão (UFMA) – Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA)
Chapadinha- MA
http://orcid.org/0000-0002-8908-2297

RESUMO: A Covid-19 trouxe consigo mudanças de hábitos obrigatórias, em sua maioria, para a população mundial. Com as medidas de distanciamento social sendo uma das principais formas encontradas para a diminuição da circulação do vírus, as pessoas passaram a permanecer mais tempo em suas residências. Para isso, novas práticas e formas de transformar o ambiente foram adotadas para que fosse amenizado os níveis de estresse e ansiedade. Essa nova rotina de hábitos incluiu mais contato com a natureza, dentro da própria residência. O termo *urban jungle* (selva urbana), traduzido em sua forma ampla, os submete ao óbvio: a natureza é trazida para dentro de casa, presente na maioria

dos cômodos. Esse estilo de paisagismo urbano já vem sendo difundido nos grandes centros urbanos, recriando a sensação da própria floresta dentro de casa, fomentando o bem estar. Os produtores têm apostado na venda de espécies florais mais exóticas e coloridas, que chamam atenção e alegram o ambiente que estão inseridas, que no caso, são as casas. Essa campanha a respeito de plantas ornamentais, realizada pela Cooperativa Veiling Holambra, vem no início da estação da primavera, apelando para as propriedades de causar o bem-estar emocional. Os benefícios de nossa eposição direta a natureza são motivos de estudos há décadas e os resultados são sempre positivos. De acordo com um estudo feito pela faculdade Harvard, em mulheres, publicado no *Environmental Health Perspectives*, os casos de mortalidade diminuem em 12% e as mesmas tendem a ter uma vida mais longínqua. Colocar em local de fácil visualização também é um ponto importante, pois na correria do dia a dia acabamos deixando os cuidados de lado, querendo ou não. Ao inserir as plantas em casa, é válido ressaltar que agora elas fazem parte do local e necessitam de atenção tanto quanto outro ser humano.
PALAVRAS CHAVE: Covid-19. Mudança de hábitos. Ambientes. Bem estar. Plantas.

ABSTRACT: Covid-19 brought mandatory changes in habits, for the most part, for the world population. With social distancing measures being one of the main ways found to reduce the circulation of the virus, people began to stay longer in their homes. For this, new practices and ways of transforming the environment were adopted so that stress and anxiety levels were alleviated. This new routine of habits included more contact with nature, inside the house itself. The term urban jungle, translated in its broad form, submits them to the obvious: nature is brought indoors, present in most rooms. This style of urban landscaping has already been disseminated in large urban centers, recreating the feeling of the forest itself inside the house, promoting well-being. Producers have been betting on the sale of more exotic and colorful floral species, which attract attention and brighten the environment in which they are inserted, which in this case are the houses. This campaign about ornamental plants, carried out by Cooperativa Veiling Holambra, comes at the beginning of the spring season, appealing to the properties of causing emotional well-being. The benefits of our direct exposure to nature have been the subject of studies for decades and the results are always positive. According to a study done by Harvard College, in women, published in Environmental Health Perspectives, mortality cases decrease by 12% and they tend to have a longer life. Placing it in an easily visible place is also an important point, because in the rush of everyday life we end up leaving care aside, whether we like it or not. When inserting plants into the home, it is worth noting that they are now part of the place and need attention as much as any other human being.
KEYWORDS: Covid-19. Changing habits. Environments. Welfare. Plants.

1 I INTRODUÇÃO

A Covid-19 trouxe consigo mudanças de hábitos obrigatórias, em sua maioria, para a população mundial. Com as medidas de distanciamento social sendo uma das principais formas encontradas para a diminuição da circulação do vírus, as pessoas passaram a permanecer mais tempo em suas residências. Para isso, novas práticas e formas de

transformar o ambiente foram adotadas para que fosse amenizado os níveis de estresse e ansiedade.

A proximidade com o contato com a natureza é uma constante tendência, na correria diária do meio urbano, além de possuir inúmeros benefícios para a saúde e bem-estar. As soluções encontradas pela população para resgatar o contato com a natureza em suas casas são por meio de hortas e jardins verticais e arranjos compostos por espécies de acordo com a necessidade luminosa de cada cômodo da casa ou apartamento em questão.

Essa nova rotina de hábitos incluiu mais contato com a natureza, dentro da própria residência. O termo *urban jungle* (selva urbana), traduzido em sua forma ampla, os submete ao óbvio: a natureza é trazida para dentro de casa, presente na maioria dos cômodos. Esse estilo de paisagismo urbano já vem sendo difundido nos grandes centros urbanos, recriando a sensação da própria floresta dentro de casa, fomentando o bem estar.

De acordo com o site GrunStudio (2019), é preciso checar se as condições do local condizem com o que a planta precisa. Espaço arejado e com boa luminosidade é imprescindível ao cultivo. Optar por espécies certas, que melhor se adaptam ao clima da residência. Para cada cômodo da casa, existe um espécie mais indicada e ideal.

2 | HISTÓRICO

Citando Archtrends (2019), os grandes motivadores para o surgimento do *urban jungle* são as mudanças na sociedade. Cidades populosas e o grande volume de espaços concretados, sem o contato com a natureza, faz com que surga um movimento e procura por espaços que o contato com a natureza seja maior, continuo e direto. Para que esse convívio não ocorra somente durante o período de férias, a natureza se insere dentro de casa.

Internacionalmente, esse movimento já vem se desenhando há alguns anos, especialmente na Europa, inspirado pelo design biofílico – que visa trazer a natureza para o interior dos espaços de habitação, lazer e trabalho, na busca da integração saudável e do bem-estar em todas as suas dimensões – e começou a emergir com força no Brasil a partir de 2019 (COOPERFLORISTA, 2020).

De acordo com Marília Matoso (2018), criadora do site tabulla, essa nova mania nasceu junto com a geração dita millenial (a partir dos anos 80), na qual demonstram uma preocupação maior com a preservação do meio ambiente, engajamento com as causas ambientais e os resíduos das grandes cidades.

A verdade, é que a geração de nossos pais e avós de certa forma, sempre foram o que são denominados de urbanjunglepersons, pessoas que sempre tiveram e cultivaram plantas em casa. A diferença é que agora, faz parte da rotina e decoração da casa dos centros urbanos e apartamentos, levando a selva verde para a selva de pedra.

Sobre o conteúdo na internet, os pioneiros são os *Urban Jungle Bloggers*, guiada

por Igor Josifovic e Judith de Graaff, desde 2013. A ideia de investir no conteúdo veio pela ausência de informações da convivência diária com plantas, eram somentes informações botânicas sobre as plantas e flores. O blog cresceu e em 2016, lançaram o livro “Urban Jungle”, com informações acessivas de design e cultivo (Marcela Braz, 2020)

Segundo o blog Mackenzie (2020), a tendência surgiu mais fortemente no Brasil em 2017, quando o movimento de arquitetura e paisagismo urbano passaram a incluir plantas na decoração de forma mais acertiva. Conforme o MIP edificações, a urban jungle tem raízes escandinavas e incorpora o conceito de um paisagismo afetivo, que tem como objetivo principal levar felicidade, conforto e melhoria de vida para o morador.

3 I URBAN JUNGLE E MERCADO

De acordo com Seguimentos Sakata (2020), Os produtores têm apostado na venda de espécies florais mais exóticas e coloridas, que chamam atenção e alegram o ambiente que estão inseridas, que no caso, são as casas. Essa campanha a respeito de plantas ornamentais, realizada pela Cooperativa Veiling Holambra, vem no início da estação da primavera, apelando para as propriedades de causar o bem-estar emocional.

Os produtores têm apostado na venda de espécies florais mais exóticas e coloridas, que chamam atenção e alegram o ambiente que estão inseridas, que no caso, são as casas. Essa campanha a respeito de plantas ornamentais, realizada pela Cooperativa Veiling Holambra, vem no início da estação da primavera, apelando para as propriedades de causar o bem-estar emocional.

Um levantamento feito Junqueira (2020), da Cooperflorista, destaca que esse fênomeno do *Urban Jungle* estimulou a indústria dos produtores e fabricantes de isumos, genética e obrigou os comerciantes a praticarem a inovação contíua da prestação de serviços, não se apegando somente ao lançamento de novas variedades e obtenção das mesmas, mas por mudanças nos formatos de condução do crescimento e suporte das plantas, inovação em arranjos e forma de disposição das plantas nos ambientes.

Ainda de acordo com Cooperflorista (2020), as feiras e exposições de plantas e flores ornamentais têm se tornado a vitrine para os lançamentos das inovações florísticas. As empresas do ramo de semente e mudas apresentam ao público consumidor. Podemos citar como exemplo a EXPLOFORA, uma das maiores exposições de flores da América Latina, que ocorre anualmente na cidade de Holambra, Sâo Paulo, próximo a estação da primavera.

O desejo da população e interesse em plantas refletiu em um aumento no comércio varejista de plantas, flores e hotifrutiganjeiros. Dados de arrecadação do Estado de Santa Catarina apontam um aumento de 119% na arrecadação nesse setor, no trimestre de maio a agosto em detrimento ao trimeste anterior (Caravela Soluções, 2020).

Ainda citando Caravela Soluções (2020), esse desemprenho positivo foi o suficiente

para que os prejuízos do início da pandemia fossem sobrepujados, com a queda das vendas de flores. Devido a quarentena e o isolamenteo obrigatório, as atividades de vendas do comércio estavam acumuladas em 10% até maio deste ano e com a reabertura do comércio, as vendas já somam um aumento de 4,3%.

De acordo com Carolina Custódio (2020), esses novos comportamentos e hábitos adquiridos pela população indicam que muitos vieram para se perpetuar, pois há um tempo maior em horas dentro de casa e isso estimulou mudanças sobre o bem estar pessoal e familiar, como o novo movimento citado na revisão literária.

4 I BENEFÍCIOS

Os benefícios de nossa eposição direta a natureza são motivos de estudos há décadas e os resultados são sempre positivos. De acordo com um estudo feito pela faculdade Harvard, em mulheres, publicado no *Environmental Health Perspectives*, os casos de mortalidade diminuem em 12% e as mesmas tendem a ter uma vida mais longínqua. O estudo foi realizado de 2000 a 2008 e foi constatado que em algumas, os níveis de estresse e depressão diminuíram (Augusto Aki, 2019).

Dados dessa pesquisa citaram que, além de obeter um alívio psicológico, ter plantas ao seu redor diminuí a a taxa de mortalidade por doenças respiratórias e tumores. Por isso, conviver próximo a plantas e flores reduz o risco de ter doenças. Os especialistas, ao final, recomendaram a aquisição de plantas e até cultivo de hortas para pessoas que não as possuem em casa, já que foi comprovado cientificamente que melhora a saúde (Augusto Aki, 2019).

Os pesquisadores da Universidade de Rochester, por exemplo, relatam que a exposição direta ao ambiente natural leva as pessoas a terem convivência mais íntimas e harmoniosas com outros seres humanos, valorizarem a comunidade e serem mais generosas com dinheiro. Pesquisadores da Pensilvânia revelaram que pacientes em salas com vista para árvores tiveram u menor tempo de hospitalização, menos comentários negativos nas anotações das enfermeiras e menor necessidade de medicamentos, em detrimento de pacientes com vista para paredes (Mackenzie, 2020).

Cientistas e pesquisadores da universidade de Michigan, constataram através de testes que, o desempenho de memória e tenção aumentam em 20% após 1 hora de interação com a natureza. Em locais de trabalho na qual o projeto arquitetônico e paisagístico tem interação com a natureza, a produção desses funcionários são maiores e passam menos tempo acometidos por alguma doença (Mackenzie, 2020).

5 I ESPÉCIES MAIS CULTIVADAS

De acordo com Marina Rissate (2019), as principais espécies mais cultivadas no movimento *Urban Jungle* são:

- **Plantas pendentes:** Jibóia, Peperômia, Hera e Samambaia;
- **Palmeiras de porte médio:** Chamedoria e Rafis;
- **Para mesas e aparadores:** Samambaia havaiana, Mini Espada de São Jorge e Cacto Mandacaru;
- **Direto no chão:** Lírio da Paz Gigante, Espada de São Jorge e Cacto Mandacaru.

Marcela Braz (2020), cita que as espécies que protagonizam em vendas são: Imbê furado (*Monstera adansonii*), Costela de Adão (*Monstera deliciosa*), Maranta Tricolor (*Ctenanthe oppenheimiana*), Maranta Cascavel (*Calanthea insignis*), Antúrio (*Anthurium*), Guaimbê (*Philodendron bipinnatifidum*), Copo de Leite (*Zantedeschia aethiopica*), Espada-de-São-Jorge (*Dracaena trifasciata*), Samambaia (*nephrolepis pectinata*), entre outras. São espécies de fácil cultivo e manutenção, na qual podem ser inseridas em ambientes internos, que tenha claridade mas sem incidência direta de luz solar.

6 I APLICAÇÕES E CUIDADOS

O principal quesito para suas aplicações são a criatividades, mas deve-se atentar aos detalhes. De acordo com a paisagista Ana Trevisan, tem-se que criar uma composição harmonica do ambiente com as plantas. Cada espécie possui uma particularidade e deve ser cuidada de forma singular, fundamental para que as plantas se desenvolvam bem. É valido lembrar que os cuidados vão além da rega: adubação de manuntenção.

Conforme Casacor (2020), os jardins verticais criam uma atmosfera de ar livre e são recomendados para locais que haja insolação e vento suficiente para a sobrevivencia e bom desenvolvimento das plantas. Em ambientes internos, o uso de vasos e arranjos com diferentes tamanhos são bastante utilizados, pois assim, dá-se um volume para o ambiente, bem como um mix de texturas. São utilizadas principalmente jibóias, zamioculcas, violetas e suculentas.

De acordo com Record (2020), o primeiro passo é saber o posicionamento do Sol no apartamento em questão para saber como ficará a disposicação das plantas. Caso pegue Sol somente na parede, é sugerido um jardim vertical. Há plantas que necessitam de luz direta e outras somente da luminosidade. Como já citado, o cuidado vai além da rega.

Colocar em local de fácil visualização também é um ponto importante, pois na correria do dia a dia acabamos deixando os cuidados de lado, querendo ou não. Ao inserir as plantas em casa, é válido ressaltar que agora elas fazem parte do local e necessitam de atenção tanto quanto outro ser humano. Verificar algum ponto amarelado, perdendo cor, caindo as folhas, tudo isso deve ser apurado.

7 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a pandemia ainda acontecendo, é mais do que necessário que tenha-se um

novo hobbie dentro de casa. A *Urban Jungle* tem se tornado bem mais que um conceito paisagístico: para muitos, um regúfio e uma nova forma de vida. Tão tal, que seus benefícios tornaram-se motivo de estudos em universidades conceituadas mundo a fora.

O aumento das vendas das espécies mais utilizadas para os ambientes internos tem aquecido o mercado de forma positiva, tanto no ambito de produção quanto de vendas. Isso demonstra que o paisagismo urbano é uma vertente do agro que só tende a aumentar e está criando vários nichos mercadológicos, visto que muitas pessoas precisam de acessoria para o cuidado e manutenção das plantas.

REFERÊNCIAS

AKI, A. **O urban jungle vai mudar o mercado de flores e plantas.** Disponível em: <https://www.negocioscomflores.com.br/artigos-gratis/o-urban-jungle-vai-mudar-o-mercado-de-flores-e-plantas/>. Acesso em: 17 dez. 2020.

ARCHTRENDS. **Tendência entre os millenials, urban jungle virou febre e conquistou o mundo todo.** Disponível em: <https://archtrends.com/blog/urban-jungle/>. Acesso em: 15 dez. 2020.

BRAZ, M. Louco das plantas: Conheça expoentes do movimento urban jungle e veja dicas para levar a "selva" para dentro de sua casa. Disponível em: <https://www.uol.com.br/nossa/reportagens-especiais/mania-urban-jungle-loucos-por-plantas-levam-a-selva-para-dentro-do-ape/>. Acesso em: 10 dez. 2020

CARAVELA SOLUÇÕES. "**Urban Jungle", o movimento que deu nova vida ao comércio de plantas!** Disponível em: <https://www.caravela.biz/post/urban-jungle-o-movimento-que-deu-nova-vida-ao-com%C3%A9rcio-de-plantas/>. Acesso em: 01 dez. 2020.

CASACOR. **Onda verde: entenda o que é Urban Jungle.** Disponível em: < http://mipedificacoes.com.br/blog/onda-verde-entenda-o-que-e-o-urban-jungle/>. Acesso em: 09 dez. 2020.

EQUIPE RECORD. **Urban jungle: entenda tudo sobre essa tendência.** Disponível em: <https://recordinc.com.br/urban-jungle-entenda-tudo-sobre-essa-tendencia/>. Acesso em: 09 dez. 2020

JUNQUEIRA, A. H. J. **Flores e Plantas Ornamentais: Modas e Tendências em Lançamento para a Primavera 2020 – Parte I: Begônias**. Disponível em: <https://cooperflorista.com/tag/urban-jungle/>. Acesso em 10 dez. 2020.

MACKENZIE. **Urban Jungle: um estilo de vida dos tempos modernos.** Disponível em: https://blog.mackenzie.br/urban-jungle-um-estilo-de-vida-dos-tempos-modernos/>. Acesso em: 11 dez. 2020.

MATOSO, M. **Urban Jungle: Entenda a mania das plantas no espaço.** Disponível em: < http://tabulla.co/urban-jungle-plantas-no-espaco/>. Acesso em: 10 dez. 2020.

RISSATE, M. **Plantas de mercado: Comece já sua Urban Jungle!.** Disponível em: < https://www.retrobel.com.br/plantas-de-mercado-comece-ja-sua-urban-jungle/>. Acesso em: 16 dez. 2020.

CAPÍTULO 16

QUANTIDADE, ORIGEM E DESTINO DA COMERCIALIZAÇÃO DE FRUTOS DE AÇAI (*Euterpe oleraceae* Mart.)

Data de aceite: 01/02/2022
Data de submissão: 29/11/2021

Layse Barreto de Almeida
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)
Belém - Pará
http://lattes.cnpq.br/8970860796083559

Gabriela Ribeiro Lima
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)
Belém - Pará
http://lattes.cnpq.br/0413054665648862

Antônia Benedita da Silva Bronze
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)
Belém - Pará
http://lattes.cnpq.br/2194653905029618

Gleicilene Brasil de Almeida
Agência de Defesa Agropecuária do Pará (ADEPARÁ)
Belém - Pará
http://lattes.cnpq.br/0125039901485027

Wilson Emílio Saraiva da Silva
Agência de Defesa Agropecuária do Pará (ADEPARÁ)
Belém – Pará
http://lattes.cnpq.br/8404871852653212

Rafael Antônio Haber
Agência de Defesa Agropecuária do Pará (ADEPARÁ)
Belém – Pará
http://lattes.cnpq.br/4718852652816733

Jaqueline Lima da Silva
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)
Belém – Pará
http://lattes.cnpq.br/6865376282821369

Tainara Monteiro Nunes
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)
Belém – Pará
http://lattes.cnpq.br/6751910107432811

Sinara de Nazaré Santana Brito
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
Botucatu – São Paulo
https://orcid.org/0000-0003-2739-3981

Harleson Sidney Almeida Monteiro
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
Botucatu – São Paulo
https://orcid.org/0000-0001-6141-4248

Alef Ferreira Martins
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)
Belém - Pará
http://lattes.cnpq.br/7411945748994420

Tinayra Teyller Alves Costa
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)
Belém - Pará
http://lattes.cnpq.br/7356758954996485

RESUMO: O açaizeiro (*Euterpe oleraceae* Mart.) é uma frutífera pertencente à família Arecaceae

muito disseminada e cultivada na Amazônia brasileira e possui grande importância para a região, principalmente para o Estado do Pará que atualmente é o maior produtor e consumidor de açaí. A cadeia produtiva do açaí vem expandindo gradativamente e, com isso, diversos mecanismos da gestão desta cadeia vêm sendo implantadas, a exemplo da rastreabilidade, os quais são instrumentos que visam a garantia da origem e chegada do produto ao consumidor, permitindo inserir informações geográficas, localização e tempo de deslocamento. Mediante a isso, a Agência de Defesa Agropecuária do Pará (ADEPARÁ) implementou a rastreabilidade do açaí mediante a Guia de Trânsito Vegetal (GTV), através da Portaria nº 2.789/2020. Esse trabalho teve como objetivo analisar a comercialização de frutos de açaí através da Guia de Trânsito Vegetal, contribuindo para a rastreabilidade do fruto no Estado do Pará. Foram coletados dados da GTV, obtidos na base de dados do Sistema de Integração Agropecuária (SIAPEC 3), provenientes da ADEPARÁ referentes aos anos de 2020 e 2021. Quanto à quantidade comercializada de açaí, houve o aumento de 97% de 2020 a 2021. Isto ocorreu devido a regularização, dentro da legislação, dos produtores perante a alta comercialização do fruto. Quanto à origem de frutos comercializados, observa-se que Cametá destacou-se entre os municípios com os maiores números de comercialização, sendo responsável por mais de 50% dentro deste mercado. Em relação ao destino, Castanhal responde pela aquisição de mais de 90.000 toneladas, ou seja, cerca de 50% do destino de todo o Estado. A rastreabilidade busca maior controle e administração da produção, além do controle da qualidade e segurança alimentar. Isso resulta em agregação de valor à cadeia produtiva do açaí, valorizando as regiões fornecedoras e constituindo um produto final de qualidade até o consumidor.
PALAVRAS-CHAVE: *Euterpe oleraceae*, Amazônia, Rastreabilidade, Guia de Trânsito Vegetal, Comercialização.

QUANTITY, ORIGIN AND DESTINATION OF MARKETING AÇAI FRUITS (*Euterpe oleraceae* Mart.)

ABSTRACT: The açaí tree *(Euterpe oleraceae* Mart.) It is a fruit that belongs to the Arecaceae family, widely spread and cultivated in the Brazilian Amazon and has great importance for the region, especially for the State of Pará, which is currently the largest producer and consumer of açaí. The açaí production chain has been gradually expanding and, with that, several mechanisms of the chain of this chain are being implemented, an example of traceability, which are instruments that aim to guarantee the origin and arrival of the product to the consumer, allowing the insertion of geographic information, location and travel time. Through this, the Agricultural Defense Agency of Pará (ADEPARÁ) implemented the traceability of açaí through the Vegetal Transit Guide (GTV), through Ordinance no. 2789 / 2020. This work aimed to analyze the marketing of açaí fruits through of the Vegetal Transit Guide, contributing to the traceability of the fruit in the State of Pará. Data from GTV were collected, obtained from the database of the Agricultural Integration System (SIAPEC 3), from ADEPARÁ for the years 2020 and 2021. There was a 97% increase in the quantity of açaí sold from 2020 to 2021. This is due to the regularization, within the legislation, of producers in the face of high commercialization of the fruit. As for the origin of commercialized fruits, it is observed that Cametá stood out among the municipalities with the highest numbers of commercialization, being responsible for more than 50% within this market. In terms of destination, Castanhal is

responsible for the acquisition of more than 90,000 tons, that is, around 50% of the destination for the entire state. Traceability seeks greater control and management of production, in addition to quality control and food safety. This results in adding value to the açaí production chain, valuing the supplier regions and constituting a quality final product for the consumer.
KEYWORDS: *Euterpe oleraceae*, Amazon, Traceability, Plant Transit Guide, Marketing.

1 | INTRODUÇÃO

A região amazônica apresenta inúmeras espécies frutíferas, dentre elas o açaizeiro, o qual possui potencial agronômico, tecnológico, nutricional e econômico (YUYAMA et al., 2011). O açaizeiro (*Euterpe oleraceae* Mart.) é uma frutífera pertencente à família Arecaceae muito disseminada e cultivada na Amazônia brasileira (YOKOMIZO et al., 2020) e possui grande importância econômica para a fruticultura regional, principalmente para o estado do Pará cuja a produção, comercialização e consumo de polpa movimentam grandes mercados (NEVES et al., 2015), sendo o suco de açaí um produto ícone deste Estado, representando o principal produto extraído da palmeira (SILVESTRE et al., 2016), os quais constituem a base da alimentação da população local (LIMA FILHO et al., 2018).

O açaizeiro possui grande interesse econômico no mercado nacional e internacional (OLIVEIRA et al. 2016), pois os seus frutos têm se popularizado devido as descobertas de suas qualidades nutricionais sendo considerado um alimento funcional devido ao seu potencial antioxidante (RUFINO et al., 2011), além de conter alto teor de fibra alimentar e de antocianinas, compostos bioativos ou funcionais capazes de exercer influência na redução do risco do desenvolvimento de algumas doenças (YUYAMA et al., 2011). Em função desses fatores, a espécie vem se destacando e sua demanda, tem crescido gradativamente e expandido para outros mercados nacionais e atingindo até níveis internacionais (PAGLIARUSSI, 2010; VELOSO et al., 2010), estimulando a mudança do sistema de produção dos açaizais estritamente extrativista para plantios comerciais em grandes áreas em terra firme (LINDOLFO et al., 2020).

Esta produção torna o Brasil o maior produtor, consumidor e exportador de polpa de açaí (MENEZES, 2005), produzindo em 2019 a quantidade de 1.398.328 de toneladas, tendo a região Norte como a responsável por 99,7% destes valores, destacando o Estado do Pará como o epicentro da produção e processamento, o qual apresenta 94,4% do total da produção brasileira (IBGE, 2021).

A cadeia produtiva do açaí vem se expandindo grandemente e, com isso, diversas inovações e iniciativas de infraestrutura e gestão desta cadeia vêm sendo desenvolvidas e implantadas, como por exemplo, a rastreabilidade do açaí. Os sistemas de rastreabilidade possuem o objetivo de garantir a origem e a chegada do produto ao destino final, permitindo inserir informações geográficas, localização e tempo de deslocamento e assim, valorizar as regiões fornecedoras, para que por sua vez, possam melhorar a administração da cadeia produtiva; recolher lotes em caso de incidentes alimentares; atender a requisitos legais e

demandas específicas para comercialização; diferenciar produtos no mercado e aprimorar o controle de qualidade, e como consequência, agregar valor ao produto (CONAB, 2020).

A organização e o fortalecimento da cadeia produtiva do açaí provocou uma grande importância socioeconômica do fruto no desenvolvimento agrícola do Pará, levando a Agência de Defesa Agropecuária do Pará (ADEPARÁ) a implementar a rastreabilidade dos frutos, introduzida pela Guia de Trânsito Vegetal do fruto, através da Portaria nº 2.789/2020, que trata-se de um instrumento que permitirá a rastreabilidade do açaí e regulamentará seu trânsito interno, ou seja, identificar o produto da origem ao destino, visualizando onde foi produzido, as tecnologias empregadas nos tratos culturais, questões sociais e ambientais envolvidas (ADEPARÁ, 2020).

Desta forma, objetiva-se com esse trabalho analisar a comercialização de frutos de açaí através da Guia de Trânsito vegetal, contribuindo para a rastreabilidade do açaí no Estado do Pará.

2 | METODOLOGIA

Obtenção dos dados secundários

A construção metodológica deste trabalho utilizou-se da pesquisa documental como instrumento para coleta de dados e foi baseada nos dados da Guia de Trânsito vegetal (GTV), obtidos na base de dados do Sistema de Integração Agropecuária (SIAPEC 3), provenientes da Agência de Defesa Agropecuária do Pará (ADEPARÁ) referentes aos anos de 2020 e 2021. Para isso, foi necessário, durante os referidos anos, o cadastro de todos os produtores de açaí do território paraense. Esse cadastro é de suma importância não apenas para o conhecimento de empresas de beneficiamento e consumidores, sobre a procedência do fruto, como também para o seu transporte, sendo necessária a apresentação pelo produtor ou seu portador, da GTV - juntamente com a nota fiscal - sempre que esta for solicitada em postos de fiscalização da ADEPARÁ. A emissão desta Guia de Trânsito Vegetal pode ser feita pelo produtor na unidade da ADEPARÁ mais próxima de sua localidade ou por meio do SIAPEC 3. Seu registro é feito com base nos cadastros de produtores, efetivos na ADEPARÁ.

Em relação ao acesso aos cadastros, por meio do relatório gerado pelo sistema SIAPEC 3, foi possível ter acesso à relação da quantidade produzida de açaizeiro no Estado do Pará, bem como a sua origem e destino. Esse tipo de pesquisa também teve como um de seus objetivos, a familiarização com um assunto que possui recente atenção e que ainda é pouco explorado - a rastreabilidade do açaí - principalmente ao que se refere aos municípios da região do Estado do Pará.

Análise dos dados

Os dados obtidos foram organizados em um banco de dados em formato de planilha do programa Microsoft Office Excel 2010, onde se aplicou filtro para a cultura do açaí, quantidade, origem e destino para os anos de 2020 e 2021, por meio de onde foi possível os gráficos com os dados. Posteriormente, realizou-se uma estatística descritiva através dos dados obtidos.

3 I RESULTADOS

Verificou-se no gráfico 1 a quantidade comercializada de frutos de açaí, podendo-se perceber que o ano de 2021 foi superior ao ano de 2020, com uma taxa de cerca de 97%. Esse fato é devido a implementação da legislação somado à procura dos produtores para a legalização, realizando os cadastros das propriedades que comercializam açaí. Essa procura por parte dos produtores tem sido justificada principalmente pela alta procura pelo produto, a qual tem se intensificado ao longo dos anos, principalmente pela popularização do fruto e a descoberta de seu potencial nutricional (RUFINO et al., 2011).

Tal fato é confirmado por Tavares et al. (2020) em seus estudos comparando a quantidade de açaizeiro manejado e plantado no Estado do Pará nos anos de 2015 a 2018, sinalizando uma tendência de aumento ao longo dos anos, apresentando (em toneladas) os valores de 1.000.850, 1.080.612, 1.274.056 e 1.439.249, respectivamente. Além disso, os autores observaram, no período indicado, um incremento anual no valor e volume de produtos derivados do açaí comercializados, o que pode indicar a existência de uma tendência de crescimento para os próximos anos. Uma novidade também encontrada na grande comercialização deste produto, refere-se à comercialização destinada ao mercado interestadual de fruto *in natura* no ano de 2018 e na queda de venda da polpa e mix e na tendência de crescimento na venda de açaí em pó, considerando o mercado interno. Já para o mercado externo, o mix teve um grande crescimento, indicando a forma de consumo da polpa de açaí para os estrangeiros.

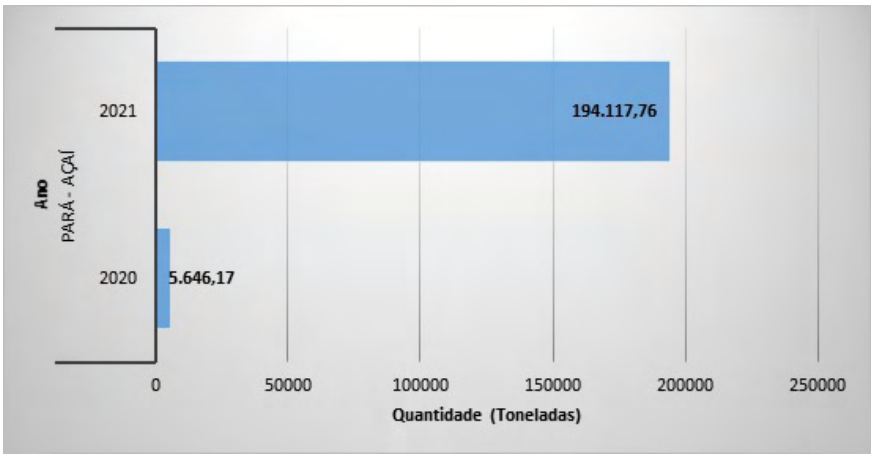


Gráfico 1: Quantidade de frutos de açaí comercializada no Estado do Pará em 2020 e 2021 (toneladas).

Fonte: Os autores, 2021.

Quanto à origem de frutos de açaí comercializados, foi possível observar que Cametá, Igarapé-Miri e Muaná são os três municípios, respectivamente, com os maiores números de comercialização do fruto, ou seja, de onde os frutos se originam para a comercialização (Gráfico 2). Visto que Cametá lidera com mais de 50% da comercialização de açaí nos anos de 2020 e 2021.

Segundo Corrêa (2016), somente a microrregião de Cametá foi responsável por 26% de toda a produção brasileira de açaí em 2014. Esse destaque da região se dá, sobretudo, à dedicação de famílias ribeirinhas locais, que têm o açai como a sua principal ocupação e uma de suas principais fontes de renda.

Embora o município de Cametá lidere o ranking, de acordo com Tavares et al. (2020), o município de Cametá vem apresentando decréscimo da coleta extrativa mediante o crescimento de áreas manejadas. Já o município de Igarapé-Miri, segundo os autores, apresentou um acréscimo na produção de açaí manejada e plantada nos anos de 2017 e 2018, apresentando os valores de 208.000 e 400.000 toneladas, respectivamente. Além disso, Igarapé-Miri, foi considerado o maior produtor de frutos de açaí no Estado do Pará nos anos de 2015 a 2019 (CONAB, 2020).

É importante ressaltar que em relação às comunidades fornecedoras de açaí, a rastreabilidade é de suma importância para um bom funcionamento da cadeia, pois, além de melhorar a sua administração, também é possível - em um caso de muitas rejeições de lotes de uma mesma região - voltar a atenção à necessidade de uma capacitação em boas práticas de coleta e manejo, assim, aprimorando sua qualidade comercial.

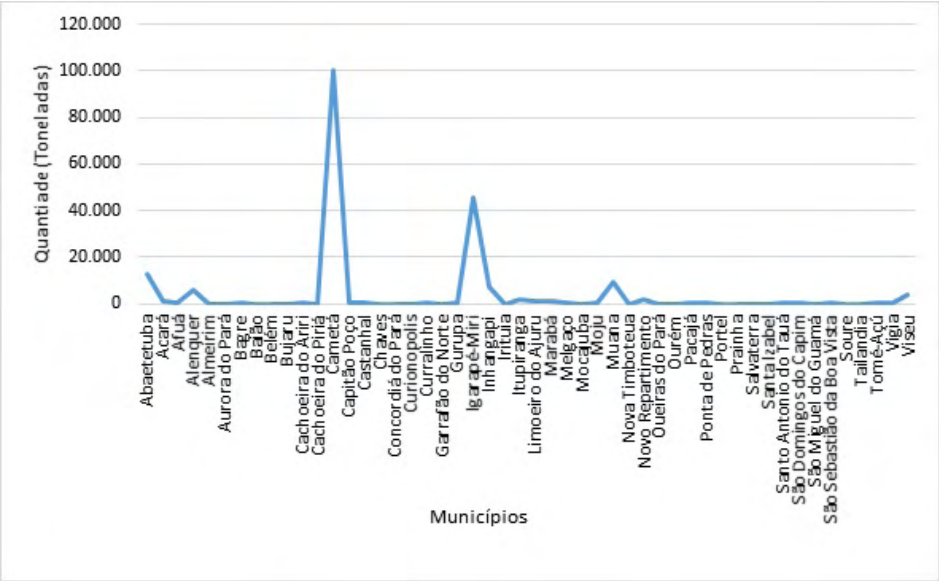


Gráfico 2: Origem de açaí por município em 2020 e 2021 (toneladas)

Fonte: Os autores, 2021.

O gráfico 3 demonstra o destino da comercialização dos frutos de açaí, destacam-se os municípios de Castanhal, Belém e Cametá, respectivamente, sendo Castanhal o responsável com mais de 90.000 toneladas, correspondente a cerca de 50% do destino de todo Estado.

Os números expressivos de destinação do açaí para o município de Castanhal ocorrem pelo fato desta região ter se consolidado como um grande pólo de beneficiamento de açaí, tanto em produção de polpa como também em produção de mix, sobretudo pela atuação da Petruz Fruity, grande empresa exportadora de derivados de valor agregado da fruta (TAVARES; HOMMA, 2015). Além disso, mostra-se que o município de Cametá, além de grande quantidade de frutos de açaí originando-se desta localidade, é também grande receptor desse produto, indicando que a maior parte da quantidade produzida é para consumo próprio.

No estudo realizado por Tavares et al. (2020) mostra que a comercialização de frutos *in natura* representou 21,97% das vendas totais, indicando que mecanismos mais ágeis de transporte e refrigeração foram implantados. Estas vendas se destinam, basicamente, para os municípios paraenses que produzem pouco açaí e para os estados do Amazonas, Maranhão, Amapá e Ceará. Além disso, atualmente há uma grande procura pelo produto no exterior, principalmente pelo mercado americano e pelo Japão, os quais, em 2014, tiveram a participação de 48,77% e o Japão sobe para 41,66%, respectivamente.

Vale ressaltar que também há uma procura pelo fruto produzido no Pará por outros estados, como é possível observar no gráfico 3, demonstrando alguns municípios

receptores deste produto dos estados de Tocantins, Rio Grande do Norte, Ceará e, em especial, o estado do Maranhão, que segundo a Conab (2020), o estado do Maranhão tem sido o terceiro maior produtor de açaí nos últimos levantamentos feitos pelo IBGE, sendo o único grande produtor fora da Região Norte, além do estado possuir considerável malha processadora de açaí e está relativamente próximo de portos para escoamento.

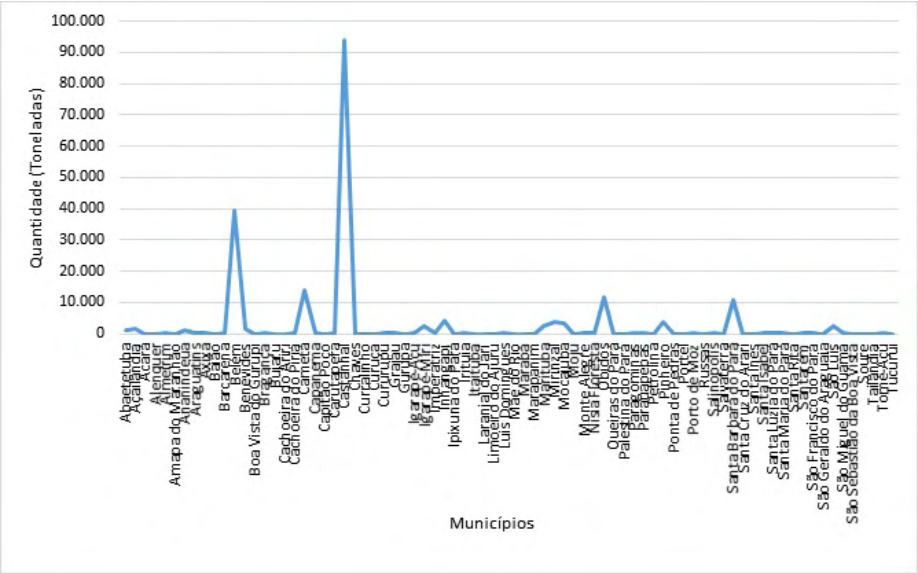


Gráfico 3: Destino e quantidade de açaí por município em 2020 e 2021 (toneladas)

Fonte: Os autores, 2021.

4 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nota-se não somente a grande importância socioeconômica do açaizeiro no Estado do Pará mediante a diversos municípios produtores, destacando o seu grande potencial de mercado, como também a relevância acerca da sua rastreabilidade - acompanhamento de sua origem e destino final - buscando, assim, maior controle e administração da produção, segurança alimentar e qualidade do produto até o consumidor e, dessa forma, agrega valor à cadeia produtiva do açaí, valorizando as regiões fornecedoras. Para a consolidação da produção e da cadeia produtiva de açaí no Pará, os desafios são referentes principalmente à geração de técnicas para o melhorar o desenvolvimento da domesticação e o manejo da espécie, dimensão do mercado e o aprimoramento da rastreabilidade, pois é possível que o açaí deve seguir o caminho de outras plantas amazônicas que inseriram no modo de viver nacional e internacional.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO PARÁ (ADEPARÁ). **Guia de trânsito para transporte de açaí passa a ser obrigatória a partir do próximo dia 4.** Disponível em: http://www.adepara.pa.gov.br/artigos/guia-de-tr%C3%A2nsito-para-transporte-de-a%C3%A7a%C3%AD-passa-ser-obrigat%C3%B3ria-partir-do-pr%C3%B3ximo-dia-4. Acesso em: 23 de set. de 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). Açai. **Análise Mensal**. 2020.

CORRÊA, R. B. A. Produção do açaí na Amazônia Tocantina: Perspectiva para o desenvolvimento regional. ***In*: XVII Encontro Nacional de Geógrafos**. São Luís, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção Agrícola Municipal – PAM, 2019**. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado. Acesso em: 04 set. 2021.

LIMA FILHO, M.R.; CARVALHO, C.A.S.; OLIVEIRA, P.T.T.; LIMA, B.W.S.; SILVA, F.L. **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO AÇAÍ BRS - PARÁ (*Euterpe oleracea* Mart.) SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA COM HÚMUS DE MINHOCA**. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 3, 2018.

LINDOLFO, M.M.; MATOS, G.S.B.; PEREIRA, W.V.S.; FERNANDES, A.R. **Produtividade e nutrição do açaí fertirrigado em função da fertilização com boro.** Rev. Bras. Frutic. v. 42, n. 2, Jaboticabal. 2020.

MENEZES, E.M.S. **Efeito da alta pressão hidrostática em polpa de açaí pré-congelada (*Euterpe oleracea* Mart.)**. Dissertação de Mestrado (Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. p. 83. 2005.

NEVES, L.T.B.C.; CAMPOS, D.C.S.; MENDES, J.K.S.; URNHANI, C.O.; ARAÚJO, K.G.M. **Quality of fruits manually processed of** açaí (***Euterpe oleracea* Mart.) and bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.)**. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 37, n. 3, p. 729-738, 2015.

OLIVEIRA, L.C., OLIVEIRA, M.S.P., DAVIDE, L.C., TORRES, G.A. **Karyotype and genome size in *Euterp*e Mart. (Arecaceae) species**. CompCytogen 10(1): 17–25. doi: 10.3897/CompCytogen.v10i1.5522. 2016.

PAGLIARUSSI, M.S. **A cadeia produtiva agroindustrial do açaí: estudo da cadeia e proposta de um modelo matemático**. Monografia. Universidade de São Paulo. São Carlos – SP. p. 66. 2010.

RUFINO, M. S. M.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; ARRANZ, S.; ALVEZ, R. E.; BRITO, E. S.; OLIVEIRA, M. S. P.; SAURA-CALIXTO, F. **Açaí (*Euterpe oleraceae*) "BRS Pará": A tropical fruit source of antioxidant dietary fiber and high antioxidant capacity oil.** Food Research International, v. 44, n. 7, p. 2100–2106, ago. 2011.

TAVARES, G. S.; HOMMA, A. K. O. **Comercialização do açaí no estado do Pará: Alguns comentários.** Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana. p. 1-13. Brasil, 2015.

TAVARES, G.S., HOMMA, A.K.O., MENEZES, A.J.E.A., PALHETA, M.P. **Análise da produção e comercialização de açaí no Estado do Pará, Brasil.** International Journal of Development Research**.** v. 10, (04), 35215-35221. 2020.

VELOSO, C. A. C. *et al.* **Manejo da adubação química em açaizeiro cultivado no Nordeste Paraense.** *In*: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29, Guarapari-ES: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010.

YOKOMIZO, G.L.I; FARIAS NETO, J.T.; HONGYU, H.; CRUZ JUNIOR, F.O. **ANÁLISE MULTIVARIADA EM CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS E REPRODUTIVAS EM PROGÊNIES DE AÇAIZEIROS**. Científic@ Multidisciplinary Journal, v.7, n.1, p. 1 – 13, 2020.

YUYAMA, L.K.O; AGUIAR, J.P.L.; SILVA FILHO, D.F.; YUYAMA, K.; VAREJÃO, M.J.; FÁVARO, D.I.T.; VASCONCELLOS, M.B.A.; PIMENTEL, S.A.; CARUSO, M.S.F. **Caracterização físico-química do suco de açaí de *Euterpe precatoria* Mart. oriundo de diferentes ecossistemas amazônicos. Acta Amazonica.** v. 41(4): 545 – 552. 2011

CAPÍTULO 17

ATIVIDADE ENZIMÁTICA DE MICRORGANISMOS EM DIFERENTES TEORES DE UMIDADE DO SOLO

Data de aceite: 01/02/2022

Késia Kerlen dos Santos Costa
Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT

Daniela Tiago da Silva Campos
Fitotecnia e Fitossanidade, Faculdade de Agronomia e Zootecnia – FAAZ.

Relatório final apresentado à Universidade Federal de Mato Grosso, Pró-Reitoria de Pesquisa, Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica

RESUMO: A atividade enzimática consegue desempenhar papel fundamental por atuar como catalisadoras de diversas reações que pode resultar na decomposição de resíduos orgânicos (glicosidases); ciclagem de nutrientes (fosfatases); formação de matéria orgânica e da estrutura do solo, podendo existir variações nos atributos biológicos do solo devido a sua umidade. Este trabalho teve como objetivo quantificar a atividade das enzimas fosfatase ácida, alcalina e β-glicosidase, em amostras de solo na capacidade de campo a 60% e como terra fina seca ao ar (TFSA). O solo foi coletado em Tangará da Serra, MT, na profundidade de 0-10 cm, na safra 18/19, aos 45 dias após a semeadura. Os tratamentos utilizados nos solos no momento da semeadura foram PP: pó de rocha; PA: *Azospirillum brasilense*; PB: *Bradyrhizobium japonicum*; PC: composto orgânico, seguindo as recomendações dos respectivos fabricantes. A atividade das enzimas foi quantificada de acordo com a metodologia proposta por Tabatabai e Bremner (1969), cujas análises foram realizadas nas mesmas condições, com o solo na capacidade de campo de 60% e terra fina seca ao ar. Os resultados indicaram que houve diferença em relação a umidade do solo, na fosfatase alcalina destacou-se TFSA e na β-glicosidase foi CC, isto é, a umidade do solo afetou diretamente análise realizada. Foi possível verificar que os tratamentos e a umidade do solo influenciaram a microbiota do solo e na atividade das enzimas, pois apresentaram teores variáveis dentro dos tratamentos utilizados no solo.

PALAVRAS-CHAVE: Terra fina seca ao ar, capacidade de campo, enzimas do solo.

ABSTRACT: The enzymatic activity manages to play a fundamental role by acting as catalysts for several reactions that can result in the decomposition of organic residues (glycosidases); nutrient cycling (phosphatases); formation of organic matter and soil structure, and there may be variations in the biological attributes of the soil due to its moisture. This work aimed to quantify the activity of acid, alkaline phosphatase and β-glucosidase enzymes in soil samples at 60% field capacity and as air-dried fine soil (TFSA). Soil was collected in Tangará da Serra, MT, at a depth of 0-10 cm, in the 18/19 season, 45 days after sowing. The treatments used in the soils at sowing were PP: rock powder; PA: Azospirillum brasilense; PB: Bradyrhizobium japonicum; PC: organic compound, following the recommendations of the respective manufacturers. The enzyme activity was quantified according to the methodology

proposed by Tabatabai and Bremner (1969), whose analyzes were carried out under the same conditions, with the soil at 60% field capacity and air-dry fine soil. The results indicated that there was a difference in relation to soil moisture, in alkaline phosphatase TFSA stood out and in β-glucosidase it was CC, that is, soil moisture directly affected the analysis performed. It was possible to verify that the treatments and soil moisture influenced the soil microbiota and enzyme activity, as they presented variable contents within the treatments used in the soil.
KEYWORDS: Air-dry fine soil, field capacity, soil enzymes.

1 I INTRODUÇÃO

As enzimas do solo originam-se geralmente de micro-organismos, e conseguem desempenhar um papel de extrema importância no ecossistema agindo como catalisadores de várias reações que resultam na decomposição de resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes e na formação de matéria orgânica do solo, sem falar do seu potencial biotecnológico de extrema importância.

Grande parte das transformações bioquímicas do solo são relacionadas ou depende da presença de enzimas na avaliação de suas atividades podendo ser útil para indicar se o solo está conseguindo desempenhar processos ligados diretamente com a sua qualidade, diante de tudo isto é possível afirmar que a atividade enzimática é um excelente bioindicador de qualidade do solo.

A consistência do solo e sua umidade têm implicações diretas no seu manejo, o solo é capaz de funcionar como substrato e no fornecimento de água e nutrientes para as plantas, é nele que vão ocorrer as reações químicas e bioquímicas que permite a ciclagem dos elementos que vem da natureza.

No estado de Mato Grosso as análises enzimáticas têm tido grande avanço, já que os agricultores têm buscado novas tecnologias para estimar a qualidade do seu solo.

Algumas das enzimas que são mais utilizadas são aquelas ligadas ao ciclo do carbono e dos nutrientes Nitrogênio (N), Enxofre (S) e Fósforo (P) dentre os quais podem se destacar a celulase e β-glicosidase, a urease, as fosfatases.

Este trabalho tem como objetivo quantificar a atividade das enzimas fosfatase ácida, alcalina e β-glicosidase, em amostras de solo que estarão na capacidade de campo de 60% e com terra fina seca ao ar (TFSA).

2 I REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Enzimas

Dentre as propriedades bioquímicas do solo, as enzimas são importantes para catalisar inúmeras reações necessárias para decomposição de resíduos orgânicos, formação da matéria orgânica e estrutura do solo e ciclagem de nutrientes (Mendes et al., 2001).

As propriedades biológicas e bioquímicas do solo, tais como: a atividade enzimática, a taxa de respiração, a diversidade e a biomassa microbiana, são indicadores sensíveis que podem ser utilizados no monitoramento de alterações ambientais decorrentes do uso agrícola, sendo ferramentas para orientar o planejamento e a avaliação das práticas de manejo utilizadas (Doran & Parkin, 1996 ; Santana & Bahia Filho, 1998 ; Turco et al., 1994).

Dentre as biomoléculas existentes, as enzimas são notadamente muito importantes, pois demonstram a propriedade de catalisar reações importantes para a atividade biológica de diversos organismos. A nomenclatura das mesmas é feita utilizando o nome do substrato com a adição do sufixo "-ase", significando que a enzima é uma substancia que desempenha a ação catalítica sobre esse substrato. (Nannipieri; Alef, 1995).

2.2 Importância Fosfatase

Devido à sensibilidade às variações bióticas e abióticas, atributos bioquímicos tais como atividade enzimática tem sido utilizado como indicadores de qualidade do solo. As enzimas são fundamentais no fornecimento e disponibilidade de nutrientes, dentre elas a fosfatase ácida e alcalina estão envolvidas na transformação de compostos de fosforo orgânico e disponibilizando fontes inorgânicas de P para as plantas (Amador et al., 1997).

As fosfatases são produzidas tanto por organismos procariotos como eucariotos e sua atividade ótima depende do pH de atuação, podendo ser classificadas como ácidas, neutras ou alcalinas. Podem ser extracelulares, encontradas nas paredes celulares ou intracelulares presentes no vacúolo e citoplasma das células (Lee, 1998).

Estudos demonstraram que raízes presentes em solos com deficiência de fósforo apresentam aumento significativo da atividade da fosfatase ácida, como resposta aos baixos níveis desse nutriente (Gilbert et al., 1999; Mora; Toro, 2007; Alomair, 2010).

2.3 Importância Beta glicosidase

A β-glicosidase atua na etapa final do processo de decomposição da celulose. Essa enzima é responsável pela hidrólise dos resíduos de celobiose formando o açúcar simples β-D-glucose (Tabatabai, 1994; Paul & Clark, 1996).

A atividade da enzima β-glicosidase estar ligada à liberação de açúcares de baixo peso molecular a partir da decomposição da MO, os quais são importantes fontes de energia metabólica para a microbiota do solo (Bandick & Dick,1999).

3 I METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido com solo coletado em uma estação experimental em Tangara da Serra- MT, os solos foram coletados na profundidade 0-10 cm, na safra 2018/2019, aos 45 dias após a semeadura. As características químicas do solo em questão são apresentadas na tabela 1. De acordo com a análise textural, na camada de 0-10 cm

apresentou 291,60 g kg-1 de areia, 104,40 g kg-1 de silte e 604,00 g kg-1 de argila, desse modo, o solo é caracterizado como sendo dede textura argilosa, de acordo com o triângulo textural.

pH (H_20)	pH ($CaCl_2$)	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	M. O.	m	V
		mg dm^{-3}				$cmol_c$ dm^{-3}			%	
5,57	4,88	3,95	48,41	2,20	0,74	0,02	3,97	26,50	0,93	42,94

Tabela 1 – Características químicas de solo da área experimental (0-10 cm).

Os tratamentos utilizados nos solos no momento do plantio da soja foram PP: pó de rocha; PA: *Azospirillum brasilense*; PB: *Bradyrhizobium japonicum*; PC: composto orgânico, nas recomendações dos respectivos fabricantes. As analises foram realizadas com 3 amostras simples para formar uma composta na cultura principal que é a soja e no período de florescimento da mesma.

O solo foi coletado e armazenado em caixas de isopor contendo gelo e foram entregues ao Laboratório de Microbiologia do Solo, na FAAZ, armazenado em câmara fria a 4 graus até a sua utilização e analise. Foi retirada uma fração de cada amostra para se obter a terra fina seca ao ar (TFSA) que se encontrava com umidade por volta de 1,51 % e a outra parcela foi analisada com capacidade de campo a 60 % que se encontrava com umidade em torno de 32%.

3.1 Fosfatase Ácida

A atividade da enzima fosfatase ácida, foi quantificada de acordo com a metodologia proposta por Tabatabai e Bremner (1969). A análise foi realizada nas mesmas condições, com o solo na capacidade de campo de 60% e terra fina seca ao ar.

Em tubos de ensaio próprios para atividade enzimática foi pesado 0,5 g de solo em duplicata, nas mesmas amostras após a pesagem foram adicionadas, sequencialmente, 0,120 mL de tolueno.

Logo após 2 mL de MUB pH 6,5 e 0,5 mL de ρ-nitrofenil pH 6,5. Os tubos foram rapidamente agitados em agitadores do tipo vórtex para então serem incubados em banho-maria a 37º C durante 1 hora. Após o período de incubação em banho-maria, foram adicionados 0,5 mL de CaCl2, 2 mL de NaOH 0,5 M e1 mL de água destilada. Após os tubos foram passados em agitador vórtex para homogeneização dos reagentes, e sequencialmente acondicionados em agitador orbital por 1 hora a 150 rpm, e então filtrados em papel filtro 2v. Após o processo de filtragem, foi feita a leitura em espectrofotômetro digital a 400 nm de absorbância.

3.2 Fosfatase Alcalina

A atividade da enzima fosfatase ácida, foi quantificada de acordo com a metodologia proposta por Tabatabai e Bremner (1969). A análise foi realizada nas mesmas condições, com o solo na capacidade de campo de 60% e terra fina seca ao ar.

Em tubos de ensaio próprios para atividade enzimática foi pesado 0,5 g de solo em duplicata, nas mesmas amostras após a pesagem foram adicionadas, sequencialmente, 0,120 mL de tolueno.

Logo após 2 mL de MUB pH 11 e 0,5 mL de ρ-nitrofenil pH 11. Os tubos foram rapidamente agitados em agitadores do tipo vórtex para então serem incubados em banho-maria a 37 ºC durante 1 hora. Após o período de incubação em banho-maria, foram adicionados 0,5 mL de $CaCl_2$, 2 mL de NaOH 0,5 M e1 mL de água destilada. Após os tubos foram passados em agitador vórtex para homogeneização dos reagentes, e sequencialmente acondicionados em agitador orbital por 1 hora a 150 rpm, e então filtrados em papel filtro 2v. Após o processo de filtragem, foi feita a leitura em espectrofotômetro digital a 400 nm de absorbância.

As atividades enzimáticas fosfatase ácida e alcalina se distingue basicamente pela diferença de pH.

3.3 Beta glicosidase

A atividade da enzima β-glicosidase, foi quantificada de acordo com a metodologia proposta por Tabatabai e Bremner (1969). A análise foi realizada nas mesmas condições, com o solo na capacidade de campo de 60% e terra fina seca ao ar.

Em tubos de ensaio próprios para atividade enzimática foi pesado 0,5 g de solo em duplicata, nas mesmas amostras após a pesagem foram adicionadas, sequencialmente, 0,120 mL de tolueno.

Logo após 2 mL de MUB pH 6,0 e 0,5 mL de ρ-nitrofenil-β-D-glicosídeo pH 6,0. Os tubos foram rapidamente agitados em agitadores do tipo vórtex para então serem incubados em banho-maria a 37 ºC durante 1 hora. Após o período de incubação em banho-maria, foram adicionados 2 mL de Tris pH 12, 0,5 mL de $CaCl_2$, e 1 mL de água destilada. Após os tubos foram passados em agitador vórtex para homogeneização dos reagentes, e então filtrados em papel filtro 2v. Após o processo de filtragem, foi feita a leitura em espectrofotômetro digital a 400 nm de absorbância.

Trata-se de um experimento que objetiva quantificar a atividade das enzimas fosfatase ácida, alcalina e β-glicosidase, em amostras de solo que estarão na capacidade de campo de 60% e com terra fina seca ao ar (TFSA), em cobertura com soja, cujas parcelas de 6x20 m, dividiram-se em blocos com três repetições. Os dados estatísticos foram processados utilizando-se o software SISvar, no qual a análise de variância dos resultados aplicou-se o teste de Scott-Knott, à 5% de significância.

4 | DIFERENÇAS DE TFSA E SOLO NA CAPACIDADE DE CAMPO A 60%

Obtivemos os seguintes resultados após os dados serem computados e analisados, de acordo com os diferentes umidades do solo, apresentados nas tabelas 2 e 3.

Nos resultados, analisou-se dois tipos de preparo de solos, terra fina seca ao ar onde a preparação das amostras de solo foi feita por secagem, destorroamento e peneiramento (2mm) e as amostras de solo na capacidade de campo a 60%.

Umidade/Análise	FFÁc	FFAl	BG
	µg p-nitrofenol g-1 solo h-1		
CC	591,57 A	718,88 A	852,83 A
TFSA	591.57 A	785,60 A	878,59 A

Tabela 2. Atividades das enzimas fosfatase ácida, fosfatase alcalina e β-glicosidase sob umidades diferentes. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5%.

Nos resultados da fosfatase ácida em relação a sua análise não houve diferença absolutas, isto é, não houve diferença significativa em relação as médias do tratamento com TSFA com capacidade de campo à 60%.

Nos resultados da fosfatase alcalina em relação a sua análise foi possível identificar resultados mais altos em relação a terra fina seca ao ar, onde apresentou maiores médias absolutas, no entanto, não houve diferença significativa em relação as médias do tratamento com capacidade de campo a 60%.

Nos resultados de forma geral apresentado pela beta glicosidase, foi possível identificar resultados mais altos em relação a terra fina seca ao ar, que obteve maior média absoluta, porém não houve diferença significativa entre as umidades do solo.

Nas estações frias e secas, a atividade das enzimas decai (WITTMANN et al. 2004), isso explica o fato de o tratamento com terra fina seca ao ar obter os melhores resultados, pois a baixa umidade do substrato favoreceu a atividade das enzimas.

Tratamento solo/Análises	FFÁc	FFAL	BG
	µg p-nitrofenol g-1 solo h-1		
PP	594,44 B	781,50 A	884,30 A
PC	564,60 B	725,47 A	896,21 A
PB	514,00 B	813,17 A	831,46 A
PA	693,24 A	688,85 A	850,88 A

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não difere estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knot a 5%.

Tabela 3. Atividade das enzimas fosfatase ácida, fosfatase alcalina e beta-glicosidase sob diferentes tratamentos de solo.

No resultado da atividade da enzima fosfatase ácida em relação aos tratamentos, o que obteve a maior média absoluta foi o com *A. brasiliense*, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, cujo resultado não foi possível verificar as diferenças significativas entre si.

A atividade enzimática da fosfatase alcalina em relação aos tratamentos, o que obteve a maior média absoluta foi o com *B. japonicum*, não diferindo, entretanto, estatisticamente dos demais tratamentos.

Nos resultados de forma geral apresentado pela beta glicosidase, o tratamento com composto orgânico obteve a maior média absoluta, porém não diferiu estatisticamente dos resultados com os demais tratamentos.

No tratamento com *A. brasilense*, o fato de que a atividade da enzima fosfatase ácida neste solo ter sido superior em relação aos demais tratamentos, pode ser explicado devido a probabilidade de melhor solubilização de fosfato, fazendo com que a atividade enzimática fosse incrementada.

A atividade da enzima da fosfatase alcalina foi maior no tratamento com *B. japonicum,* pois a bactéria noduladora consegue utilizar de P-orgânico e transformar em P-inorgânico, através da ação da enzima, fazendo com que a atividade da enzimática obtivesse maiores resultados.

Sabe-se que quanto maior o teor de carbono no solo, maiores os valores da atividade da enzima β-glicosidase (TURNER et al. 2002). Desse modo, a alta atividade dessa enzima no tratamento com composto orgânico pode ser explicada pela adição de C-org no solo, uma vez que há estudos com solos no Reino Unido também encontraram alta relação entre a quantidade de carbono no solo e a atividade dessa enzima.

A matéria orgânica afeta diretamente a atividade da enzima β-glicosidase em solos, visto que concede substrato para a sua ação, e também protege e mantém as enzimas do solo em suas formas ativas. Tal proteção acontece pois há a formação de complexos enzima-compostos húmicos (DENG & TABATABAI, 1997).

5 I CONCLUSÕES

Foi possível constatar que a umidade do solo interferiu significativamente nos resultados das atividades enzimáticas realizadas e podem ser afetadas devido a umidade do solo e suas condições.

Foi possível verificar também que os tratamentos aplicados atuaram na microbiota do solo e em consequência na atividade das enzimas.

REFERÊNCIAS

ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry: Urease activity**. Academic Press, 1995. cap. 7, p. 316-317.

BANDICK, A.K.; DICK, R.P. Field management effects on soil enzyme activities. Soil Biol. Biochem., v.31, n.11, p. 1471-1479, 1999

DENG, S. P.; TABATABAI, M. A. **Effect of tillage and residue management on enzyme activities in soils**: III. Phosphatases and arylsulfatase. Biology and Fertility of Soils, v. 24, n. 2, p. 141-146, 1997.

KANDELER, E.; GERBER,H. **Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium**. Biology and Fertility of Soils, v.6, n.1, p.68-72, 1988.

MENDES, I.C; VIVALDI, L. **Dinâmica da biomassa e atividade microbiana em uma área sob mata de galeria na região do DF**. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C.E. L. da; SOUSA SILVA, J. C. (Ed.). Cerrado:caracterização e recuperação de Matas de Galeria.Planaltina: Embrapa-CPAC, p. 664-687, 2001.

NAHAS, E.; CENTURION, J.F.; ASSIS, L.C. Efeito das características químicas dos solos sob os microrganismos solubilizadores de fosfato e produtores de fosfatases. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.18, n.1, p.43-48, jan./abr. 1994

PAUL, E.A.; LARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. Academic Press, 1996. 340p.

REYNOLDS, C.M.; WOLF, D.C. ARMBRUSTER, J.A. **Factors related to urea hydrolysis in soils**. Soil Sci. Soc. Am. Proc., v.49, p.:104-108, 1987.

SANTANA, D.F. & BAHIA-FILHO, A.F.C. **Soil quality and agricultural sustainability in the Brazilian Cerrado**. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 16., Montpellier, França. Proceedings. Montpellier, ISS, 1998.

TURCO, R.F.; KENNEDY, A.C. & JAWSON, M.D**. Microbial indicators of soil quality.** In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.73-90.(Special Publication, 35)

TABATABAI, M.A. Soil enzymes. In: WEAVER, R.W.; SCOTT, A. & BOTTOMELEY, P.J., eds. **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties.** Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.778-835. (Special Publication, 5)

TURNER, B. L.; HOPKINS, D. W.; HAYGARTH, P. M.; OSTLE, N. β-Glucosidase activity in pasture soils. Applied Soil Ecology, v.20, n.2, p.157-162, 2002.

VICTORIA, R.L.; PICCOLO, M.C.; VARGAS, A.A.T. **O ciclo do nitrogênio**. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C. Microbiologia do solo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. P. 105-121.

WITTMANN, C.; KÄHKÖNEN, M.A.; ILVESNIEMI, H.; KUROLA, J.; SALKINOJA-SALONEN, M.S. Areal activities and stratification of hydrolyc enzymes involved in the biochemical cycles of carbono, nitrogen, sulphur and phsphorus in podsolized boreal forest soils. Soil Biologia and Biochemistry, v.36, n.3, p.425-433, 2004.

CAPÍTULO 18

ESTUDO DE PATENTES DE TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE OSTRAS EM AQUACULTURA

Data de aceite: 01/02/2022
Data de submissão: 05/02/2021

Ana Maria Álvares Tavares da Mata
CINEA-ESTS-IPS, Escola Superior de Tecnologia de Setúbal, Instituto Politécnico de Setúbal
Setúbal, Portugal
https://orcid.org/0000-0002-3256-3110

Ricardo Manuel Nunes Salgado
CINEA-ESTS-IPS, Escola Superior de Tecnologia de Setúbal, Instituto Politécnico de Setúbal
Setúbal, Portugal
https://orcid.org/0000-0001-9405-9254

RESUMO: A produção de peixes e moluscos por aquacultura a nível mundial tem tido um crescimento médio anual de 6%. Portugal é um país com condições naturais que permitem desenvolver diversas atividades de aquacultura como por exemplo o cultivo de ostras. O objetivo deste trabalho foi estudar a necessidade de investir em patentes sobre tecnologia de produção como ferramenta essencial para potenciar o aumento da produção em aquacultura de ostras em Portugal. O estudo foi baseado no levantamento de patentes associadas às tecnologias de cultivo de ostras através do mapeamento de patentes em diferentes bases de dados. A pesquisa tecnológica realizada mostrou que é uma área com um crescimento exponencial de registos nos últimos três anos, mas que em Portugal o número de registos é diminuto, concluindo-se que o cultivo de ostras e o desenvolvimento de tecnologia associada é uma área com um enorme potencial de crescimento em Portugal para promover o investimento nesta área e a criação de riqueza no país.
PALAVRAS-CHAVE: Ostras, Aquacultura; cultivo, patentes, Portugal

PATENT STUDY OF OYSTER PRODUCTION TECHNOLOGIES IN AQUACULTURE

ABSTRACT: Production of fish and shellfish in aquaculture has had an annual average growth of 6% worldwide. Portugal is a country with natural conditions for developing various aquaculture activities such as oyster cultivation. The objective of this study is to conduct a survey of patents associated with the cultivation of oysters by mapping patents in different databases. Technological prospection carried out showed that it is an area with an exponential growth records in the last three years but in Portugal the number of records is small, concluding that the oyster cultivation and the development of associated technology is an area with a huge growth potential in Portugal in which to invest creating wealth for the country.
KEYWORDS: Oyster, Aquaculture, Culturing, Patents, Portugal.

1 I INTRODUÇÃO

A forte procura de recursos marinhos para a alimentação humana tem levado ao

desenvolvimento de sistemas de aquacultura, em terra e mar, para garantir a sustentabilidade ambiental dos recursos naturais da pesca. A aquacultura consiste na criação ou cultura controlada de plantas e animais em água doce, salobra ou marinha para consumo humano (Barnaby 2006). A produção de peixes e moluscos por aquacultura a nível mundial tem tido um crescimento médio anual de 6% atingindo 55,7 milhões de toneladas em 2009, correspondendo a cerca de 38% do total do mercado de peixes e moluscos; ao contrário da captura que atingiu um nível estável desde 2001, com cerca de 89 milhões de toneladas. O valor da produção aquícola foi estimado em 105,3 bilhões de dólares em 2009 (FAO 2009). Em 2009, a China gerou 62,5 por cento da produção aquícola mundial de peixes, crustáceos e moluscos (34,8 milhões de toneladas). Outros cinco países produtores de mais de um milhão de toneladas no mesmo ano são a Índia (3,8 milhões de toneladas), Vietnam (2,6 milhões de toneladas), Indonésia (1,7 milhões de toneladas), Tailândia (1,4 milhões de toneladas) e Bangladesh (1,1 milhões de toneladas). Os 10 maiores produtores incluem ainda a Noruega (962 000 toneladas), Chile (793 000 toneladas), Japão (787 000 toneladas) e Myanmar (778 000 toneladas) (FAO 2009).

Portugal é o terceiro maior consumidor mundial de peixe (55 kg por pessoa/ano), só atrás da Islândia (91 kg por pessoa/ano) e Japão (66 kg por pessoa/ano), sendo que a média mundial é de 19,2 kg por pessoa/ano (FAO 2014). Verifica-se que em Portugal a produção de peixe e bivalves de aquacultura está em crescimento e vale já mais de 54 milhões de euros, sendo no entanto a maior parte para exportação.

Existe um enorme potencial de expansão nesta área que poderia ser multiplicado se fossem aproveitadas as salinas abandonadas em todo o país, com uma área estimada de 6000 hectares (APA 2016). De acordo com o Plano Estratégico Nacional para Aquicultura de 2014-2020, a produção aquícola em água doce diminuiu de 2266 para 479 toneladas mas em águas marinhas e salobras aumentou de 2191 para 9839 toneladas (DGRM 2014). Assim, fazendo uma estimativa simples, pode-se indicar de que a produção de ostras nas salinas abandonadas, poderia aumentar a produção até um máximo de 22 000 toneladas anuais e criar emprego a até 5000 pessoas. De 2000 para 2012, a produção de ostras passou de 252 para 736 toneladas (DGRM 2014). Com a simplificação dos processos de licenciamento de novas instalações de aquacultura através do tempo associado ao processo e à burocracia assim como a estratégia do governo português para investir na área da aquacultura prevê-se que até 2020, estes valores aumentem exponencialmente.

A produção aquícola em 2012, encontra a sua maior representação na região centro com uma produção de 5465 toneladas (25 M€) (55,2% da produção total) correspondente à produção da Aveiro e estuário do rio Mondego e seguida do Algarve (sul de Portugal) com 3509 toneladas (24,1 M€), corresponde à produção maioria na ria Formosa. A ria Formosa dedica-se particularmente à produção de bivalves. Existem ainda outras importantes regiões de produção em aquacultura como estuários dos rios Sado e Tejo (355 toneladas) e Mira na região do Alentejo (248 toneladas) e estuário do Guadiana (junto Sapal de Castro Marim) e

também na ria de Alvor. A região norte contribui apenas com 321 toneladas (DGRM 2014).

No âmbito da produção de ostras por aquacultura, na ria de Aveiro, por exemplo, existem 24 estabelecimentos com a área de 8.000 m2 cada e 32 com área de 2.000 m2 cada, distribuídos em 3 talhões, que se dedicam à produção de bivalves com especial incidência na produção de Ostras. Nestas culturas moluscos chegam a trabalhar cerca de 220 pessoas. Na ria de Aveiro, no caso dos viveiros de 8.000 m2 são usadas estruturas metálicas (mesas) comportando cada viveiro, um total de 1 000 mesas sobre as quais são colocados 6.000 sacos com ostras. Se a produção for feita a partir de "semente" de ostra serão necessários cerca de 2 anos para que seja atingido o tamanho comercial, o que significa que podem ser produzidas cerca de 30 toneladas/ano em cada viveiro de 8.000 m2 (Promar, 2015). A produção corresponde quase 10318 toneladas (2012) em Portugal e uma faturação de quase 1,2 milhões de euros (DGRM 2014).

O investimento na área do Mar é prioritário em Portugal e o Ministério do Mar quer resolver os "graves problemas" relacionados com os tempos e com a complexidade dos licenciamentos da aquacultura e para isso está a ser preparado um diploma para simplificar todo o licenciamento da aquacultura a entrar em vigor ainda em 2016. A média do tempo de licenciamento das instalações é de três anos e o objetivo é que sejam reduzidas a um período de três a quatro meses (Leite 2016).

Esta prospeção tecnológica tem por objetivo realizar um mapeamento de patentes no âmbito da produção de ostras por aquacultura como forma de avaliar o investimento e interesse na área a nível mundial e a situação a nível nacional.

2 | DESCRIÇÃO DA TECNOLOGIA

2.1 Aquacultura

A aquacultura surge como forma do homem tentar garantir a sustentabilidade dos recursos marinhos para a sua alimentação e diminuir a sobre-exploração do meio natural que pode levar à extinção de muitas espécies se não for realizado de forma sustentável.

A aquacultura é definida por todas as atividades que têm por fim a reprodução, o crescimento, a engorda, a manutenção e o melhoramento de espécies aquáticas para fins de produção, sendo estas operações efetuadas em instalações alimentadas por águas marítimas (aquacultura de água salgada), por águas interiores (aquacultura de água doce) ou por ambas (aquacultura de águas salobras) (IP 2001).

De entre as espécies mais produzidas em Portugal, de acordo com dados de 2012, encontram-se: em águas doces, a truta arco-íris (479 toneladas), e nas águas marinhas e salobras encontram-se o pregado (4406 toneladas), robalo legítimo (531 toneladas), dourada (895 toneladas), amêijoa boa (2394 toneladas), ostra (736 toneladas) e outras (877 toneladas) (DGRM 2014).

Podem produzir-se em aquacultura peixes, bivalves, moluscos, crustáceos e macroalgas.

As unidades de aquacultura podem apresentar a sua produção em terra: 1) em tanques, constituídas por materiais diversos, como terra, betão ou fibra; em *off-shore* ou mar aberto estruturas resistentes à ação do mar através estruturas flutuantes (para peixe e bivalves), estruturas localizadas na massa de água, constituídas por jaulas, flutuantes ou submersíveis, jangadas ou boias com cabos (*longlines*) ou 3) em *in-shore* em bacias fechadas e abrigadas como estuários ou lagoas costeiras em viveiros de peixes, moluscos, bivalves, macroalgas, unidades localizadas em zonas intertidais de estuários e rias.

Os sistemas de produção podem caracterizar-se pelo tipo de regime extensivo, semi-intensivo e intensivo. O regime extensivo caracteriza-se por reprodução de espécies capturadas do meio natural e/ou reproduzidas em cativeiro; utilização da produtividade natural do meio; arejamento e alimentação naturais; renovação natural da água. O regime semi-intensivo caracteriza-se por reprodução em cativeiro; alimentação natural ou industrial; renovação natural da água; arejamento natural ou mecânico. O regime intensivo caracteriza-se por reprodução em cativeiro; utilização de rações industriais; renovação da água e arejamento mecânico.

A produção de aquacultura em águas doces é exclusivamente intensiva e em águas matinhas e salobras, 39,9 % do volume de produção advém de regime extensivo, utilizado sobretudo para a cultura de bivalves, 10,7 % em regime semi-intensivo e 49,4% em regime intensivo (DGRM, 2014). De entre as espécies de peixes mais produzidas em Portugal incluem-se as douradas, robalo e linguado. A ostra é uma espécie com grande importância nos ecossistemas naturais e também para a produção em aquacultura.

2.2 A produção de ostras em aquacultura

As ostras são uma espécie amplamente distribuída em estuários e baías que recebem escorrências da terra e têm salinidade um pouco menor do que o mar aberto. Como as ostras filtram os seus alimentos a partir da água, crescem melhor em áreas com concentrações moderadas a altas de fitoplâncton (Coutinho 2003). A salinidade dos locais onde são produzidas as ostras assim como a turvação da água influenciam o crescimento da ostra, particularmente em zonas de estuário que sofram variações de salinidade turvação ao longo do ano como o caso do estuário do rio Sado (Baptista *et al.* 2005 e 2007, Ruano *et al.* 1994).

De um modo geral, nas aquaculturas de ostras em Portugal, as ostras são colocadas em sacos de rede espalmados de acordo com os seus tamanhos e são cultivados em sobre-elevação nos tanques. As ostras “bebés” são semeadas e desenvolvem-se nos tanques durante um período de 8 meses a 2 ano. Durante o crescimento as ostras atingem diferentes tamanhos e são retiradas ao fim do tempo que se considera terem obtido a medida com interesse comercial. Durante o processo de produção, os sacos contendo

as ostras são volvidos de forma a garantir uma forma geométrica, e entre outras razões, interessante para assegurar a qualidade da ostra final. Quando atinge o período ideal para a comercialização, as ostras são retiradas dos sacos e separadas cuidadosamente. Depois de recolhidas, estas são levadas para depuração durante 24 a 48 horas, para se garantir a qualidade microbiológica e eliminar algumas substâncias acumuladas durante o seu crescimento e só depois devidamente embaladas (Soares et al. 2012, Santos 2005, CNC 2007, Ferreira 2003).

A espécie de ostra mais produzida em Portugal é a ostra do pacífico ou japonesa (*Crassostrea gigas*) embora também se produza a ostra portuguesa (*Crassostrea angulata*) no rio Sado e Mira (sul de Portugal). As ostras crescem melhor em áreas entre-marés ou intertidais, onde ficam expostas por alguns minutos ou algumas horas durante a baixa-mar (Ferreira, 2003). As áreas de cultivo de ostras devem ser protegidos de correntes fortes de água e por outro lado locais com pouca renovação ou circulação de água devem ser evitados pois podem ter como consequência falta de alimento para os moluscos (Pagcatipunan, 1986). A presença de ostras indígenas num local é um bom indicador para a aptidão do mesmo para a cultura deste molusco. A qualidade da água e os valores de salinidade influenciam de forma significativa o crescimento das ostras.

As técnicas de cultivo variam entre países de acordo com as suas condições naturais para a sua produção em aquacultura. A escolha do processo produtivo está diretamente relacionada com a hidrodinâmica do local, características do sedimento e das variações do nível de salinidade e da altura da maré. Na tabela 1 apresenta-se um quadro comparativo das diferentes formas de produção.

Tipo	Descrição	Profundidade	Material	Países	Vantagens	Desvantagens
Cultivo de fundo	Espalham-se sementes soltas ou em cestos no leito marinho. A colheita pode ser manual (em regiões com variação de marés) ou com dragas em maior profundidade.	Não especificada desde que o fundo seja firme	Cestos para cultivo e dragas para colheita em alguns locais	Europa e América do Norte	Viável em locais de fundo firme, baixíssimo custo	É necessário que o fundo não tenha lodo, seja abrigado de correntes, ondas de tormentas e não ocorram predadores. É necessário o uso de dragas de colheita.
Cultivo suspenso flutuante: espinhel ou long-line	Um cabo principal preso a flutuadores (boias) e ancorado no fundo por meio de âncoras. Neste cabo são presas as lanternas contendo as ostras (em algumas regiões usam-se caixas, pearl nets, colares, bandejas ou travesseiros).	Mínima de 3 metro na maré mais baixa.	Cabos de e até 10 metro, boias plásticas, lanternas ou caixas, âncoras.	Brasil, Chile e Japão	Permite cultivo em regiões mais abertas e profundas, sujeitas a maiores forças, baías e enseadas e em mar aberto.	Profundidade no mínimo de 3 metro na maré baixa.

Cultivo suspenso flutuante: balsa	Conjunto de boias e armação de madeira mantido sobre a superfície, ancorada por uma quantidade mínima de cabo equivalente a 3 vezes a profundidade do local.	Superior a 3 metros na maré mais baixa	Boias e armação de madeira, poitas, lanternas	Chile e Brasil		Aguas abrigadas, sem ondulações
Cultivo suspenso fixo: mesa	Conjunto de estacas ou postes cravados no leito da água e ligados entre si por madeira, para manter as lanternas com ostras suspensas no volume de água.	Até 3 metro	Estacas ou postes, madeira, bambu, elástico, cano de PVC, lanternas	Portugal e França	Explorada em áreas de variação de maré	Locais abrigados, fundo arenoso ou areno-lodoso.

Tabela 1. Comparação do tipo de produção e respetivas vantagens e desvantagens (Henriques 2012).

3 I METODOLOGIA

Inicialmente procurou-se a partir da palavra-chave "ostra" o número de patentes que aparecem nas diferentes bases de dados:

- INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial, Portugal disponível em http://servicosonline.inpi.pt/pesquisas/main/patentes.jsp?lang=PT
- EPO (European Patent Office, disponível em http://ep.espacenet.com/quick-Search?locale=en_EP,
- USPTO (USPatent and Trademark Office, disponível em http://patft.uspto.gov/netahtml/PTO/search-bool.html.

Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 2 onde se verifica que o maior número de registo de patentes foi encontrado na base de dados da EPO, seguido da USPTO e por último no INPI (Portugal)

Banco de dados	Palavras chave	Nº registos
INPI (Portugal)	ostra*	6
EPO	oyster*	2499
EPO	oyster NOT mushroo*	1689
EPO	oyster AND cult* NOT mushroo*	155
USPTO	oyster + oysters	64 + 30 = 94
USPTO	oyster (or oyster) ANDNOT mushroom	64 + 30 = 94
USPTO	Oyster (or oysters) cultivation Oyster (or oysters) culturing Oyster (or oysters) culture Oyster (or oysters) cultivating	1 0 0 0

Tabela 2. Pesquisa de patentes por palavras-chave e agrupamento das palavras, depositadas no banco de dados do escritório europeu, Espacenet (EP)

Verifica-se que o número de patentes em Portugal (INPI) é bastante reduzido para a palavra-chave ostra*, obtendo-se um total de seis patentes. Analisando as patentes verifica-se que quatro são anteriores a 1997, uma é de 2002 e apenas uma é recente, de 2014.

Também na USPTO o número de patentes não é muito elevado (94). Pelo contrário, na EPO o número de patentes para a mesma palavra-chave é bastante elevado, com um total de 2499. A pesquisa foi refinada na EPO com a exclusão da palavra passe "mushroo*" pois verificou-se que muitas das patentes eram relacionadas com um cogumelo denominado "oyster mushroom". O mesmo refinamento foi realizado na USPTO mas neste caso o número de patentes não se alterou.

Refinou-se a pesquisa na EPO no intuito de obter o número de patentes relacionadas diretamente com o cultivo de ostras obtendo-se um total de 155 registos que foram analisados. Na USPTO as mesmas palavras-chave obtiveram apenas 1 registo.

Pode-se desde já retirar a conclusão preliminar que o registo de patentes no INPI - Portugal foi muito reduzido, evidenciando que a área pesquisa tem um grande potencial de desenvolvimento.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como referido anteriormente a análise de patentes relativas ao cultivo de ostras incidiu sobre os resultados obtidos nos 155 registos da EPO. Na evolução anual de depósito de patentes relacionadas com o cultivo de ostras, Figura 2, pode-se observar em média um crescimento gradual ao longo dos últimos anos. Verificam-se no entanto algumas singularidades, como a do período 1997-1999 em que se observa um aumento dos registos, e o crescimento exponencial de registos nos últimos anos, entre 2012-2015.

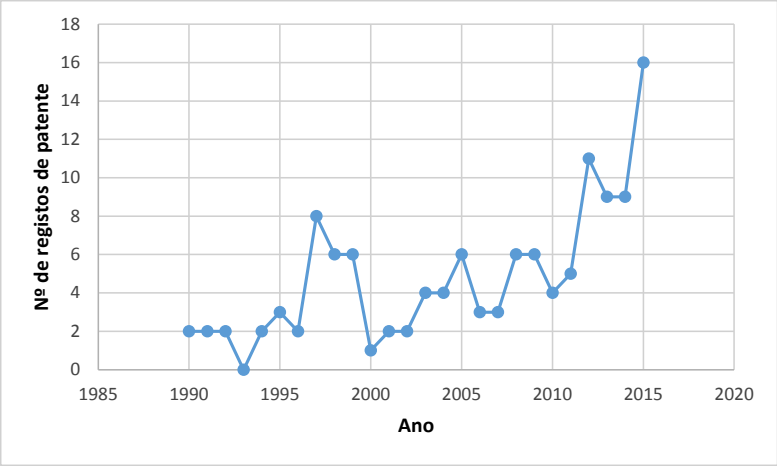


Figura 2. Evolução anual do depósito de patentes da EPO relacionadas com o cultivo de ostras entre 1990 e 2015

Foi também analisado o país de origem das patentes apresentando-se os resultados na Figura 3. Pode-se observar que a distribuição das patentes por país depositante não é equilibrada o que denota um investimento na área diferenciado por região. Os países com maior número de depósitos, superior a 30, encontram-se na ásia e são a China, Coreia do Sul e Japão. Relativamente à Europa apenas França tem expressão significativa e os Estados Unidos da América detêm um número reduzido de registos.

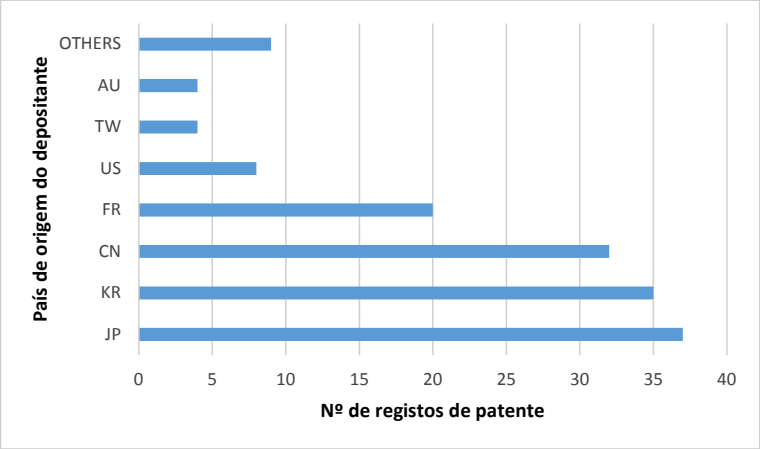


Figura 2. Evolução anual do depósito de patentes da EPO relacionadas com o cultivo de ostras

Na análise dos dados verificou-se que o número de registos nos últimos anos em 2012-2015 não tinha uma distribuição uniforme por país de origem daí que se tenha feito um levantamento que se encontra expresso na Figura 3.

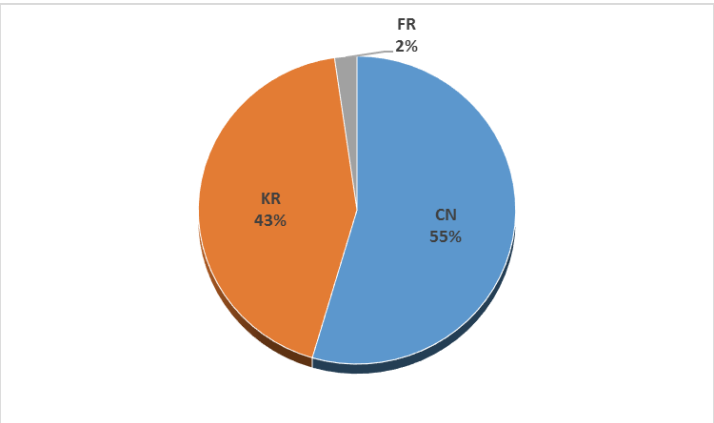


Figura 3. Depósito de patentes, em percentagem, relacionadas com o cultivo de ostras em anos recentes, de 2012 a 2015 (inclusive), por pais de origem.

Conclui-se da Figura 3 que o Japão apesar de ser o maior detentor de patentes nos últimos anos não desenvolveu atividade na área. Pelo contrário a China e a Coreia são países emergentes na área de desenvolvimento associado ao cultivo das ostras. De entre os países Europeus apenas França apresenta atividade de registo de patentes na área do cultivo de ostras nos últimos anos.

Foi também estudada a distribuição por código EPO e verifica-se que 93,5% das patentes tem como primeiro descritor o código A01K61/00 [*Culture of fish, mussels, crayfish, lobsters, sponges, pearls or the like (harvesting oysters, mussels, sponges or the like)*].

A análise individual de patentes indica que apenas 11% são referentes ao cultivo de ostras para produção de pérolas (*pearl oyster*) ou seja, praticamente 90% das patentes são relativas à produção de ostras para alimentação. A maioria das patentes estão relacionadas com sistemas de suporte para o crescimento de ostras e no geral não se encontra a utilização de tecnologia avançada nas patentes pesquisadas.

5 I CONCLUSÕES

A prospeção tecnológica mostrou que existe trabalho de desenvolvimento associado ao cultivo de ostras, sendo que em média o número de registos tem vindo a crescer ao longo dos anos. O tema teve dois períodos de incremento de registos anual, o primeiro entre 1997 e 1999 e o segundo está a decorrer, com um aumento exponencial de registos entre 2012 e 2015.

Na base de dados EPO, verifica-se que a China, a Coreia e o Japão são os países que publicam mais patentes acerca do tema em estudo. Notando-se que a partir do ano 2012 há uma mudança clara de aposta na área, com o Japão a não apresentar até à data nenhum registo de patente, e passando a China e a Coreia a serem claramente os países com maior investimento em propriedade intelectual relativamente ao cultivo de ostras.

A prospeção tecnológica indica que esta atividade em Portugal está numa fase incipiente com um reduzido número de registo de patentes. Com as condições naturais que o país possui para o cultivo das ostras, conclui-se que é uma atividade com um enorme potencial de expansão e que devem ser incentivadas atividades tanto de exploração, como de desenvolvimento tecnológico e científico na área.

REFERÊNCIAS

BAPTISTA, F. M.; LEITÃO, A.; HUVET, A.; LAPEGUE, S.; HEURTEBISE, S.; BOUDRY, P. The taxonomic status and origin of the Portuguese oyster *Crassostea angulata* (Lamark, 1819). **The 1st International Oyster Symposium Proceedings**, n18, 2005.

BATISTA, F. M. M. Assessment of the aquacultural potential of the Portuguese oyster *Crassostrea angulata*, **Universidade do Porto**, 2007.

BARNABY, R. Growing Seafood in the Open Ocean – Offshore Aquaculture in the United States, **Technical Report**. Durham, England, New Hampshire Sea Grant, Cinemar and University of New Hampshire cooperative extension, 16p, 2006.

CNC - Comite National de la Conchyliculture. **Denomination et Classification Huitres Creuses**. Paris.

COUTINHO, M. T. C. P. Comunidade Fitoplanctónica do Estuário do Sado - Estrutura, dinâmica e aspectos biológicos, **IPIMAR**, 2003.

DGRM - Direção geral dos recursos naturais, segurança e recursos marítimos. Plano estratégico para aquicultura portuguesa 2014-2020. **Principais eixos de intervenção estratégica**, 96p, 2014.

FAO, 2009. FAO yearbook: Fisheries and Aquaculture Statistics – Food Balance Sheets. Rome, Italy. **Food and Agriculture Organization of the United Nations** (FAO), 415p.

FAO, 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome, Italy. **Food and Agriculture Organization of the United Nations** (FAO), 197p.

FERNANDO, G., secretário-geral da Associação Portuguesa de Aquacultores (APA). [disponível em https://**www.dinheirovivo.pt**/economia/aquacultura-ja-vale-54-milhoes-e-ha-todo-um-mar-de-oportunidades/ , acesso e 20 de Julho 2016]

FERREIRA, I. M. Crescimento e qualidade da ostra (*Crassostrea gigas*) em viveiros da Ria Formosa sujeitos a diferentes condições de cultura e situações ambientais. **Universidade do Porto**, 2003.

HENRIQUES, M.R. Manual de Aquacultura, **Universidade de Lisboa**, 207p, 2012.

IP - Instituto Nacional de Recursos Biológicos. Sistema de classificação das zonas de produção de moluscos bivalves vivos, **IPIMAR**, 2001.

LEITE, P. P. Ministra do Mar inaugura armazém de bens refrigerados em Sines, noticia in Mercúrio on-line, Logística, Março 2016. [disponível em http://**mercurioonline.pt**/html/N1734MinistradoMarinauguraarmazemdebensrefrigeradosemSines.html, acesso em 20 de Julho de 2016]

PAGCATIPUNAN, R. Manual on Techniques and methodology for fresh water culture in Bangladesh, **Food and Agriculture Organization**, 105p, 1986.

PROMAR 2007-2014, Pescas e Aquacultura na Região Centro – Breve Caracterizaçã. In Brochura Pescas. Direção Regional de agricultura e Pescas do Centro. **Ministério da Agricultura e do Mar**, 2015 [disponível em http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/geral/files/brochura_pescas_2015.pdf, acesso e 20 de Julho 2016]

RUANO, F.; DIAS, M. D. S. Contribuição para o apoio à moluscicultura no Estuário do Sado e Lagoa de Albufeira. IPIMAR. **Seminário sobre recursos haliêuticos, ambiente, aquacultura e qualidade do pescado da península de Setúbal**. Lisboa, 1994.

SANTOS, M. I.; CORREIRA, C.; CUNHA, M. I. C. C.; SARAIVA, M. M.; NOVAIS, M. R. Valores Guia para avaliação da qualidade microbiológica de alimentos prontos a comer preparados em estabelecimentos de restauração. **Perspectivas**. 64, 2005.

SOARES, ;F., ALMEIDA, C.; CACHOLA, R. Qualidade microbiológica dos bivalves da Ria Formosa - Vinte anos de resultados. Lisboa: **IPIMAR**, 1645-863, 2012.

CAPÍTULO 19

AVALIAÇO DO MÉTODO DE VALIDAÇÃO TÉRMICA DA LINGUIÇA CALABRESA UTILIZANDO MICRORGANISMOS INDICADORES DE QUALIDADE

Data de aceite: 01/02/2022

Suyanne Teske Pires
Graduanda do curso de Engenharia Química na Universidade do Oeste de Santa Catarina

Fabiana Andreia Schafer de Martini Soares
Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade de São Paulo; Professora da Universidade do Oeste de Santa Catarina

RESUMO: Visando a segurança alimentar dos consumidores as indústrias de processamentos de carnes buscam cada vez mais alternativas para assegurar a inocuidade dos produtos fabricados. Um dos métodos mais antigos de conservação dos alimentos, desde a descoberta do fogo, é o cozimento dos produtos. Por isso, o tratamento térmico representa uma etapa fundamental no processamento de produtos cárneos, sendo um dos responsáveis pela preservação do alimento, com a destruição e/ou inativação de microrganismos potencialmente patógenos, principalmente por a ser um ótimo meio de cultura para o desenvolvimento destes, devido às suas características intrínsecas, tais como alta atividade de água, elevado valor nutricional e pH favorável, próximo à neutralidade. Para que os processos de tratamento térmico sejam eficazes nas indústrias, devem ser validados e avaliados em tempos e tempos. O presente trabalho tem por objetivo avaliar o processo térmico da agroindústria em questão, para os produtos prontos ao consumo humano, como a Linguiça Calabresa tendo como alvo de destruição térmica o microrganismo *Enterococcus faecalis* devido sua alta resistência aos tratamentos térmicos empregados nos produtos, encontrar o ponto crítico da estufa através dos monitoramentos de 5 em 5 minutos, traçar perfil de temperatura e avaliar a carga microbiológica inicial e após o tratamento térmico dos produtos, baseando-se para os produtos prontos, a legislação vigente disposta na Instrução Normativa n°60 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Além disso, espera-se que o trabalho agregue novos conceitos na literatura do assunto, devido a carência de estudos sobre um assunto de grande relevância industrial, aos órgãos de fiscalização, por tratar da saúde pública e claro aos consumidores para que tenham conhecimento do assunto.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento Térmico; Produtos Cárneos; Microrganismos; Legislação.

EVALUATION OF THE THERMAL VALIDATION METHOD OF CALABRESA SAUSAGE USING QUALITY INDICATOR MICROORGANISMS

ABSTRACT: Aiming at the food safety of consumers, the meat processing industries are increasingly seeking alternatives to ensure the safety of manufactured products. One of the oldest methods of food preservation, since the discovery of fire, is the cooking of products. Therefore, heat treatment represents a fundamental step in the processing of meat products, being one of those responsible for preserving the food, with the destruction and/or inactivation of potentially pathogenic microorganisms, mainly because it is an excellent culture medium for their

development, due to its intrinsic characteristics, such as high water activity, high nutritional value and favorable pH, close to neutrality. For heat treatment processes to be effective in industries, they must be validated and evaluated in times and times. The present work aims to evaluate the thermal process of the agro-industry in question, for the products ready for human consumption, such as Calabresa Sausages having as target of thermal destruction the microorganism Enterococcus faecalis due to its high resistance to thermal treatments used in the products, to find the critical point of the oven through the monitoring of 5 in 5 minutes, to trace the temperature profile and to evaluate the initial microbiological load and after the thermal treatment of the products, being based for the ready products, the current legislation disposed in the Normative Instruction n°60 of Ministry of Agriculture, Livestock and Supply. In addition, it is expected that this work will add new concepts to the literature on the subject, due to the lack of studies on a subject of great industrial relevance, to the supervisory bodies, because it deals with public health and of course to consumers so that they have knowledge of the subject.
KEYWORDS: Heat Treatment; Meat Products; Microorganisms; Legislation.

1 I INTRODUÇÃO

Os produtos cárneos industrializados são alimentos muito versáteis, permitem aumentar a vida útil do produto, desenvolver e melhorar as propriedades organolépticas e utilizar partes do animal de difícil comercialização quando no estado fresco (TERRA, 1998). Entretanto, um dos maiores desafios das indústrias é levar a mesa do consumidor produtos seguros e de qualidade, tendo em vista que a carne possui elevador valor nutricional e grande quantidade de água disponível, tornando-a um alvo fácil tanto dos microrganismos deterioradores como dos microrganismos capazes de ocasionar danos à saúde do consumidor. Por isso, a produção segura dos alimentos envolve uma série de fatores, tomando atenção em todas as etapas de processamento, a fim de garantir a inocuidade dos produtos. Além disso, é realizado monitoramentos dos fatores intrínsecos e extrínsecos ao processo, principalmente os fatores que podem influenciar nas características do produto, estes acompanhamentos são conhecidos como controle de qualidade (TONDO, BARTZ, 2011).

A qualidade microbiológica de um alimento está condicionada, primeiramente a quantidade e o tipo de microrganismos presente inicialmente neste alimento e, depois a multiplicação destes (SEDUC, 2011). Tendo em vista, que os microrganismos estão presentes naturalmente nos alimentos e nos ambientes comuns de processamento destes e, a ausência do controle microbiológico, bem como a re-contaminação durante o processo produtivo, por microrganismos indesejáveis podem levar a deterioração do alimento, até consequências mais graves, afetando a saúde do consumidor

Durante o processo produtivo são criadas barreiras que restringem o crescimento microbiológico de patógenos. Uma das estratégias mais utilizadas no processamento de produtos cárneos industrializados é o tratamento térmico dos produtos, utilizando

temperaturas superiores as máximas permitidas, perante a legislação vigente, para provocar a morte ou inativação dos microrganismos presente no alimento. De acordo com a Portaria nº 711 os produtos cozidos devem atingir a temperatura mínima interna no centro isométrico do produto em 71°C, o tempo pode variar de acordo com as particularidades de cada produto.

> Para o caso de produtos cozidos controlar a temperatura mínima interna que deve atingir o produto 71ºC (setenta e um graus centígrados), e o tempo total de cozimento. Para os defumados, verificar o tempo de defumação e o processo usado; quanto aos produtos curados acompanhar para que esta cura seja realizada dentro dos padrões preconizados e com o tempo mínimo estabelecido para que estes produtos possam ser embalados e enviados para o mercado de consumo. (BRASIL,1995).

A definição do binômio (tempo x temperatura) a ser empregado no tratamento térmico dependerá do efeito que o calor exercerá nas características gerais do produto, aliado com os outros métodos de conservação aplicado a ele. As temperaturas que causam a morte dos microrganismos são denominadas como temperatura de letalidade. Quando as bactérias estão expostas ao calor ou aquecimento em um ambiente úmido com temperaturas letais, o mesmo percentual morre em um dado momento, independentemente do número de bactérias presente inicialmente, isto é referido a taxa de letalidade logarítmica (FEINER, 2006).

Para validação do tratamento térmico e cálculo da letalidade do microrganismo alvo faz-se necessário conhecer alguns parâmetros como: o valor de redução decimal (D) é o tempo necessário, a uma condição constante, (por exemplo, temperatura), para alcançar uma redução de 1 log (90 %) na população microbiana inicial (KNIPE & RUST, 2009). A constante de resistência térmica ou valor Z é utilizado na determinação da letalidade do processo. Na avaliação do tratamento térmico é necessário calcular o valor D em diferentes temperaturas. A variação experimental de D com a temperatura é uma relação exponencial. O valor Z ou constante de resistência térmica, é um fator que descreve resistência térmica dos esporos bacterianos, ou seja, representa o aumento de temperatura necessário para aumentar a taxa de morte em 10 vezes, ou reduzir o valor de D 10 vezes (FORSYTHE, 2010). O valor F é o tempo equivalente, em minutos de todo calor considerado com relação a sua capacidade de destruir esporos ou células vegetativas de um organismo em particular, é uma medida do efeito letal total sobre os microrganismos que sofrem um determinado tratamento térmico. (FORSYTHE, 2010). Alguns dados são referenciados na literatura, entretanto para avaliação do processo térmico proposto e verificação do atendimento da letalidade mínima necessária, deve-se calcular o valor de F*cal* para o processo total de cozimento, o qual deve ser no mínimo igual ou superior ao valor de F*ref* obtido a partir dos dados de referência do microrganismo alvo. Na prática o microrganismo mais resistente é utilizado como base para cálculo das condições de processo e presume-se que algumas espécies menos resistentes também serão destruídas (FELLOWS, 2006; REICHERT,

1988; KNIPE & RUST, 2009; STUMBO, 1965). Segundo Marcotte et al. (2008) e Reichert (1988) os *Enterococcus* são mais resistentes que a *Salmonella, Listeria* e *Staphylococcus* e estão diretamente relacionados com a contagem bacteriana total (PITTIA et al., 2008). Além disso, os *Enterococcu*s se fazem presente no trato gastrintestinal de animais podendo levar à contaminação da carne durante o abate. *E. faecalis* e *faecium* são as espécies predominantes em diversos tipos de produtos cárneos fermentados ou não (FRANZ et al., 2003; FOULQUIÉ-MORENO et al., 2006).

Dessa forma MAPA e empresas discutiram formas de garantir a inativação microbiológica durante o tratamento térmico, sendo então realizado um estudo conduzido pelo ITAL – Instituto de Tecnologia de Alimentos e repassado em forma de treinamento para as indústrias alimentícias, onde os cálculos serão referenciados na presente pesquisa.

Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a validação térmica dos processos de cozimento do embutido de carne suína, Linguiça Tipo Calabresa, utilizando o microrganismo alvo *Enterococcus faecalis* devido sua alta resistência aos tratamentos térmicos empregados nos produtos e também, comprovar a inocuidade do produto final a partir das análises microbiológicas realizada nos produtos durante o processamento.

2 I MATERIAIS E MÉTODOS

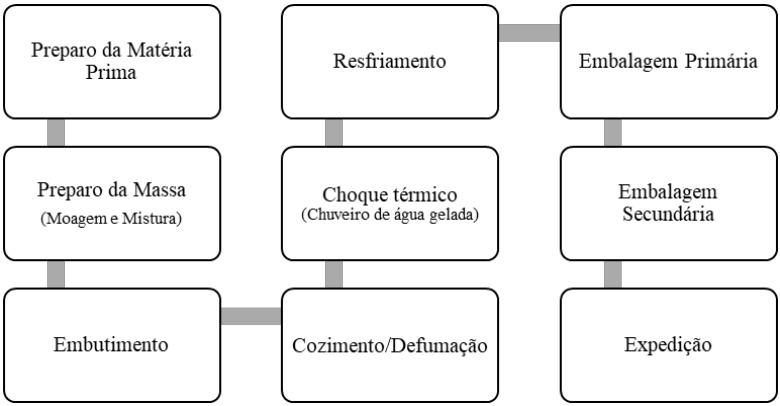
Os experimentos foram conduzidos em uma Indústria de Beneficiamento de Produtos Cárneos localizada no meio oeste Catarinense, utilizando como produto de referência a linguiça tipo calabresa. Neste item será apresentado as metodologias utilizadas para a elaboração da linguiça calabresa, cálculos para avaliação da letalidade do microrganismo alvo escolhido, perfil de temperatura do produto e do ambiente da estufa e análises microbiológicas do produto.

2.1 Processo produtivo da linguiça tipo calabresa

O processo produtivo da Linguiça Calabresa pode variar de uma indústria para a outra, em função das diversas tecnologias existentes no mercado. O da agroindústria em estudo está representado no Fluxograma 01. Para a etapa de cozimento e defumação é utilizado a receita disposta na figura 01, sendo que na etapa 04 de cozimento, o produto deve permanecer por tempo necessário até atingir temperatura mínima de 72ºC no centro geotérmico da peça.

O processo inicia-se no preparo da matéria-prima, as quais são pesadas e selecionadas de acordo com a formulação dos itens, encaminhadas para moagem e mistura da porção cárneo e de outros ingredientes, de acordo com a granulometria desejada, que para a Linguiça tipo Calabresa é de 8 mm para carnes e 5 mm para as gorduras. A massa é transportada para o setor de Embutimento, onde é embutida em envoltórios naturais ou artificiais, amarradas e\ou colocadas lacres, dependendo da especificação do produto, para

as Linguiças tipo Calabresas são utilizadas de calibre que variam de 37 a 50 mm.



Fluxograma 01: Processo produtivo da linguiça calabresa

Fonte: A autora (2021)

As Linguiças tipos Calabresas são alocadas em varas de inox, e em gaiolas que preencherão as estufas na etapa de cozimento e defumação natural, e seguirão o esquema de Tempo (min) Temperatura (°C) descritas na Tabela 01. Todas as gaiolas são pesadas antes e após desta etapa, para determinação da quebra de cozimento.

Ao final da etapa de cozimento, os produtos passam pela etapa de resfriamento rápido, com utilização de água gelada, conhecido industrialmente pelo choque térmico nos produtos, essa etapa é fundamental para reduzir o tempo de resfriamento e minimizar a carga térmica que entrará na câmara de resfriamento. O produto é resfriado até 20 °C em câmara de resfriamento, para posteriormente seguir a embalagem primária, secundária e expedição.

Fase	Tempo (min)	Temperatura °C
1º	60	50
2º	180	60
3º	60	70
4º	*	82

Tabela 01: Receita de Cozimento Calabresa

Fonte: Autora (2021)

2.2 Determinação do perfil de temperatura do produto e do ambiente

Será realizada o monitoramento de temperatura dos produtos e do ambiente da estufa, de 5 em 5 minutos, ao longo do processo de cozimento através de termoregistradores,

modelo *ibutton.* Os termoregistradores foram alocados no centro geotérmico do produto e dispostos na parte superior e inferior da gaiola, e nas gaiolas os termoregistradores foram pendurados adjunto as peças nas varas dispostas no meio da gaiola, por serem consideradas a região de maior dificuldade de circulação de ar. Este procedimento foi realizado em triplicata na estufa, afim de comprovar o ponto crítico do equipamento e realizar o perfil de temperatura dos produtos e do ambiente. Para atender a premissa do estudo de validação térmica, foi carregado a estufa em sua totalidade.

2.3 Avaliação do tratamento térmico

Para compreender o efeito do tratamento térmico no produto, bem como a destruição do microrganismo alvo faz-se necessário calcular os parâmetros citados anteriormente.

(1) Para se conhecer os valores equivalentes de D em outras temperaturas utiliza-se o conceito de taxa letal (TL):

$$Taxa\ Letal\ (TL) = \frac{D_{Tref}}{D_T} = 10^{\frac{T(t)-T\,ref}{z}}$$

(2) Valor de F (letalidade), dado por F = número (n) de reduções decimais (D) do microrganismo alvo requerido para eficiência do tratamento térmico.

$$F^{Z}_{T\,Ref} = n\,.\,D_{Tref}$$

(3) O método mais utilizado para estimar a área sob a curva e determinar o valor F*cal*, foi proposto por Patashinik, denominado método trapezoidal, o qual simplifica o método da integração numérica desde que o intervalo de aquisição do tempo seja constante e que a taxa de letalidade no início e no final sejam desprezíveis para avaliação. Sendo a taxa letal (L) adimensional, o produto da sua multiplicação com o tempo de tratamento tem unidade de tempo. Para este método o número de medidas de temperatura do tempo de tratamento deverá ser o máximo conseguido, para que o valor F seja muito próximo ao real. Pode-se dizer que o valor de F*cal* corresponde ao somatório das contribuições letais (L x Δt) de cada temperatura a cada pequeno intervalo de tempo.

$$F^{Z}_{T\,Ref} = (TL_1 + TL_2 + \ldots + TL_{n-1} + TL_n)$$

As constantes de resistência térmica, valor, de D e Z utilizados na determinação da letalidade do processo estão descritos na tabela 02.

Microrganismo	**T *ref* (ºC)**	**D (min.)**	**Z (ºC)**	**P**
Salmonella ssp	65,6	0,02-0,25	4,5-5,6	>12D
Salmonella ssp	65,6	0,172	5,6	>7D
E. faecalis	70	2,95	10	>6D
L. monocytogenes	65	1,67	8	>6D

S. aureus	65,5	0,2-2,0	4,5-6,7	
E. coli O157:H7	60	0,38-0,55	4,4-4,8	>5D

Tabela 2: Valor Z de diversos micro-organismos relacionados na literatura

Fonte: (1) Stumbo, 1973 (2) Feiner, 2006; (3) NZFSA (4) FSIS/EUA (5) Ahmed, N. M.; Conner, D. E. e Huffman, D. L. Heat-Resistance of Escherichia Coli O157:H7 in Meat and Poultry as Affected by Product Composition. Journal of Food Science, v.60, n.3, p.606-610, 1995 (* Referência de D e z para aves) (6) The Microbiology of safe food. 2nd edition, Stephen J. Forsythe. Wiley-Blackwell, 2010.

2.4 Controle microbiológico no processamento

As amostras foram coletadas em quintuplicatas, antes e após cozimento, o critério de amostragem, foi definido com base na *International Commission on Microbiological Specifications for Foods* (ICMSF), nos três acompanhamentos realizados na Estufa, acondicionadas em sacos estéreis e enviadas ao laboratório terceirizado, credenciado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, localizado na cidade de Cascavel – PR. As análises solicitadas basearam-se na Instrução Normativa nº 60, além destas foram solicitadas contagem total de mesófilos aeróbios e contagem total de coliformes, a pesquisa destes microrganismos são indicadores de condições higiênicas sanitárias inadequadas e possíveis contaminações de bactérias patogênicas durante o processo produtivo (Liston, 1976).

2.5 Controle microbiológico no processamento

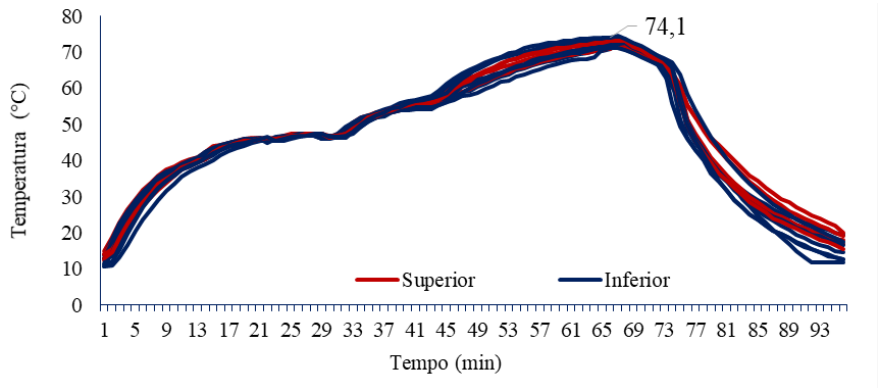
Os dados experimentais foram expressos como média ± desvio padrão e avaliados por análise de variância (ANOVA) com nível de significância de 0,05 utilizando o programa SAS (versão 9.1).

3 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

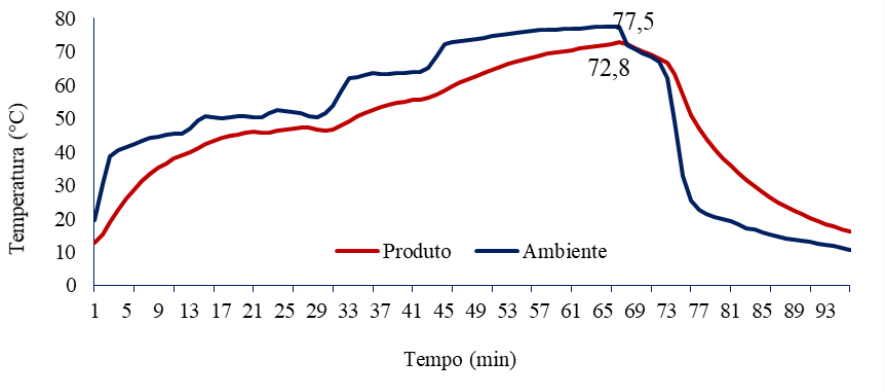
Através dos dados coletados, foi possível evidenciar que todos os pontos dispersos pela estufa atingiram a temperatura mínima preconizada pela Portaria n°711 de 71°C no centro do produto, no processo em estudo a temperatura média no centro geotérmico dos produtos durante as avaliações foi de 72,8ºC, com um período de tratamento térmico aproximado de 6 horas (BRASIL, 1995).

Para Forsythe (2013), uma vez que a maioria das bactérias patogênicas são mesófilas, elas são destruídas em temperaturas de cozimento (71ºC), e toxinas não resistentes ao aquecimento também são inativadas. Destruindo também os micro-organismos causadores de deterioração, e, portanto, o tratamento térmico do alimento pode tanto prolongar sua vida de prateleira como reduzir o número de bactérias patogênicas.

A Figura 01 apresenta o perfil de Temperatura (°C) da Linguiça tipo Calabresa durante o processo de cozimento na estufa.



a) Perfil de Temperatura (°C) da parte superior e inferior da gaiola



b) Perfil de Temperatura (°C) ambiente da estufa e do Produto

Fonte: Autoras

Figura 1 Perfil de Temperatura (°C) da Linguiça tipo Calabresa durante o processo de cozimento na estufa; a) Perfil de Temperatura (°C) na Linguiça tipo Calabresa na parte superior e inferior da gaiola e b) Perfil de Temperatura (°C) ambiente da estufa e do Produto. Na Figura 1a, percebe-se comportamento estável e homogêneo da temperatura, principalmente tratando os níveis inferiores e superiores da gaiola, este fato é de extrema importância para o processo de cozimento, possibilitando um cozimento gradual e uniforme dos produtos.

No estudo em questão, foi considerado a posição 01 (nível inferior da gaiola) como ponto crítico de controle durante o processo de produção da Linguiça tipo Calabresa, posicionado no fundo da estufa, do lado esquerdo da estrutura do equipamento, concluindo que este fato está ligado com a estrutura da estufa e com a intensidade de ventilação neste ponto.

O ponto crítico do ambiente condiz com o ponto crítico do produto, ponto o qual a temperatura do tratamento térmico levou mais tempo a ser atingida, mesmo com a

homogeneidade da temperatura na estufa. E neste caso, a empresa mensurando a temperatura dos produtos no ponto crítico das estufas, utilizando termômetro de haste controle o produto e o ambiente.

Segundo Ital (2017), o tratamento térmico adequado é essencial para a elaboração de produtos da categoria e o requisito mínimo é a garantia de redução de pelo menos seis ciclos Log (6D) dos microrganismos alvo (sugestão *Streptococcus D/Enterococcus faecalis*), pois seguramente haverá redução significativa do patogênico mais prevalente (*Salmonella* sp e *Listeria monocytogenes*) e anaeróbios mesófilos.

Neste caso, o microrganismo alvo empregado neste estudo foi o *Enterococcus faecalis,* devido sua alta resistência térmica, além disso este microrganismo é amplamente distribuído na natureza, estando presentes em solos, águas, plantas, vegetais, e microbiota autóctone de vários alimentos (HARDIE & WHILEY, 1997; EATON & GASSON, 2001; GIRAFFA, 2002; IVERSEN et al., 2002).Este gênero compreende cocos Gram-positivos que ocorrem isolados, aos pares ou em pequenas cadeias. São anaeróbios facultativos, alguns são móveis e a temperatura ótima de crescimento é de 35 a 37°C, sendo que muitas cepas apresentam capacidade de multiplicação entre 10 e 45°C. Estes micro-organismos não requerem atmosfera contendo elevada concentração de CO2 para sua multiplicação embora, algumas cepas o façam melhor sob esta condição. O metabolismo fermentativo resulta em L (+) ácido lático como produto principal da fermentação da glicose (HARDIE & WHILEY, 1997; DOMIG et al., 2003). Além disso, processamentos tecnológicos de alguns alimentos como, salga e defumação, expõem os micro-organismos a extremos de temperatura, pH e salinidade. Nestas condições, os *Enterococcus*, que são altamente resistentes, podem se multiplicar e até provocar a deterioração do produto (GIRAFFA, 2002; FOULQUIÉ- MORENO et al., 2006). As bactérias Gram-positivas são mais resistentes ao tratamento sob pressão do que as Gram-negativas. As bactérias são mais sensíveis à pressão no início da fase logarítmica de crescimento do que durante a fase estacionária. A microbiota endógena dos alimentos é mais resistente à pressão do que os microrganismos catalogados usados para inoculação (LÓPEZ-CABALLERO et al., 2002a; CHEFTEL e CULIOLI, 1997; HALL et al. 2002).

Após o monitoramento da temperatura dos produtos, foi calculado o valor letal para o microrganismo alvo, para isso utilizou-se como base de cálculos os valores das posições consideradas como ponto crítico e os valores de referência para o *Enterococcus faecalis.* A letalidade referenciada na literatura questão é de 17,70 L para 6D de reduções logarítmicas, com temperatura de 70ºC.

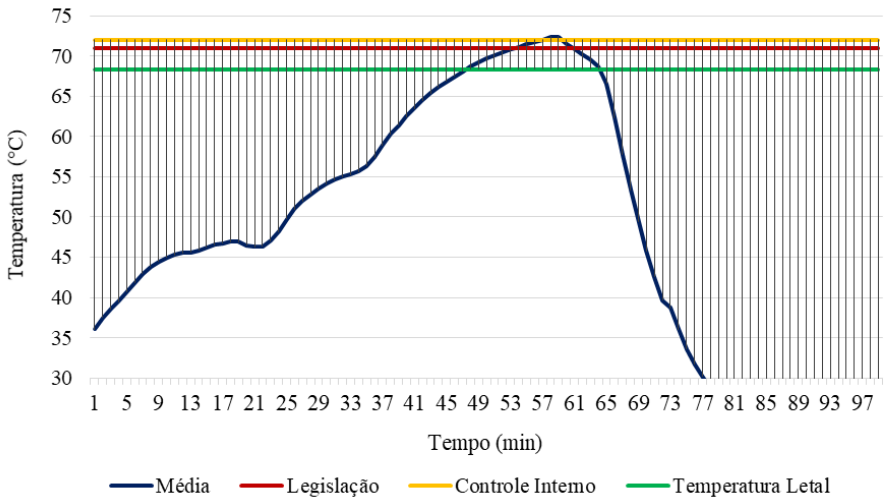


Figura 2: Perfil de temperatura do produto Linguiça tipo Calabresa, co-relacionada com a temperatura mínima determinada em legislação, temperatura de controle interno da indústria e a temperatura de letalidade calculada experimentalmente.

Fonte: As autoras.

Durante o acompanhamento, calculou-se uma redução logarítmica superior a 40D nos 3 monitoramentos, com uma taxa letal média de 134,1L extremamente superior aos parâmetros mínimos referenciados. Além disso, através do gráfico 02, é possível evidenciar que a temperatura de letalidade para o microrganismo alvo (média de 68,34°C) é inferior a temperatura mínima interna exigida pelo MAPA de 71°C e a indústria em questão considera 72°C a temperatura mínima que deve ser atingida (Figura 2), para assegurar a eficiência do cozimento. Desta forma, demostrando que o tratamento térmico aplicado ao produto é adequado e garante a segurança alimentar dos consumidores, onde o valor de Fcal > Fref (Tabela 3).

Para a letalidade, além dos valores de D (tempo em min a uma certa temperatura de referência constante requerida para eliminar 90% da população inicial do micro-organismo de referência) e Z (diferença necessária para reduzir ciclo logarítmico no valor de D, diferença está sempre em relação a temperatura de referência para o micro-organismo de interesse) é necessário o cálculo da taxa letal (L) que relaciona a variação da temperatura no processo, e o valor de F calculado é propriamente a letalidade do processo equivalente a tempo em minutos a uma certa temperatura de referência (STUMBO, 1965; REICHERT, 1988; FELLOWS, 2006; KNIPE; RUST, 2009).

Microrganismo alvo: *Enterococcus faecalis*			
Número pontos	96	81	96
Tempo total (min)	475	400	475
Letalidade exp.(min)	**126,099**	**120,962**	**155,382**
n reduzidos	42,746	41,004	52,672
Atingiu letalidade?	**Sim!**	**Sim!**	**Sim!**

Tabela 3: Resultados obtidos através dos cálculos de eficiência do cozimento da Linguiça Calabresa

Fonte: As autoras

Sabe-se que coliformes totais e termotolerantes, *Escherichia coli, Enterococos* sp*, Staphylococcus aureus, Clostridium perfringens, Listeria monocytogenes* e *Salmonella* sp podem estar presentes na carne fresca, já que o processo de abate não apresenta nenhuma etapa bactericida (VANDERZANT; SPLITTSTOESSER, 1992). Ademais, tais microrganismos apresentam maior adaptabilidade a alimentos com alta carga de nutrientes e atividade água favorável, como é o caso de derivados cárneos, por exemplo (ROSSI; BAMPI, 2015). A partir disso, analisando os resultados laboratoriais observa-se uma diferença significativa de contagem de patógenos nos produtos antes e após a etapa crítica de controle. A Tabela 4 apresenta os resultados microbiológicos, obtidos antes e após o tratamento térmico da linguiça calabresa. Para avaliação dos dados baseou-se os padrões legais vigentes, de acordo com a IN nº 60 de 23 de dezembro de 2019 (BRASIL, 2019). Para produtos cárneos prontos para consumo, a legislação brasileira, considerando a importância de *L. monocytogenes* e *Salmonella ssp*. em alimentos, estabelece ausência desse patógeno em 25g de amostra. (BRASIL, 2019).

A presença de coliformes totais em linguiças, apesar de não as classificar como impróprias ao consumo, segundo a legislação sanitária vigente (Brasil, 2001), é indicativo de condição higiênica inadequada, manipulação incorreta, condições indevidas de armazenamento e falta de procedimentos de boas práticas de fabricação (BPF) (Salotti et al., 2006), o que evidencia risco à saúde dos consumidores (Marques et al., 2006; Souza et al., 2014). Resultados superiores aos encontrados neste estudo foram relatados por Alberti; Nava (2014) e Mantovani et al (2011) que identificaram coliformes totais em 100,0% das amostras de linguiças analisadas.

Identificação Amostra	Data Fabricação	Mesófilos Áerobios	Coliformes totais	Escherichia coli	Salmonella spp	Staphylo-coccus coagulase positiva	Listeria monocy-togenes	Clostridium perfringens.
Calabresa 01 Antes cozimento	04/08/2021	4,3 x 10^3a	< 1,0 x 10^1a	< 1,0 x 10^1a	Ausente[a]	< 1,0 x 10^1a	Presente[a]	< 1, x 10^1a
Calabresa 01 Após cozimento	04/08/2021	1,0 x 10^1b	< 1,0 x 10^1a	< 1,0 x 10^1a	Ausente[a]	< 1,0 x 10^1a	Ausente[a]	< 1,0 x 10^1a
Calabresa 02 Antes cozimento	05/08/2021	4,0 x 10^3a	< 1,0 x 10^1a	< 1,0 x 10^1a	Presente[b]	< 1,0 x 10^1a	Ausente[a]	< 1,0 x 10^1a
Calabresa 02 Após cozimento	05/08/2021	< 1,0 x 10^1b	< 1,0 x 10^1a	< 1,0 x 10^1a	Ausente[b]	< 1,0 x 10^1a	Ausentea	< 1,0 x 10^1a
Calabresa 03 Antes cozimento	23/08/2021	9,0 x 10^3a	2,5 x 10^2a	< 1,0 x 10^1a	Ausente[a]	< 1,0 x 10^1a	Presente[a]	< 1,0 x 10^1a
Calabresa 03 Após cozimento	23/08/2021	5,6 X 10^1b	< 1,0 x 10^1b	< 1,0 x 10^1a	Ausente[b]	< 1,0 x 10^1a	Ausente[a]	< 1,0 x 10^1a

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05) no mesmo dia de produção

Tabela 4: Resultados microbiológicos para as Linguiças tipo Calabresas antes e após cozimento em estufa em agosto de 2021.

Fonte: As Autora

Cortez e colaboradores (2004) constataram a presença de *Salmonella sp*. em 6,60% (n = 7) das 106 amostras de Linguiças tipo Calabresa analisadas. Após a análise realizada em 200 amostras, Spricigo e colaboradores (2008), encontraram contaminação por S*almonella* sp em 27% representando um n = 54. Já na presente pesquisa evidenciou a presença deste microrganismo em apenas 3,33% das amostras (n=1) antes do processo de cozimento das Linguiças tipo Calabresa.

Em trabalho realizado por Lima et al. (2003), investigando 106 amostras de cinco tipos diferentes de linguiças (de carne suína, de carne de frango, tipo calabresa, mista e tipo toscana), também foi verificado valores superiores aos desta pesquisa (6,66%, em 02 amostras), tendo sido a *Listeria spp.* isoladas em 62 amostras (58,5%).

No que tange à bactéria *C. perfringens*, Mantovani et al. (2011) também não observaram crescimento em nenhuma das amostras analisadas para esse microrganismo. Vale ressaltar que os produtos de origem animal, em especial à base de carne bovina frango, têm sido relatados como principais causadores de intoxicação alimentar por *C. perfringens*, em virtude da alta prevalência dessa bactéria no trato intestinal dos animais (PARDI et al., 2001). Para Fiorese et al. (2018), detectou duas amostras positivas para *Staphylococcus coagulase* positiva de 44 avaliadas no total, representando 4,5% de contaminação. Este fator retrata um problema de saúde pública, devido ao risco de ocasionar intoxicação alimentar

à população. Para efeito de fiscalização, a legislação brasileira exige a enumeração de *Staphylococcus coagulase* positiva em alimentos in natura e processados, de origem animal ou vegetal. Lopes el al. (2018) apresentou resultados de contagem de *Escherichia coli*, iguais ao do estudo < 1,0 x 10^1.

4 I CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, pode-se concluir que as Linguiças Calabresas produzidas na agroindústria em questão estão aptas ao consumo humano, demonstrando condições higiênicas-sanitárias conforme a legislação brasileira exige.

Os resultados obtidos para comprovação da eficiência do tratamento térmico foram satisfatórios, os valores do F referenciado na literatura foram superados com uma margem de segurança extremamente considerável para o microrganismo alvo, portanto garante a segurança e inocuidade dos produtos processados sob as condições estabelecidas.

As análises laboratoriais comprovaram a eficácia do tratamento térmico, pois os resultados obtidos após etapa crítica de controle possuem resultados menores que os resultados antes do cozimento, demonstrando que há alteração microbiológica do produto, ou seja, os indicadores microbiológicos são reduzidos de forma significativa nas etapas de processamento térmico. Portanto reafirmando que é possível garantir que a unidade produtora oferece ao consumidor um produto seguro e com qualidade microbiológica assegurada.

REFERÊNCIAS

ALBERTI, J; NAVA, A. **Avaliação higiênico-sanitária de linguiças comercializadas a granel por supermercados e produzidas artesanalmente no município de Xaxim, SC**. Unoesc & Ciência, Joaçaba, v. 5, n. 1, p. 41-48, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Portaria Nº 711, de 01 de novembro de 1995. **Aprovação das normas técnicas de instalações e equipamentos para abate e industrialização de suínos.** Brasília, DF, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 60 de 23 de dezembro de 2019. **Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos.** Brasília. DF, 2019.

CHEFTEL, J. C.; CULIOLI, J. **Effects of high pressure on meat: a review. Meat Science**, v. 46, n. 3, p. 211-236, 1997.

CORTEZ LL, Carvalho ACFB, Amaral LA, Salotti BM, Vidal-Martins AMC. **Coliformes fecais, estafilococos coagulase positiva (ECP), Salmonella spp. e Campylobacter spp. em linguiça frescal.** Alim. Nutr 2004; 15:215-220.

DOMIG, K. J.; MAYER, H. K.; KNEIFEL, W. **Methods used for the isolation, enumeration, characterisation and identification of Enterococcus** spp. 1. **Media for isolation and enumeration. International Journal of Food Microbiology**, v. 88, p. 147-164, 2003.

EATON, T. J.; GASSON M. J. **Molecular screening of Enterococcus virulence determinants and potential for genetic exchange between food and medical isolates. Applied and Environmental Microbiology,** v. 67, p.1628-1635, 2001.

FEINER, G. **Predictive microbiology for meat products.** Cambridge - England, 2006.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos**. Porto Alegre: Artmed. 2006. 602p.

FORSYTHE, S. J. **The Microbiology of safe food.** 2nd edition. Wiley-Blackwell, 2010

FOULQUIÉ-MORENO, M. R.; SARANTINOPOULOS, P.; TSAKALIDOU, E.; DE VUYST, L. **The role and application of enterococci in food and health. International Journal of Food Microbiology**, v. 106, p. 1-24, 2006.

FRANZ, C. M. A. P.; STILES, M. E.; SCHLEIFER, K. H.; HOLZAPFEL, W. H.; **Enterococci in foods – a conundrum for food safety. International Journal of Food Microbiology,** v. 88, p.105-122, 2003.

GIRAFFA, G. **Enterococci from foods. FEMS Microbiology Reviews,** v.26, p.163-171, 2002

HALL, R. S.; PATTERSON, M. F.; MADDEN, R. H. **Resistance of Pseudomonas e Brochothrix species to high hydrostatic pressure**. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY (ICoMST), 48., Rome, 25-30 de agosto de 2002. 264 B.CEPPA, Curitiba, v. 21, n. 2, jan./jun. 2003 Proceeding. Rome: Universitá di Parma/Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2002. v. 1, p. 184-185.

HARDIE, J. M.; WHILEY, R.A. **Classification and overview of the genera Streptococcus and Enterococcus. Journal of Applied Microbiology**, v. 83, p. 1S-11S, 1997.

ICMSF. International Commission on Microbiological Specifications for Foods Microorganisms in Foods 7. **Microbiological testing in food safety management**. Kluwer Academic/ Plenum Publishers, 2002.

ITAL. **Princípios de Controle do Processo Térmico, Acidificação e Avaliação do Fechamento de Recipientes.** 4o ed. The Food Processors Institute edition. Tradução autorizada Instituto Tecnológico de Alimentos, Campinas, 1990.

KNIPE, C. L.; RUST, R. E. **Thermal processing of ready-to-eat meat products.** Columbus: Wiley-Blacwell, 2009.

LÓPEZ-CABALLERO, M. E.; CARBALLO, J.; SOLAS, M. T.; JIMÉNEZCOLMENERO, F. **Responses of Pseudomonas fluorescens to combined high pressure/temperature treatments. European Food Research Technology**, v. 214, n. 6, p. 511-515, 2002a.

MARQUES, Boari CA, Brcko CC, Nascimento AR, Piccol RH. **Avaliação higiênico-sanitária de linguiças tipo frescal comercializadas nos municípios de Três Corações e Lavras-MG**. Ciênc. Agrotec 2006; 30:1120-23. Santa Catarina.

MANTOVANI D, Corazza ML, Filho LC, Costa SC. **Avaliação higiênico-sanitária de linguiças tipo frescal após inspeção sanitária realizada por órgãos federal, estadual e municipal na região noroeste do Paraná.** Saud. Pesq 2011; 4: 357-62. 2011

MARCOTTE, M.; CHEN, C.R.; GRABOWSKI, S.; RAMASWANY, H. S.; PIETTE, J.G. **Modelling of cooking-cooling processes for meat and poultry products.** International Journal of Food Science and Technology, v.43, p.673-684, 2008.

PITTIA, P.; FURLANETTO, R.; MAIFRENI, M.; MANGINA, F.T.; DALLA ROSA, M. **Safe cooking optimisation by F-value computation in a semi-automatic oven.** Food Control, v.19, p.688-697, 2008.

REICHERT, J. E. **Tratamiento** térmico de **los productos cárnicos:** fundamentos de los cálculos y aplicaciones. Zaragoza: Acribia, 1988, 174p.

ROSSI, P.; BAMPI, G. B. **Qualidade microbiológica de produtos de origem animal produzidos e comercializados no Oeste Catarinense. Segurança Alimentar e Nutricional**. . 22, n. 2, p. 748 - 757, 2015.

SALOTTI BM, Carvalho ACFB, Amaral LA, Vidal Martins AMC, Cortez AL. **Qualidade microbiológica do queijo Minas frescal comercializado no município de Jaboticabal**, SP, Brasil. Arq. Inst. Biol 2006; 73:171-175.

SOUZA, M.; PINTO, F. G. S.; BONA, E. A. M.; MOURA, A. C. **Qualidade higiênicosanitária e prevalência de sorovares de Salmonella em linguiças frescais produzidas 51 artesanalmente e inspecionadas, comercializadas no oeste do Paraná**, Brasil. Arquivos do Instituto Biológico, v. 81, n. 2, p. 107-112, 2014.

SPRICIGO DA, Matsumoto SR, Espíndola ML, Ferraz SM. 2008. **Prevalência, quantificação e resistência a antimicrobianos de sorovares de Salmonella isolados de linguiça frescal suína.** Ciênc. Tecnol. Aliment. 28:779-85.

STUMBO, C.R. **Thermobacteriology in food processing.** London: Blackie Academic Press, 1965.

TERRA, N.N. **Apontamentos de tecnologia de carnes**. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 1998. 216 p.

VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D. F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods** .3. ed. Washington: American Public Health Association (APHA), 1992.

VERSEN, A.; KÜHN, I.; FRANKLIN, A.; MÖLLBY, R. **High prevalence of vancomycin resistant enterococci in Swedish sewage. Applied and Environmental Microbiology,** v.68, p. 2838-2842, 2002.

CAPÍTULO 20

A QUALIDADE DO SOLO A PARTIR DO MANEJO AGROECOLÓGICO: ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICAS

Data de aceite: 01/02/2022
Data de submissão: 27/10/2021

Esther Mariana Flaeschen de Almeida Nunes
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Seropédica-RJ
http://lattes.cnpq.br/5835575736991296

Alessandra Paiva Ribeiro
Universidade Federal de Viçosa
Viçosa-MG
http://lattes.cnpq.br/8542465668015907

RESUMO: Este trabalho objetivou avaliar a qualidade do solo em duas áreas sob manejo agroecológico, uma área cultivada com horta e outra com feijão e milho, ambas em uma propriedade agroecológica localizada no município de Porto Firme (MG). Utilizou-se como indicadores de qualidade análises químicas e físicas do solo. Observou-se melhoria na qualidade do solo da horta, a partir do incremento da fertilidade, assim como melhorias na agregação do solo. Esses resultados corroboram a importância do manejo agroecológico para melhorias nos atributos químicos do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Agroecologia; Agricultura familiar; Êxodo urbano; Qualidade do solo; Recuperação de pastagens.

SOIL QUALITY FROM AGROECOLOGICAL MANAGEMENT: CHEMICAL AND PHYSICAL ANALYSIS

ABSTRACT: This study aimed to evaluate soil quality in two areas under Agroecological management, an area cultivated with vegetable garden and another with beans and maize, both in an Agroecological property located in the municipality of Porto Firme (MG). It was used as indicators of quality chemical and physical analyses of the soil. It was observed improvement in the soil quality of the garden, from the increase of fertility, as well as improvements in soil aggregation. These results corroborate the importance of agroecological management for improvements in soil chemical attributes.

KEYWORDS: Agroecology, Family agriculture; Urban exodus; Soil quality; Recovery of pastures.

INTRODUÇÃO

O Sítio Zion localizado na zona rural de Porto Firme, Zona da Mata - MG, abriga uma família que migrou de um centro urbano. A família participa da rede Raízes da Mata, uma rede de aproximação entre consumidores e produtores de alimentos agroecológicos e orgânicos, localizada em Viçosa - MG. A família, de cinco pessoas, há três anos adquiriu a propriedade de nove hectares, com predomínio de pastagens e cultivo de café não manejado em processo de degradação. A família está empenhada em produzir e, ao mesmo tempo, recuperar a área.

Para tal, a família procurou novas formas de uso e ocupação da terra, encontrando nos fundamentos da agroecologia os princípios que propiciam concomitantemente o convívio harmônico com a natureza (PRIMAVESI, 2008) e a produção de alimentos, valorizando a cultura entre diferentes gerações (CAPORAL E COSTABEBER, 2002). Com isto, a família encontrou na agroecologia a forma de produzir e viver bem.

Algumas técnicas e tecnologias adotadas no manejo da propriedade são: cobertura de solo, uso de esterco bovino curtido, capina seletiva, compostagem, plantio consorciado, uso de plantas repelentes e atrativas, cobertura morta de entrelinha por podas, e adubação verde. Estas práticas trazem ao solo benefícios como aumento e conservação da biodiversidade, maior teor de matéria orgânica, acréscimo na infiltração de água e melhorias na porosidade do solo (PRIMAVESI, 2008).

Tais práticas estão em sintonia com o manejo agroecológico, pois favorecem a ciclagem de nutrientes e matéria orgânica, potencializam os fluxos tróficos de energia, conservam a água e o solo, assim como equilibram populações de pragas e inimigos naturais (ALTIERI, 2012). As leguminosas, em especial, adicionam nitrogênio ao solo, a partir do estímulo da simbiose com bactérias responsáveis pela fixação biológica do nitrogênio (SOUZA, *et al.*, 2012). Os diferentes níveis de interações entre componentes bióticos e abióticos promovem a biodiversidade funcional que atua em sinergia através dos serviços ecológicos em uma tentativa de imitar os ecossistemas naturais em equilíbrio (ALTIERI, 2012).

Além disso, o processo de transição agroecológica fundamenta-se na articulação dos saberes populares e práticos como conhecimento técnico científico. De modo a contribuir com a transição agroecológica da propriedade, realizou-se o presente estudo, com o objetivo de avaliar a qualidade do solo do sítio Zion, utilizando como indicadores de qualidade atributos físico-químicos. As análises permitiram comparar duas áreas sob manejo agroecológico, uma horta cultivada há três anos e uma área cultivada com feijão há dois anos. Análises químicas do solo, e observação qualitativa do ambiente foram realizadas de modo a inferir sobre o manejo em ambas as áreas.

METODOLOGIA

Os nove hectares da propriedade localizada (20°42’06,21’’S, 43°01’27,95’’O), estão distribuídos em área de reserva legal, pastagem nativa, café, horta, sistema agroflorestal, plantio anual de feijão e duas nascentes.

Para efeito deste estudo considerou-se as áreas da horta e de cultivo de feijão e milho. As duas áreas encontram-se na mesma unidade da paisagem, um terraço, portanto, supõe-se que estes possuam a mesma gênese. Anteriormente as duas áreas eram utilizadas como pastagens. Na horta há adição constante de matéria orgânica, sem revolvimento do solo. Na área de feijão e milho, diferentemente da horta, não há aporte

continuado de matéria orgânica, arada anualmente com alternância entre os cultivos de milho e feijão. A propriedade foi visitada três vezes para amostragem de solo e devolução das análises à família agrícola.

Para a avaliação das propriedades químicas do solo, foram coletadas duas amostras compostas, formadas por seis amostras simples, uma em cada área, nas profundidades de 0-17 cm, utilizando o trado holandês para amostragem de solo. A amostragem da área da horta se deu nos canteiros e nos berços cultivados e na área de feijão e milho de forma aleatória. Para as propriedades físicas, foram coletadas duas amostras simples indeformadas, de cada área, com auxílio de anel de Kopecky (diâmetro de 4,81 cm, altura de 5,50 cm), as profundidades de 5 a 10 cm. Avaliou-se densidade do solo (Ds), pelo método do anel volumétrico e o volume total de poros (VTP, %). Na determinação de porosidade do solo foi realizado o cálculo empregando parâmetros quantitativos de peso do solo de acordo com umidade atual, peso das amostras secas em estufa associado a densidade do solo. A resistência à penetração, indicador de compactação do solo, foi determinado na profundidade de 0 – 50cm, utilizando o penetrômetro de impacto modelo Stolf (4KG), com seis repetições em cada área. As análises foram realizadas nos Laboratórios de Física do Solo e de rotina (análises químicas) de Solo do Departamento de Solos da UFV.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises químicas dos solos das áreas da horta e feijão encontram-se na Tabela 1.

Área	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V
		mg/dm³		cmol^c /dm³						
Horta	5,71	9,3	84	2,76	0,95	-	2,8	3,93	6,73	58,4
Feijão e Milho	4,62	1,5	38	0,81	0,24	0,66	3,6	1,15	4,75	24,2

P: fósforo; K: potássio, Ca: Cálcio, Mg: Magnésio, al: acidez trocável, H+Al: Acidez potencial, SB: Soma de bases trocáveis, T: Capacidade de troca catiônica total. V: Saturação de bases (%).

Tabela 1. Resultados de Análise Química do Solo

A Análise química do solo não deve ser interpretada só como instrumento de recomendação de adubação e calagem, e sim como forma de averiguar aspectos relacionados à qualidade podendo auxiliar na adoção de práticas de manejo agroecológico, a partir de cada classe de solo e bioma (CARDOSO E FÁVERO *et al.,* 2008).

Segundo a 5ª aproximação (CFSEMG, 1999), o solo da área da horta apresenta, em relação a área de feijão e milho, maior fertilidade, baixo teor de P para cultivos agronômicos, sem presença de acidez causada por alumínio. Está classificado em um manejo “bom”,

diferente da área de feijão e Milho que apresenta baixos teores de pH e macronutrientes. O manejo intensivo da horta, há três anos, contribuiu para aumento na ciclagem de nutrientes e disponibilidade de potássio, cálcio, magnésio e fósforo em relação ao manejo da área de feijão e milho. O solo da horta pode ser considerado eutrófico, com índice saturação de bases (V%), maior que 50% e do feijão e milho, com V menor que 50%, pode ser considerado distrófico (Tabela 1). Não houve nos últimos cinco anos correção com calagem em nenhuma das áreas, portanto, a ausência de alumínio no solo da horta, deve-se ao manejo de aporte constantemente de matéria orgânica que permite rápida correção da acidez do solo, tendendo a estabilizar o pH próximo a neutralidade. (PENTEADO, 2007) é constantemente adicionada ao solo da horta.

ANÁLISES FÍSICAS

A densidade do solo da área horta foi de 1,53 g/cm³ e do feijão 1,16g/cm³. A porosidade total foi de 37% e 53%, respectivamente. A porosidade do solo controla relações volumétricas entre as fases água e ar e junto com a densidade indicam condições à penetração das raízes no solo contribuindo com outros atributos, à tomada de decisão sobre o manejo agrícola. (TAVARES, *et al.,* 2008). A maior densidade e menor porosidade da horta não indicam degradação.

Segundo (FERREIRA, *et al* 2010), o índice crítico de densidade ao desenvolvimento radicular varia de acordo com o tipo de solo, mas assumindo o valor crítico de 1,75 g cm³, indicado pelos autores, a densidade dos solos estudados não está dificultando o crescimento das raízes. Em especial na horta, o constante aporte de matéria orgânica (embora não avaliada) está contribuindo para a maior agregação das partículas dos solos (PRIMAVESI, 2016).

A camada de 0-17 cm, no solo da horta, apresentou maior resistência a penetração, enquanto a área de feijão e milho a maior resistência a penetração foi na profundidade de 17-50 cm. As diferenças entre as áreas podem ser atribuídas ao manejo e cultivo adotado. O solo da horta é mais revolvido superficialmente, por isto a maior densidade, menor porosidade e maior compactação na camada mais superficial (FLOWERS e Lal,1998 *aput* STEFANOSK *et al.*, 2013). Já a área do feijão e milho, recentemente restaurada de sucessivas arações na pastagem, possui menor densidade, maior porosidade e maior compactação nas camadas inferiores do solo.

CONCLUSÃO

O manejo agroecológico do solo melhorou a qualidade do solo, em especial a partir do aporte de matéria orgânica, o que resultou em melhorias dos atributos químicos e físicos do solo da área da horta.

REFERÊNCIAS

ALTIERE, M. **Agroecologia: Bases científicas para uma agricultura sustentável**/ Miguel altiere.--3. ed.rev. ampl. - São Paulo, Rio de Janeiro: Expressão Popular, As-PTA 2012. 400 p.: il. graf. tabs. - 105 a 115 p.

CAPORAL, F. R. e COSTABEBER, J. A. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável.** Porto alegre, v.3, n.2, abr./junh.2002 3 a 16 p.

CARDOSO, I, M, FÁVERO, C. Solos e Agroecologia, editores técnicos - Brasília, DF: Embrapa 2018. 372 p. (Coleção Transição Agroecológica; 4).

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais** – *5ª Aproximação.* Viçosa, MG, 1999. 359 p.

EMBRAPA SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2.ed. Brasilía/DF, 2006. 306 p.

FERREIRA, R. R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V. M. **Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 31, n. 4, p. 913-932, out./dez. 2010.

PENTEADO, S, R. **Adubação na agricultura ecológica** - Cálculo e Recomendação da Adubação numa abordagem simplificada - Campinas - SP. Edição do Autor. 3° Edição 2019. 184 p.

PRIMAVESI, A. M. **Agroecologia e Manejo do solo.** Agriculturas - v. 5 - no 3 - setembro de 2008. 7 a 10 p.

PRIMAVESI, A. M. **Manual do solo vivo**: Solo sadio, planta sadia, ser humano sadio / Ana Primavesi. - 2ª.ed. rev. - São Paulo: Expressão Popular, 2016. 205 p.

STEFANOSKII, Diane C., *et al.* **Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física.** Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - vol.17 no12. Campina Grande-PB, 2013.

TAVARES, Sílvio Roberto de Lucena, *et al.* **Curso de recuperação de áreas degradadas**: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação. Embrapa Solos, Rio de Janeiro. 2008. p.228

CAPÍTULO 21

PROPOSTA DE SOLUÇÕES PARA SANEAMENTO BÁSICO EM COMUNIDADES RURAIS E TRADICIONAIS DE GOIÁS – GO, O CASE SANRURAL

Data de aceite: 01/02/2022

Mariane Rodrigues da Vitória

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi aplicar o método *Design Thinking* (DT) para encontrar soluções dos problemas de saneamento básico identificados em áreas rurais, a fim de promover a saúde dos moradores da região e melhorar sua qualidade de vida de um modo geral. Primeiramente, buscou-se apresentar as características das comunidades, assim como da questão do saneamento básico. Em seguida, apresentou-se a metodologia de *Design Thinking* proposta pela IDEO®, visto a sua aplicação em contextos socioambientais. E, finalmente, buscou-se apresentar e analisar o processo de aplicação prático do DT nas comunidades dos Almeidas e São Sebastião da Garganta, ambas localizadas no município de Silvânia-GO. A metodologia utilizada abrangeu a pesquisa bibliográfica e a análise de dados secundários disponibilizados pelo projeto SanRural. Após análise dos dados fornecidos pelo projeto SanRural, ficou claro que os problemas prioritários da comunidade dos Almeidas são relativos à ausência do serviço de manejo de resíduos sólidos. Já em relação à comunidade São Sebastião da Garganta, foi identificado que o problema prioritário da comunidade seria relativo à ausência de tratamento de esgoto doméstico. Focando nesses maiores problemas através dos passos do DT, foram desenvolvidas potenciais soluções para os problemas apresentados. Fica evidente que o *Design Thinking* apresenta-se como uma ferramenta eficaz no contexto do saneamento ambiental rural e que as adaptações são necessárias para que o método seja implementado de forma satisfatória e traga valor aos usuários e ao produto final. Tais ações, se aplicadas de forma assertiva, possuem capacidade de trazer uma diversidade de benefícios aos moradores das comunidades e ao meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Assentamentos, Condições sanitárias, Quilombolas, Ruralidade.

ABSTRACT: The objective of this work was to apply the Design Thinking (DT) method to find solutions to the basic sanitation problems identified in rural areas, in order to promote the health of the region's residents and improve their quality of life in general. First, we sought to present the characteristics of the communities, as well as the issue of basic sanitation. Then, the Design Thinking methodology proposed by IDEO® was presented, considering its application in socio-environmental contexts. Finally, we sought to present and analyze the process of practical application of DT in the communities of Almeidas and São Sebastião da Garganta, both located in the municipality of Silvânia-GO. The methodology used included bibliographic research and analysis of secondary data provided by the SanRural project. After analyzing the data provided by the SanRural project, it became clear that the priority problems of the Almeidas community are related to the absence of the solid waste management service. Regarding the São Sebastião da Garganta community, it was identified that the

priority problem of the community would be related to the lack of domestic sewage treatment. Focusing on these biggest problems through the steps of the TD, potential solutions were developed for the problems presented. It is evident that Design Thinking presents itself as an effective tool in the context of rural environmental sanitation and that adaptations are necessary for the method to be implemented satisfactorily and bring value to users and the final product. Such actions, if applied in an assertive manner, have the capacity to bring a variety of benefits to community residents and the environment.
KEYWORDS: Settlements, Sanitary Conditions, Quilombolas, Rurality.

1 | INTRODUÇÃO

No Brasil, o déficit em serviços de saneamento mantém-se predominantemente concentrado em áreas rurais, tradicionais e periferias de centros urbanos (que são territórios ocupados pelas populações mais pobres). Esse padrão histórico de reprodução da situação sanitária vigente se deve, em grande medida, à supremacia da política pública voltada para o desenvolvimento de áreas urbanas, adotada durante a década de 1970 (Porto, 2019).

A Política Nacional de Saneamento Básico é recente, tendo sido instituída a partir da criação do Ministério das Cidades, em 2003, e da promulgação da Lei nº 11.445 (Brasil, 2007). A partir daí, novos paradigmas são expressos em relação às diretrizes para o saneamento básico, passando o rural a figurar em lugar de destaque, graças à priorização de ações desta natureza, instrumentalizadas no Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), por meio do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR). Esse programa tem por objetivo promover a universalização do acesso ao saneamento básico em áreas rurais, por meio de fomentos e execução de ações que garantam a equidade, a integralidade, a intersetorialidade e a sustentabilidade dos serviços implantados, além de participação e controle social (Brasil, 2019).

De acordo com o PNSR, a partir de suas definições, apenas 40,5% da população rural do Brasil possui acesso a atendimento adequado de abastecimento de água; a parcela restante (59,5%) possui déficit. Para o serviço de esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos, esse cenário é ainda pior: somente 20,6% e 23,6% possuem atendimento adequado, respectivamente. Em relação ao manejo de águas pluviais, o atendimento é de 60,4% (Brasil, 2019).

O passivo em termos de cobertura dos serviços de saneamento em áreas rurais tem sido apontado como resultado da reduzida iniciativa governamental direcionada a essas áreas, de falhas relativas ao monitoramento da qualidade dos serviços – em geral de baixa capacidade técnica de captação de recursos – e de falhas legislativas, além do desconhecimento por parte dos formuladores de políticas públicas acerca da população rural (Porto, 2019; Kayser et al., 2015; Ribeiro e Galizoni, 2003).

Segundo Brasil (2019), o suprimento dos serviços de saneamento básico adequado às populações rurais possui algumas particularidades condicionadas, como, por exemplo:

dispersão geográfica, isolamento político e geográfico, localização de difícil acesso, limitação financeira ou de pessoal para execução de serviços voltados ao saneamento, saúde e educação, ausência de estratégias de incentivo à população rural da participação social e o empoderamento, inexistência ou insuficiência de políticas públicas de saneamento básico.

De acordo com vários estudos desenvolvidos na área (Brown, 2008; Brown, 2009; Brown e Wyatt, 2010; Nogueira, 2018; Michelotto e Sobrinho, 2018; Buhl, 2019), o método *Design Thinking* (DT) mostra-se uma ferramenta bastante pertinente, sendo uma abordagem de junção do pensamento corporativo com o criativo. Com a aplicação desse método, os benefícios são vários, como a possibilidade de transformar a maneira como as organizações desenvolvem produtos, serviços, processos e estratégias. Além disso, é possível gerar e organizar ideias, assim como soluções para os problemas enfrentados por diversos *stakeholders*.

O DT pode ser utilizado para resolver diversos tipos de problemas, mas se adequa com muita facilidade aos problemas que não possuem uma definição muita clara; ou seja: que podem causar fortes impactos nas necessidades das pessoas. Na área de saneamento e meio ambiente, tal método vem sendo utilizado para processos de tomada de decisão e inovação. Michelotto e Sobrinho (2018), em seus estudos, utilizaram o DT na proposição de uma solução para o descarte irregular de resíduos em Uberlândia- MG (de acordo com o seu trabalho, o método mostrou-se bastante eficaz, sendo proposto um refinamento para atividades futuras). Buhl (2019) ressalta que o DT se apresenta como uma abordagem de solução de problemas iterativos, sendo que, recentemente, a metodologia atraiu o interesse de pesquisas como uma possível abordagem para lidar com problemas socioecológicos complexos. Contudo, o autor enfatiza que ainda falta uma discussão sistemática e detalhada da aplicação do DT para o desenvolvimento de inovações orientadas para a sustentabilidade.

Um ponto importante a ser mencionado: de acordo com o teórico do design Horst Rittel (figura-chave na formação do processo de *Design Thinking*), tem-se os problemas definidos como “mansos” e aqueles definidos como “problemas perversos”. Os problemas mansos são definidos como aqueles de rápida solução.

Os perversos, por sua vez, são difíceis de se definir, não têm um número definido de soluções em potencial e tendem a ser sintomáticos de outro problema (Michelotto e Sobrinho, 2018). Fenômenos como mudanças climáticas, pobreza e fome no mundo são exemplos frequentemente citados de problemas perversos; eles precisam ser enfrentados de vários ângulos e, em vez de procurar uma resposta única, exigem uma resposta que antecipa como o problema pode evoluir e se transformar.

Considerando a complexidade desse contexto, este estudo tem como objetivo aplicar o método *Design Thinking* (DT) para encontrar soluções dos problemas de saneamento básico identificados em áreas rurais, a fim de promover a saúde e melhorar a qualidade de vida da população de um modo geral.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ruralidade e o saneamento básico nas comunidades

De acordo com Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR), o termo ruralidade tem sido designado para o estudo de fenômenos sociais que influenciam na construção de uma identidade rural nos territórios. Nesse caso, conforme afirma o PNSR, o termo ruralidade precisa ser discutido à luz de antecedentes históricos, em perspectiva ampla, capaz de conjugar e confrontar as distintas dimensões da realidade e evidenciar as contradições que estabelecem padrões de ocupação diferentes e geradores de desigualdades (Brasil, 2019).

Ao longo dos anos, o saneamento básico passou por mudanças em que deixou de ser um serviço de infraestrutura e passou a ter uma responsabilidade social como indicador de qualidade de vida. Apesar de ter ocorrido uma evolução no saneamento, nota-se que na área rural existe pouca atenção por parte do poder público. Deste modo, a precariedade do saneamento básico incide diretamente nas comunidades rurais e tradicionais, dentre elas os quilombolas e os assentamentos (Scalize, Sousa e Bezerra, 2019).

Dentre os principais obstáculos enfrentados por comunidades localizadas em áreas rurais ou regiões periurbanas, salienta-se a falta de ações no âmbito do saneamento. Estas comunidades não têm acesso a serviços básicos de saneamento, o que colabora para a veiculação de doenças e outros agravos de ordem social, deixando-as em circunstâncias de vulnerabilidade social, além dos impactos negativos provocados aos sistemas ecológicos (Mercado et al., 2018).

Para Felício et al. (2018), promover o saneamento básico, principalmente em áreas de vulnerabilidade, é ação estratégica por vários motivos, consistindo um dos mais importantes a melhoria das condições de vida (no que diz respeito à saúde pública) da população beneficiada. Ainda de acordo com o autor, o desenvolvimento de infraestrutura que conceda a segurança no abastecimento de água, coleta de esgoto e adequada disposição de resíduos sólidos proporciona a diminuição de fatores de risco sanitário e vetores de doenças, inclusive as veiculadas hidricamente.

A Lei nº 11.445 de 2007 cita em uma de suas diretrizes a “garantia de meios adequados para o atendimento da população rural dispersa, inclusive mediante a utilização de soluções compatíveis com suas características econômicas e sociais peculiares” (Brasil, 2007, p. 14).

Geralmente, as comunidades rurais e tradicionais possuem característica específicas, principalmente no que diz respeito à organização social e espacial e de valores culturais, o que as torna diferentes dos agrupamentos presentes no espaço urbano. Assim, o modo de atuação política frente às dificuldades em levar saneamento às localidades rurais deve considerar essa diversidade, optando pelo uso de instrumentos capazes de tornar efetivas as políticas e programas encaminhados para essas áreas (Brasil, 2018).

De acordo com Tonetti et al. (2018), o envolvimento das próprias comunidades

isoladas é ponto fundamental na discussão e escolha de melhores alternativas para o tratamento e disposição do esgoto tratado da forma adequada de gestão de sistemas.

Existe uma grande variedade de tecnologias disponíveis para áreas rurais e isoladas (FUNASA, 2015; Martinetti, 2015); no entanto, não há concordância sobre qual seria a mais adequada tecnicamente. Para Gasi (1988), não há soluções milagrosas e generalistas que possam ser aplicadas em todos os casos. A escolha deve levar em conta as peculiaridades locais, visto que existem diferenças significativas entre as regiões brasileiras no que diz respeito às suas características ambientais, socioeconômicas e culturais.

Cabe inferir, ainda, a necessidade de compreender que as formas como as comunidades rurais e tradicionais se organizam no seu território, bem como sua diversidade cultural, seus saberes populares, costumes e tradições, podem auxiliar a compreensão das práticas de saneamento adotadas no meio rural, como também auxiliar na seleção das tecnologias (Scaratti; Bezerra, 2019).

Felício et al. (2018) acrescenta que as discussões e estudos acerca da implementação de sistemas de saneamento básico adequados aos territórios tradicionais têm crescido nos últimos anos, ressaltando que não há somente um modelo de saneamento que atenda às características locais e dessas populações de maneira eficiente e satisfatória. O autor ainda reitera

> "[...] que a questão não é propor ou refletir sobre qual seria este único modelo, mas sim inserir a técnica no contexto e propor diferentes modelos para diferentes realidades. Nesse contexto, a formulação de políticas públicas e a garantia de tecnologias para a promoção do saneamento básico, integradas ao contexto de cada comunidade, mostram-se necessárias e desafiadoras [...]" (Felício et al., 2018, pgs. 7 e 12).

Assim sendo, para escolher a opção tecnológica de saneamento que atenda e satisfaça a necessidade de cada comunidade, é mister que sejam feitas observações reais das carências existentes, pois dessa forma é possível identificar e entender qual a melhor opção tecnológica a ser implantada a fim de atender os anseios da população a ser beneficiada.

2.2 O método do Design Thinking

Em um mundo que se transforma cada vez mais rápido, a inovação, a mudança e as novas ideias disruptivas são valorizadas de forma crescente, fato que torna a atividade de *design* cada vez mais necessária.

De acordo com Brown e Katz (2010), essas atividades vêm se tornando cada vez mais importantes para serem praticadas não apenas por designers, considerando que as ferramentas utilizadas por esses profissionais estejam disponíveis a pessoas que atuam em diferentes áreas. É a partir desse entendimento que se pode compreender o que vem a ser o *Design Thinking* (DT), pois percebe-se que ao lado do termo "*design*" aparece a

palavra "*thinking*", que em inglês significa pensamento.

Nesse sentido, o DT pode ser entendido como o pensamento, a forma de pensar do *designer* sintetizado de modo que equipes ou pessoas de diferentes áreas do conhecimento possam se apropriar dele para transformar suas realidades (Nogueira, 2018).

O processo de *Design Thinking* é extremamente centrado no usuário. Desta forma, concentra-se principalmente nos seres humanos, buscando entender as necessidades das pessoas e apresentar soluções eficazes para atender a essas necessidades (é uma junção entre o pensamento corporativo e criativo). Em contraste com as abordagens de inovação linear, o DT não é um processo rígido, mas uma estrutura que integra modos criativos e analíticos de raciocínio, certas mentalidades, bem como várias ferramentas e técnicas práticas (Buhl, 2019).

Embora tenha sido popularizado por Tim Brown, da empresa californiana de design IDEO®, no início da década de 90, Herbert Simon em 1969 foi um dos primeiros a propor o design como uma abordagem para a transformação das condições existentes em preferenciais (Simon, 2019).

Nesse sentido, o DT se tornou uma palavra de ordem nos últimos anos e vem evoluindo desde a década de 1960, conforme cronologia descrita no Quadro 1 a seguir:

1960
Design Thinking como uma sequência bem definida de atividades.

1970
Faste, em Stanford, busca estimular maior criatividade na engenharia pelo "modo de fazer designer".

1971
O termo Design Creativity é proposto por Faste no curso de engenharia da universidade de Syracuse.

1972
Rittel incentiva o Design como uma abordagem mais experimental.

1976
Papaneck, Fuller e Caplan ampliam o campo de atuação do design relacionado com as mudanças sociais e ambientais e para o aspecto humano.

1987
Rowe publica em Harvard o livro com o título Design Thinking sobre o meio de investigação dos arquitetos e urbanistas.

1990
* Em Stanford, Faste, Kelley e amigos criam a empresa de Design IDEO®.
* Na Holanda ocorre a primeira edição do *Design Thinking Research Symposium*.

2000
Tim Brown publica seu famoso artigo na Harvard Business Review sobre Design Thinking.

Quadro 1 – Cronologia do *Design Thinking* (DT)

Fonte: Funicelli (2017).

Existe uma diversidade de metodologias de DT, sendo que, neste estudo, foi adotada

a metodologia da IDEO® (tal metodologia é pertinente para o presente trabalho por já ter sido adotada no contexto socioambiental).

Conforme ilustra a Figura 1 abaixo, o método de DT foi desenvolvido em cinco fases essenciais: empatizar, definir, idealizar, prototipar e testar. A implementação é a conclusão de todo o processo (IDEO, 2009).

Figura 1 – Fases do método de elaboração do *Design Thinking proposto* por IDEO®

Fonte: IDEO, 2019.

Os projetos baseados em DT geralmente começam com a fase da empatia, que diz respeito a conhecer melhor as pessoas para quem se almeja propor soluções, prestar novos serviços ou proporcionar experiências.

Durante a fase de empatia, é necessário observar e interagir com as pessoas que representam o grupo-alvo por meio de entrevistas e etnografia, dentre outras técnicas (Brown, 2010).

A segunda fase é dedicada à definição do problema. Nesta etapa são definidas todas as descobertas da fase de empatia com objetivo de começar a identificar dificuldades e barreiras que os usuários enfrentam. Nessa fase é importante responder às seguintes questões: Que padrões se observa? Qual é o grande problema do usuário que a equipe precisa resolver? No final, deverá ser feita uma declaração clara do problema (IDEO, 2009). Segundo IDEO (2009), uma das principais funções da síntese de informações coletadas na fase de empatia é proporcionar a criação de novas ideias que vão ao encontro das necessidades das pessoas.

A terceira fase é a ideação, que significa uma zona livre de julgamento, onde o grupo é incentivado a se afastar da norma, a explorar novos ângulos e a pensar fora da caixa. O objetivo é entregar o maior número possível de ideias, independentemente de serem viáveis ou não (IDEO, 2009).

A quarta fase no processo de DT é sobre experimentação e transformação de ideias em produtos tangíveis. Um protótipo é basicamente uma versão reduzida do produto, que incorpora as possíveis soluções identificadas nos estágios anteriores. Essa fase, segundo IDEO (2009), é fundamental para testar cada solução e destacar quaisquer restrições e falhas.

A última fase é dedicada a testes de acordo com o "kit" da IDEO®. Esta etapa é denominada de "*feedback*"; ou seja: a opinião do usuário sobre a utilização da solução, através dos conceitos representados no protótipo. O foco desta etapa está na melhora do protótipo (IDEO, 2009).

3 I MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa é considerada como exploratória e descritiva. Exploratória, pois o campo do *Design Thinking* é muito novo, com poucas teorias solidamente estabelecidas, particularmente na área de saúde e saneamento. Descritiva, pois pretende apresentar a parte prática das dinâmicas e relacioná-las com o desenvolvimento de soluções (Ferro; Heemann, 2019). Quanto aos meios, a pesquisa foi bibliográfica e de campo. Em relação aos dados da pesquisa de campo, esses foram coletados e disponibilizados pelo Projeto de Saneamento e Saúde Ambiental em Comunidades Rurais e Tradicionais de Goiás (SANRURAL), de acordo com o Termo de Execução Descentralizada n° 05 de 14 de janeiro de 2017 (os dados coletados pelo Projeto SanRural passaram pelo Comitê de Ética e Pesquisa da UFG).

As informações sobre educação, saúde e saneamento nas comunidades rurais utilizadas neste estudo foram obtidas do documento síntese do diagnóstico técnico participativo, denominado de álbum seriado (Scalize, 2020).

Os problemas de saneamento e saúde relatados pelos moradores das comunidades rurais foram coletados em oficinas facilitadas pela equipe do projeto, que tinham como objetivo descrever as experiências, apresentar resultados e levantar propostas de ações para as comunidades. O projeto SanRural utilizou diferentes estratégias por meio de metodologia ativa e problematizadora, com foco na participação da comunidade, na exposição dialogada, na troca de experiências e na proposta de ações, sendo que as metodologias utilizadas foram a forma adaptada do Arco de Charles Maguerez definido por Bordenave e Pereira (1982).

Por fim, após a análise dos dados secundários, eles foram refinados e trabalhados em um *workshop* aplicando os passos do DT por meio de dinâmicas. Para a realização das dinâmicas, foram criadas as "personas" (pessoa fictícia de cada comunidade), os protótipos representando as comunidades, os mapas de empatia para identificar as "dores" existentes nos moradores que vivem nessas comunidades e a elaboração do *brainstorming* com ideias sobre os problemas a serem resolvidos.

3.1 Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada em duas comunidades, sendo uma caracterizada como assentamento de reforma agrária implantado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra-SR-04) e outra como comunidade quilombola reconhecida pela Fundação Palmares, ambas localizadas no Município de Silvânia - GO. O Município de

Silvânia-GO, com uma população total estimada em 20.695 habitantes em 2018 (IBGE, 2019), está localizado na mesorregião do Sul Goiano e na microrregião de Pires do Rio, distante, aproximadamente, 80 km da capital. Possui área de 2.345,940 km² e densidade demográfica de 8,14 hab./km² (IBGE, 2019). Sua principal atividade econômica é o agronegócio, o que lhe confere um Produto Interno Bruto (PIB) por renda per - capita (2016) de R$ 30.457, 89 (Soares, 2019).

A Figura 2 apresenta a delimitação do assentamento São Sebastião da Garganta e a localização da comunidade quilombola dos Almeida, que se encontra em fase delimitação de acordo com o Relatório Técnico de Identificação e Delimitação (RTDI) informado pelo Incra.

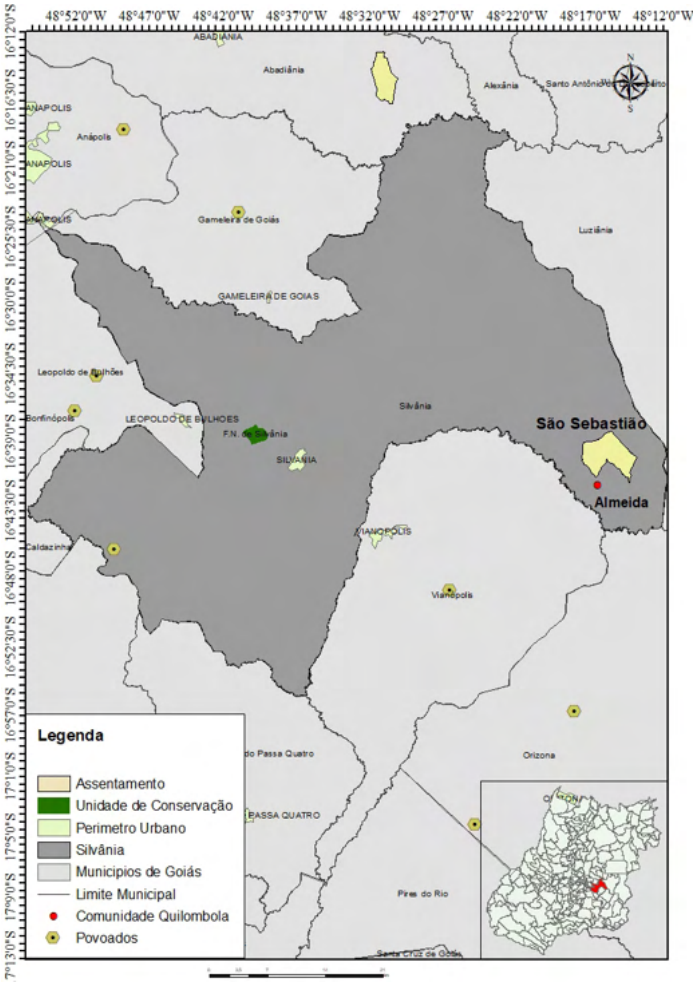


Figura 2 – Mapa de localização do assentamento de São Sebastião da Garganta e a comunidade quilombola dos Almeidas no município de Silvânia-GO, 2020.

Fonte – Elaborado pelos autores.

3.1.1 Caracterização das comunidades rurais

A Comunidade dos Almeidas, reconhecida em 2004 como uma comunidade quilombola, localiza-se no município de Silvânia, região Sudeste de Goiás e a aproximadamente 120 km de Goiânia (Santos, 2014). Constatou-se a existência de 41 domicílios onde residem as famílias e acredita-se que a comunidade teve início por várias linhas ancestrais de negros, com o mesmo sobrenome de Almeida Barbosa, que se fixaram na região. O relevo acidentado e o fato das terras (o cerrado) serem consideradas impróprias à grande lavoura propiciaram certo isolamento para os Almeida. Tal situação favoreceu a permanência da população remanescente dos ex-escravos por várias décadas, possibilitando a sobrevivência e a continuidade dos grupos por meio do estabelecimento do domínio do cerrado e das relações de trabalho, costumes e tradições (Silva, 2019).

A Comunidade São Sebastião da Garganta é considerada um assentamento de reforma agrária e possui 40 domicílios. Segundo Monteiro (2017), ela possui uma extensão de 2.195,5 hectares e apresenta distância de 130 km de Goiânia-GO.

A Tabela 1 abaixo apresenta algumas informações – como o gênero, a faixa etária e a escolaridade dos moradores da Comunidade dos Almeidas e Comunidade São Sebastião da Garganta. Observou-se que ambas as comunidades são formadas, na sua maioria, por adultos do sexo masculino. Quanto ao nível de escolaridade, os dados obtidos evidenciam números reduzidos, pois verifica-se que em ambas a maioria dos moradores possui somente o ensino fundamental (61,1% e 60,5%, respectivamente). Quanto à formação educacional de um modo geral, verificou-se que as famílias da Comunidade São Sebastião da Garganta possuem nível de escolaridade superior (10,5% possuem graduação) comparando com a comunidade quilombola, uma vez que não foi detectado morador com curso superior.

Gênero	**Almeidas**	**São Sebastião da Garganta**
	Valor (%)	Valor (%)
Masculino	51,4	51,3
Feminino	48,6	48,7
Faixa Etária	**Almeidas**	**São Sebastião da Garganta**
	Valor (%)	Valor (%)
Adultos	52,8	60,5
Idosos	26,4	21,1
Crianças	8,3	6,6
Jovens	12,5	11,8
Escolaridade	**Almeidas**	**São Sebastião da Garganta**
	Valor (%)	Valor (%)
Sem alfabetização	16,7	11,8
Educação infantil	8,3	6,6

Ensino fundamental	61,1	60,5
Ensino médio	12,5	9,2
Graduação	ND	10,5
Não sabe	1,4	1,3

Tabela 1- Porcentagem de moradores conforme gênero, faixa etária e escolaridade nas Comunidade dos Almeidas e São Sebastião da Garganta, Silvânia-GO, 2019.

Fonte: Scalize et al. (2020a) e Scalize et al. (2020b).

Nota: não detectado = ND

Quanto aos modos de participação social, ambos os moradores das comunidades afirmaram participar de associações, sindicatos, conselhos, grupos religiosos e movimentos sociais.

A destinação do esgoto gerado em ambas as comunidades é realizada pelos moradores, adotando soluções individuais. O uso da fossa rudimentar é utilizado na maioria das residências (92% Almeidas e 100% em São Sebastião da Garganta), sendo que na comunidade dos Almeidas há casos de esgoto a céu aberto em 8% das residências. Na Comunidade dos Almeidas observou-se que 92,0% dos domicílios possuíam banheiro e 8,0% não possuíam, sendo que 84,0% apresentam banheiro interno. Já na outra comunidade, 100,0% dos domicílios possuíam banheiro, sendo que 77,8% apresentaram banheiro interno.

A destinação inadequada dos efluentes das águas cinzas (decorrentes da lavagem de roupas, louças e banho) foi identificada em ambas comunidades. Na comunidade dos Almeidas, 72,0% das águas cinzas são decorrentes de lavagem de roupas, 68,0% de lavagem de louças e 34,8% de banho (a totalidade é despejada a céu aberto). Quanto a São Sebastião da Garganta, esse número é ainda maior: 85,2% de lavagem de roupa, 85,2% de lavagem de louças e 42,2% de águas cinzas oriundas de banho são despejadas a céu aberto.

A maior parte do suprimento de água na Comunidade dos Almeidas é realizado por Sistemas de Abastecimento de Água (92,0%), a partir de captações realizadas por poços tubulares. Os outros 8,0% da comunidade utilizam fontes individuais para obtenção de água para ingestão, sendo 4,0% nascente, mina ou bica e 4,0% de manancial superficial. A água que chega à comunidade é utilizada para beber, lavar alimentos, cozinhar, tomar banho e outros fins. Na Comunidade São Sebastião da Garganta não há fornecimento coletivo de água e o acesso é 100% realizado por Soluções Alternativas Individuais. A maior parte dos domicílios (40,7%) utiliza água para ingestão de poço tubular (raso e/ou profundo), 11,2% de poço raso escavado, 29,6% de nascente, mina ou bica e 18,5% de manancial superficial (rio ou ribeirão).

De acordo com os dados coletados por Scalize et al. (2020a) e Scalize et al. (2020b), notou-se que nas duas comunidades não foram detectados presença de cloro na água para

consumo humano. Quanto à qualidade microbiológica da água para consumo humano, ambas as comunidades apresentaram contaminação de origem fecal (63,6% das amostras foram detectadas a presença de *Escherichia coli* na comunidade dos Almeidas e 68,8% em São Sebastião da Garganta).

As distâncias entre as fontes de contaminação e as fontes de água nas duas comunidades atendem à distância recomendada, não proporcionando risco de contaminação da água, do solo e dos alimentos cultivados (Scalize et al. 2020a; Scalize et al. 2020b).

Quanto ao manejo dos resíduos sólidos em Almeidas, 100,0% dos moradores fazem a separação do lixo, enquanto em São Sebastião da Garganta a separação é feita por 96,3% dos moradores. No que diz respeito à destinação dos resíduos sólidos, em nenhuma das duas comunidades o recolhimento é realizado pela prefeitura. Sendo assim, em Almeidas 94,7% dos moradores queimam os resíduos secos, 21,1% jogam em fossas desativadas, 5,3% deixam no quintal, 10,5% vendem os materiais que são reciclados e 5,3% reutilizam. Já em São Sebastião da Garganta, a única destinação que é dada para o descarte do resíduo seco é a queima (88,5% do total).

O resíduo orgânico produzido nas comunidades é destinado para alimentação dos animais, sendo em Almeidas 100,0% e em São Sebastião 92,3%. Em nenhuma das duas comunidades os moradores realizam a compostagem do material orgânico. As embalagens de agrotóxicos são 60% queimadas na Comunidade dos Almeidas (40,0% devolvem ao fornecedor), não havendo reutilização das embalagens pelos moradores. Já em São Sebastião da Garganta a queima das embalagens de agrotóxico é metade do que ocorre em Almeidas, sendo 50,0% queimadas, 43,0% devolvidas ao fornecedor e 7,0% reutilizadas. Ressalte-se que o reuso dessas embalagens não é medida adequada, por nociva à saúde humana e animal.

As vias de acesso, de ambas as comunidades, não são pavimentadas e possuem alguns dispositivos de manejo de águas pluviais e drenagem. Apesar da existência das estruturas de drenagem, foram observados processos erosivos nas proximidades da via de acesso à comunidade, o qual se dá pelo carreamento das partículas do solo através do escoamento superficial. Quanto aos dispositivos de drenagem (sarjeta, meio-fio, boca de lobo e bueiros), verificou-se a inexistência em frente aos lotes dos moradores das duas comunidades. No entanto, foi observado a presença de curva de nível e canaletas/valetas para redução de enxurra nos lotes em ambas comunidades.

Em relação às medidas de prevenção e controle intradomiciliares, observou-se que a maioria dos moradores possui o hábito de lavar as mãos após ir ao banheiro (65,2% Almeidas e 81,5% São Sebastião da Garganta), grande parte faz limpeza da caixa d'água 1 vez por ano (71,5% Almeidas e 66,7% São Sebastião da Garganta) e muitos utilizam filtro com vela cerâmica (72,0% Almeidas e 74,1% São Sebastião da Garganta). Porém, quase não fazem cloração da água (0,0% Almeidas e 3,7% São Sebastião da Garganta) e 100% não higieniza os alimentos com hipoclorito de sódio.

Quanto ao cenário das doenças investigadas nas comunidades, a hepatite A foi a doença com o maior percentual de acometidos (85,7% Almeidas; 94,4% São Sebastião da Garganta), seguida por toxoplasmose (61,9% Almeidas; 62,5% São Sebastião da Garganta), obesidade (25% Almeidas; 31,1% São Sebastião), dengue (14,3% Almeidas; 27,8% São Sebastião), Chikungunya (10,0% Almeidas e 5,3% São Sebastião da Garganta), chagas (4,8% Almeidas e 3,9% São Sebastião da Garganta) e giardíase (5,3% Almeidas e sem detecção em São Sebastião da Garganta).

Os moradores das comunidades recorrem a medicamentos caseiros para o tratamento das doenças adquiridas, de acordo com Scalize et al. (2020a) e Scalize et al. (2020b): 63% dos moradores da comunidade de Almeidas e 44% dos de São Sebastião lançam mão dessas alternativas domésticas orgânicas / não-farmacológicas.

4 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

O exercício de *Design Thinking* (DT), realizado no presente trabalho, permitiu a experimentação das diferentes fases que envolvem a metodologia concebida pela IDEO® (IDEO, 2009). Por meio de dinâmicas, foram apresentadas as fases de experimentação da empatia, definição, ideação, prototipagem e teste. Para realização das dinâmicas, os participantes foram divididos em dois grupos, onde cada um ficou responsável pelo desenvolvimento das dinâmicas nas comunidades, objeto de estudo.

A primeira parte do exercício esteve focada numa etapa mais exploratória, cuja empatia se configurou como o princípio a ser refletido e praticado. Tratou-se de um momento de análise dos dados disponibilizados nos álbuns seriados publicados pelo projeto SanRural.

Com o resultado da fase empatia foram geradas as “personas” (Figuras 3 e 4) e o mapa de empatia de cada uma das comunidades. A ferramenta denominada “persona” permitiu ao grupo interpretar as perspectivas dos usuários, no caso os moradores das comunidades, analisando os problemas que eles enfrentam em seu dia a dia, a partir do conhecimento dos problemas existentes descritos nos álbuns seriados (Scalize et al. 2020a e Scalize et al. 2020b). A “persona” cria um personagem fictício, como uma abstração de um grupo real de pessoas às quais diz respeito o problema e direciona-se a solução. É importante ressaltar que a “persona” não se trata de uma pessoa real escolhida dentre os usuários ou envolvidos em determinado problema. A “persona” é simplesmente uma pessoa típica, definida como uma abstração e para a qual as soluções propostas devem ser adequadas.

Frustações

Em relação ao Lixo

- Não ter coleta pela prefeitura.
- O lixo e queimado, jogado na grota, estrada e no fundo do quintal.

Manejo de águas pluviais

- Acúmulo de água "possa", causando proliferação de vetores (Mosquito da dengue)
- Dificuldade de chegar na cidade
- Tem infiltração na casa com a casa fechada, e frequente gripe, mofo, rinite.

Água

- Ausência de Cloro
- Água Salobra

Esgoto

- Fossas próximas a cisterna
- Fossas transbordam quando cheias.

Idade 55

Profissão produtor rural

Família casado, 2 filhos

Local Comunidade dos Almeidas

Necessidades

- Um ponto de coleta na comunidade para a prefeitura recolher o lixo.
- União da comunidade para limpeza e conscientização sobre o lixo.
- Orientação aos moradores para a importância da limpeza das casas, ventilação e procurar o posto de saúde
- Inativação da fossa, planejamento antes da construção da fossa séptica e busca de financiamento em órgãos públicos.
- Construção de banheiro e busca de financiamento em órgãos públicos.

Bio

Josias, o acesso a sua comunidade é feito por vias sem pavimentação asfáltica com buracos e o transporte mais utilizado na região é a moto, porém, alguns moradores realizam a maior parte dos seus deslocamentos a pé inclusive ele, realiza seu deslocamento a pé, sendo muito difícil chegar na cidade. Josias, gosta de conversar com seus amigos no final do dia, fala sobre os problemas da comunidade, e tenta convencê-los a participar dos conselhos da comunidade, afirmando para todos que seria benéfico. Acredita que falta união das pessoas que ali habitam, fala sobre a política regional apontando que os políticos só vão até lá pedir voto e depois somem. Trabalha em uma propriedade, onde ali também habita, a renda e complementada com auxílio do bolsa família. Josias, tem baixa escolaridade, tendo feito só até a 4 série do ensino fundamental. Sua casa fica próximo ao rio local, existem algumas erosões próximas da casa. Além disso sua casa está com algumas telhas quebradas, quando chove, a casa fica úmida causando infiltração e diversas doenças como rinite e gripe. Josias, já teve hepatite A contraída a partir do gado.

Figura 3 - Persona criada na fase de empatia, denominada de Josias, para representar um usuário fictício da comunidade dos Almeidas, município de Silvânia – GO, 2020.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Frustrações

Em relação ao lixo

- Não ter coleta pela prefeitura e existência de lixo nas estradas;
- Presença de vetores devido à má disposição do lixo;
- Falta conscientização e educação da população na comunidade;
- Queima do lixo.

Manejo de águas pluviais

- Presença de vetores nas casas (ratos, lacraias e escorpiões)

Água

- Contaminação da água por agrotóxico e dejetos de animais
- Falta conscientização das pessoas;
- Desmatamento à montante da mina;
- Uso da água para irrigação (soja).

Esgoto

- Disposição das águas cinzas (cozinha e lavagem de roupa) de forma inadequada (pode causar doenças nos animais).
- Existência de fossa rudimentar em todas as casas.

Idade: 52

Profissão: Caseiro em uma fazenda da região.

Família: Solteiro

Local: Comunidade São Sebastião

Necessidades

- Ponto de coleta de lixo na comunidade e recolhimento pela prefeitura
- União e conscientização da comunidade quanto ao descarte do lixo e limpeza das residências.
- Inativação das fossas mal dimensionadas, planejamento antes da construção.
- Busca de recursos públicos para a construção de fossas e banheiros.

Bio

Mauro é caseiro em uma grande fazenda da região. Oriundo de família humilde, possui ensino fundamental completo e, apesar do pouco estudo, possui consciência sobre a questão do uso descontrolado de agrotóxicos e contaminação das águas, pois já trabalhou em várias fazendas da região.

Não fuma e nem consome bebida alcoólica. Quando a associação de moradores era atuante, ele participava das reuniões contribuindo nas discussões sobre os problemas e tomada de decisões para a comunidade. Em várias situações ele precisa fazer o que o patrão manda porque ele depende do emprego (pensa que não adianta arrumar confusão com os "peixes grandes" porque no final das contas quem sai perdendo é o lado mais fraco). Está disposto a ajudar a comunidade a se tornar um lugar melhor para se viver.

Figura 4 - Persona criada na fase de empatia, denominada de Mauro, para representar um usuário fictício da comunidade de São Sebastião da Garganta, município de Silvânia – GO, 2020.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na segunda fase do processo de *Design Thinking*, denominada de definição, foi estabelecida uma ideia clara e exata de qual problema foi levantado pela persona, sendo que isso foi possível após a fase de empatia.

Desta forma, foi transformada a "dor" dos usuários em uma declaração de problema descrita em perguntas (Figuras 5a e 5b), como por exemplo: Como resolver a questão da coleta de resíduos sólidos na comunidade dos Almeidas? Como implementar o sistema de esgotamento sanitário na Comunidade São Sebastião da Garganta? Essas perguntas atuaram como guia durante todo o restante do processo. É importante ressaltar que tanto a comunidade dos Almeidas quanto a de São Sebastião da Garganta apresentavam problemas em todos os componentes relativos a saneamento básico e alguns problemas relativos à saúde como dengue e hepatite A. Porém, a declaração do problema teve foco na dificuldade que mais afetava às comunidades.

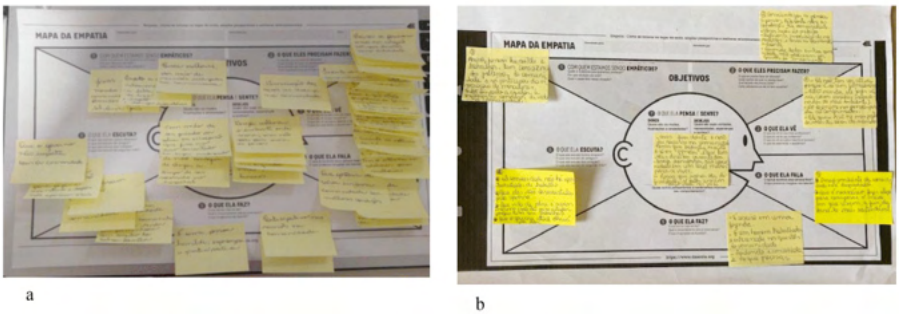


Figura 5 – Mapa de empatia da Comunidade dos Almeidas (a) e Comunidade de São Sebastião da Garganta (b), município de Silvânia – GO, 2020

Fonte: Elaborado pelos autores.

O passo seguinte compreendeu a etapa da idealização. Para isso, foi realizado um *brainstorming* com o objetivo de gerar um amplo conjunto de ideias sobre o problema a ser resolvido (Figuras 6a e 6b). Algumas dessas ideias foram consideradas como soluções potenciais para o desafio, outras descartadas até a solução ideal ser formulada. O principal objetivo desse momento foi descobrir e explorar novos ângulos.

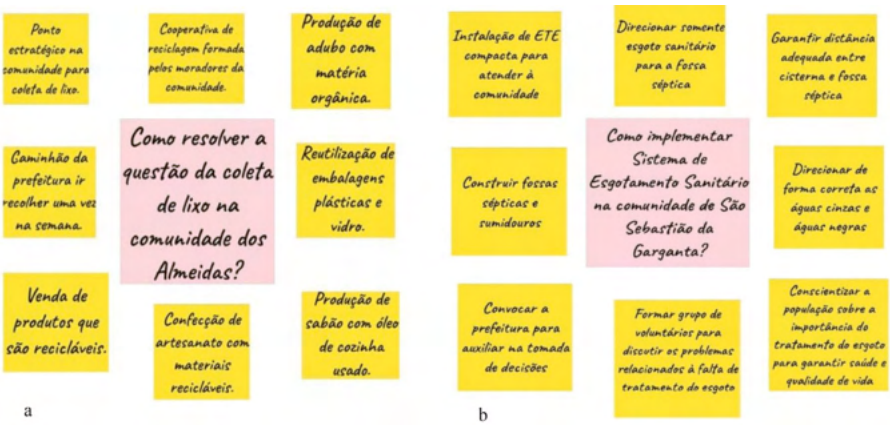


Figura 6 – *Brainstorming* aplicado para a Comunidade dos Almeidas (a) e Comunidade São Sebastião da Garganta (b), município de Silvânia – GO, 2020

Fonte: Elaborado pelos autores.

A estratégia de prototipagem utilizada para o exercício de *Design Thinking* foi um protótipo de baixa fidelidade, que costuma incluir detalhes de *layout* e outros aspectos tangíveis. A intenção de um protótipo de baixa fidelidade é criar da maneira rápida e dinâmica uma forma de iterar e fazer mudanças rápidas dos aspectos mais básicos do projeto. Sendo que a ênfase é na funcionalidade e não na estética. Observe que a estética é bem artesanal, pois o objetivo foi testar funcionalidades, conforme exposto nas Figuras 7a e 7b.

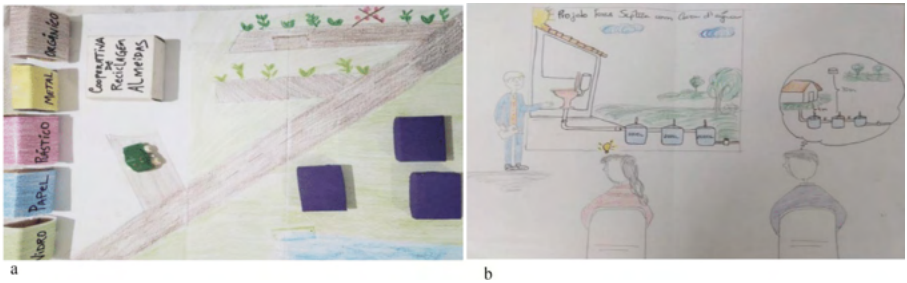


Figura 7 – Protótipo da Comunidade dos Almeidas (a) e Comunidade São Sebastião da Garganta (b), município de Silvânia – GO, 2020

Fonte: Elaborado pelos autores.

Por fim, foi realizada a etapa de teste. Durante a fase de teste o objetivo foi a obtenção de *feedback*. Com foco na definição de onde cada protótipo foi bem-sucedido e onde ele precisaria ser aprimorado. A Tabela 2 a seguir descreve os protótipos criados para cada comunidade e o Feedback sobre cada uma delas.

Comunidade	Protótipo	Feedback
Almeidas	Criação de um ponto de coleta de lixo na comunidade (juntamente com uma cooperativa) de forma que parte dos resíduos orgânicos sejam transformados em adubo orgânico, podendo ser vendido com o nome da comunidade "Adubo dos Almeidas". A outra parte desses resíduos seria destinada para um centro de compostagem, onde os moradores da comunidade poderiam usar o adubo na composição de uma horta. Os alimentos produzidos seriam destinados para consumo dos moradores da comunidade ou venda em feiras livres, com a finalidade de gerar renda. O dinheiro adquirido poderá ser aplicado dentro da própria comunidade (compra de filtros de barro para as casas, mosquiteiros para evitar picadas de inseto, aquisição de um poço artesiano ou compra de telhas novas para as casas). Os resíduos recicláveis seriam vendidos para empresas de reciclagem na capital (Goiânia). Desta forma a comunidade se torna mais autônoma, não dependendo só do governo para obtenção de melhorias.	O presente protótipo atenderia às necessidades do problema analisado; porém, requer parcerias com diversos atores para que possa ser colocado em prática, além de investimento. Desta forma, sugere-se outras sessões de DT para resolver essa questão.
Comunidade	**Protótipo**	**Feedback**
São Sebastião da Garganta	Criação de um sistema de fossa séptica (biodigestora) com uso de três caixas d'água de 1000 L. A finalidade desse sistema é promover o tratamento do esgoto através de um modelo autossuficiente que possa oferecer uma melhora considerável na gestão de dejetos da comunidade. Sendo assim, o esgoto é lançado dentro de um conjunto de três caixas d'água ligadas uma a outra e não no solo, córrego ou rio (prática comumente observada em vários locais do país). Ao ser inserido neste conjunto de caixas d'água, o esgoto é tratado pelo processo de biodigestão que reduz muito a carga de agentes biológicos perigosos para a saúde humana (o tempo da biodigestão varia conforme a temperatura e a quantidade de pessoas que utilizarão a fossa). O líquido que se acumula na terceira caixa d'água da fossa séptica é um biofertilizante que pode ser utilizado para adubar árvores, milho, capim etc. À medida que vários moradores rurais utilizarem fossas sépticas, espera-se reduzir a poluição do solo, córregos e rios. A natureza também ganha com a melhoria da qualidade do solo e água; portanto, a fossa séptica é um instrumento de saúde pública e de melhoria da qualidade de vida no campo.	O presente protótipo poderia auxiliar na questão da "dor" levantada pelos moradores da comunidade em relação ao esgotamento sanitário. Porém, o gargalo para execução estaria no recurso para colocar a solução em prática.

Tabela 2 – Descrição do protótipo proposto para as Comunidade dos Almeidas e São Sebastião da Garganta, município de Silvania – GO, 2020.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Observa-se que as soluções descritas nos protótipos apresentaram uma certa robustez, o que pode ter sido influenciado pela complexidade dos problemas apresentados, além da necessidade de uma diversidade de atores e incentivo financeiro para a sua implantação, assim como as soluções propostas pelo projeto SanRural.

Outro ponto importante é a participação da comunidade para o sucesso das soluções, como o acompanhamento a longo prazo para verificar sua eficácia ou a sugestão de parcerias com o setor privado para o financiamento das soluções. Na atualidade, um *driver* para grandes empresas estaria no apoio a causas de cunho social e ambiental.

Kagan (2020), em sua pesquisa, analisou os possíveis potenciais e limites do *Design Thinking* em um contexto de sustentabilidade, alegando ser cada vez mais necessário contribuir com soluções relativas à sustentabilidade com foco em um futuro melhor. Como resultado, o trabalho aponta algumas limitações no método em relação ao contexto de sustentabilidade, tais como: orientação ao usuário, uso de personas e protótipos, complexidade do DT para promover a criatividade social e resolver problemas perversos de sustentabilidade.

Na pesquisa foram encontradas dificuldades semelhantes, uma vez que as comunidades em questão apresentaram uma diversidade de problemas. Desta forma, para melhor atender ao trabalho escolheu-se aquela que teoricamente apresentava maior relevância para as comunidades, entendendo-se necessárias novas sessões de DT para abordar os demais problemas listados pela persona.

Buhl (2019), em seu trabalho, aborda que nos últimos anos o DT tem atraído cada vez mais o interesse de profissionais e pesquisadores como um processo prescritivo em que equipes multidisciplinares adotam uma abordagem orientada ao usuário para encontrar soluções relevantes para problemas denominados como "perversos" (como a questão do saneamento rural). Além disso, o autor reforça que o DT aumenta as chances de criar produtos e serviços que realmente trazem efeitos positivos ao contexto de sustentabilidade, sugerindo que pesquisas futuras devem examinar como o DT precisa ser adaptado para garantir que os resultados da inovação de fato tenham efeitos positivos em projetos que envolvam o tema sustentabilidade.

Michelotto e Sobrinho (2018), em seu trabalho sobre o descarte irregular de resíduos, enfatizam que o setor público precisa de abordagens mais sistemáticas para a inovação social, tornando-se mais adaptável e flexível ao lidar com problemas do tipo "perverso". As formas sugeridas para alcançar esses objetivos incluem modelos de design como o DT. Além disso, os autores ressaltam que o DT pode ser facilmente adaptado ao problema urbano do descarte irregular de resíduos. Análise similar foi identificada neste trabalho (o DT foi facilmente aplicado), porém, ainda faltam alguns refinamentos no método, dada a complexidade do tema "saneamento rural".

Como abordado ao longo do trabalho, ambas as comunidades apresentaram problemas em todos as definições no âmbito de saneamento básico (água, esgoto, resíduos

sólidos, drenagem e controle social). Situação de extrema preocupação, já que saneamento básico na atualidade apresenta um contexto de responsabilidade social e qualidade de vida. Deficiência nos serviços relacionados à saúde pública são reflexo no aparecimento de doenças de veiculação hídrica como dengue, zika e hepatite A (identificados em boa parte dos moradores das comunidades).

Assim como apresentado na literatura e analisado ao longo desse estudo, vários são os desafios em relação à oferta de um saneamento básico de qualidade para essas comunidades. O setor público apresenta um papel de extrema relevância (como sinalizado nos resultados propostos pelo diagnóstico das comunidades apresentados pelo SanRural), o que, por sua vez, reforçou a participação de atores como o Ministério Público, a FUNASA e a prefeitura do município de Silvânia. Os moradores como comunidade, acrescente-se, detêm papel de extrema relevância para que as soluções propostas sejam uma métrica de sucesso, bem como considera-se que espírito de colaboração apresenta um papel fundamental.

Desta forma, sugere-se a implementação de soluções inovadoras e acessíveis (como o DT) no ambiente do saneamento rural. As adaptações são necessárias para que o método seja implementado de forma satisfatória e traga valor aos usuários e ao produto final. Tais ações, se aplicadas de forma assertiva, possuem capacidade de trazer uma diversidade de benefícios aos moradores das comunidades e ao meio ambiente.

5 I CONCLUSÃO

Após análise dos dados disponibilizados pelo projeto SanRural e aplicação do método *Design Thinking* nas comunidades dos Almeidas (quilombola) e comunidade de São Sebastião da Garganta (assentamento rural), foi constatado que existe grande carência em relação aos serviços relacionados ao saneamento básico, além da ausência do setor público na tomada de decisões em relação aos problemas existentes.

Ficou claro que o maior ponto de “Dor” (problema prioritário) da comunidade dos Almeidas é relativo à ausência do serviço de manejo de resíduos sólidos, uma vez que a maior parte dos resíduos é queimada, enterrada ou disposta em terrenos baldios. Some-se a isso a falta de coleta por parte da prefeitura e o resultado será quadro ainda mais preocupante.

Em relação à comunidade São Sebastião da Garganta, foi identificado que o problema prioritário da comunidade está relacionado à ausência de tratamento de esgoto doméstico, visto que em todas as casas visitadas pelo Projeto SanRural não foi identificada presença de fossa séptica, mas fossa rudimentar.

Os problemas relacionados ao saneamento básico são considerados perversos, visto que necessitam de uma análise mais complexa e não linear. Sendo assim, para que os problemas indicados neste trabalho sejam solucionados, é necessário que as comunidades

e governantes demandem esforços (trabalhando em conjunto) com o objetivo de solução não só dos problemas elencados, mas de todos os problemas existentes, a fim de atingir um propósito único: melhoria da saúde e qualidade de vida da população.

Com base nas dinâmicas realizadas, pode-se concluir que o impacto mais concreto da atividade de *Design Thinking* para o contexto das comunidades esteve materializado nas soluções dos protótipos focados no problema central, além do exercício de colaboração entre os participantes do grupo com foco na resolução do problema. Fica claro que o método DT poderia contribuir em muito na resolução de problemas relativos a saneamento rural. As adaptações são necessárias para que o método seja implementado de forma satisfatória e traga valor aos usuários e ao produto final.

Com relação à contribuição científica, este trabalho se apresentou inovador (ao longo da pesquisa não foram encontrados trabalhos que tivessem aplicado o DT em contexto de saneamento rural). Desta forma, recomenda-se fortemente o uso da metodologia DT nesses contextos, para a obtenção de soluções inovadoras e focadas nos usuários.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é produto do Curso de Especialização em “Saneamento e Saúde Ambiental em Comunidades Rurais e Tradicionais de Goiás – SanRural”, desenvolvido pela Universidade Federal de Goiás com recursos da Fundação Nacional de Saúde (Funasa) por meio do TED nº 5/2017.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei nº 11.445**, **de 05 de janeiro de 2007.** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial da União. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 25 mar.2020.

BRASIL (2019). Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Programa Nacional de Saneamento Rural** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa. 260 p.

Brown, T. et al. (2008). **Design thinking**. Harvard business review, v. 86, n. 6, p. 84.

Brown, T. (2009). **Change by design: How design thinking creates new alternatives for business and society**. Collins Business.

Brown, T., Katz, B. (2010). **Design Thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias.** Rio de Janeiro: Elsevier.

Brown, T.; Wyatt, J. (2010). **Design thinking for social innovation. Development Outreach**, v. 12, n. 1, p. 29-43.

Bordenave, J., Pereira, A (1982). Estratégias de ensino aprendizagem, Petrópolis: **Vozes**.

Buhl, A. et al. (2019). **Design thinking for sustainability: Why and how design thinking can foster sustainability-oriented innovation development**. **Journal of cleaner production**, v. 231, p. 1248-1257.

Felício, J. D., Silva, L. R. M., & Fantin, M. (2018). Políticas públicas de saneamento e saúde em comunidades tradicionais: o caso de Cambury, Ubatuba (SP). In *Anais*. Araraquara: UNIARA. Núcleo de Pesquisa e Documentação Rural - NUPEDOR. Recuperado de https://www.uniara.com.br/legado/nupedor/nupedor_2018/1B/2_Julia_Felicio.pdf>. Acesso em 04 abril 2020.

Ferro, G., Heemann, A (2019). Empatia com equipes multidisciplinares na fase de Ideação do processo de Design Thinking**, Projética**, 10, 3, 81-98.

FUNASA (2015). Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento.** 4. ed. Brasília, 642.

FUNASA (2018). Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Programa sustentar: Saneamento e Sustentabilidade em Áreas Rurais.** Disponível em: **<**http://www.funasa.gov.br/documents/20182/21862/sustentar_publicacao/915644d2-fb28-409c-a7ca-c3cff0e59e98>.Acesso em 26 mar. 2020.

FUNASA (2019). Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Programa Nacional de Saneamento Rural.** Disponível em: <www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/MNL_PNSR_2019.pdf/08d94216-fb09-468e-ac98-afb4ed0483eb>. Acesso em 10 maio 2020.

Funicelli, V. B. et al (2017). **Design Thinking como metodologia de inovação e colaboração**. São Paulo, Brasil.

Gasi, T. M. T. (1988). **Opções para tratamento de esgotos de pequenas comunidades**. São Paulo: Cetesb, 36 p. (Série Manuais).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019). **Panorama.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/silvania/panorama>. Acesso em: 05 fev. 2020.

IDEO, Human centered design (2009). **Kit de ferramentas**. Disponível em: https://www.ideo.com/work/human-centered-design-toolkit/. Acesso em: 12 abr. 2020.

Kagan, S. et al. (2020). Jamming sustainable futures: Assessing the potential of design thinking with the case study of a sustainability jam. **Journal of Cleaner Production**, v. 251, p. 119.

Kayser, G. L.et al (2015). Drinking water quality governance: A comparative case study of Brazil, Ecuador, and Malawi**. Environmental Science &Policy**, 48, 195.

Martinetti, T. H. (2015). **Análise da sustentabilidade de sistemas locais de tratamento de efluentes sanitários para habitações unifamiliares.** Tese de doutorado, Curso de Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 292, Brasil.

Mercado, M. D., Cubas, S. A., & Michaliszyn, M.S. (2018). Saneamento como Ferramenta para a sustentabilidade da área quilombola Vila Esperança, Lapa, PR. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais- BCIAMB**, 48, 97-113.

Michelotto, L. D. G.; Sobrinho, F. L. A. (2018). **O método design thinking como instrumento de sustentabilidade urbana. Uma proposta aplicada para a questão do descarte irregular de resíduos na cidade de Uberlândia, MG, Brasil**. Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/ Revista franco-brasileira de geografia, n. 38.

Monteiro, R. M (2017). **As relações de poder e as territorialidades nos assentamentos rurais do sudoeste goiano**. Dissertação de doutorado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita, Presidente Prudente – SP, 161, Brasil.

Nogueira, H.L. C. (2018). **Design Thinking em museus: um exercício no Museu Nacional de História Natural e da Ciência.** Dissertação de mestrado, Escola de Sociologia e Políticas Públicas Departamento de História, Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, Portugal, 128, Brasil.

Porto, B. B., Sales, B. M., & Rezende, S. (2019). Saneamento básico em contextos de agricultura familiar, **Revista DAE: Edição Especial Saneamento Rural**, 67, 220, 190.

Ribeiro, E. M., Galizoni, F. M. (2003). Água, população rural e políticas de gestão: o caso do vale do Jequitinhonha, Minas Gerais. **Ambiente & Sociedade**, VI, 1, 129–146.

Santos, R. C., Silva, M. S. (2014). Condições de vida e itinerários terapêuticos de quilombolas em Goiás. **Saúde e Sociedade**, 23, 3, 1049-1063.

Scalize, P. S., Souza, G. R., Bezerra, R. A (2019). Saneamento Ambiental em Comunidades Quilombolas: Um Estudo de revisão. **In 30º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.** *Anais*. Natal-RN: ABES.

Scalize, P. S., Souza, B. R., Filho, K. E. S., Bezerra, N. R., & Pagotto, V. (2020a). Projeto Sanrural. Saneamento e Saúde Ambiental em Comunidades Rurais e Tradicionais de Goiás. **Condições de Saúde e Saneamento da Comunidade dos Almeidas,** Silvânia, GO, Brasil, 22.

Scalize, P. S., Souza, B. R., Filho, K. E. S., Bezerra, N. R., & Pagotto, V. (2020b). Projeto Sanrural. Saneamento e Saúde Ambiental em Comunidades Rurais e Tradicionais de Goiás. **Condições de Saúde e Saneamento da Comunidade São Sebastião da Garganta,** Silvânia, GO, Brasil, 22.

Scaratti, D., Bezerra, N. R. (2019). **Aspectos Conceituais e Técnicos do Saneamento Básico Rural**, Curso de Especialização em Saneamento e Saúde Ambiental, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil.

Silva, J. B.M. (2019). **Revista Nós: Cultura, Estética e Linguagens**, 4, 1.

Simon, H. A. (2019). **The sciences of the artificial**. MIT press.

Soares, M. (2019). Mapeamento de Pastagens Convertidas para Agricultura no Município de Silvânia-GO. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 4, n. 2.

Tonetti, A. L., Brasil, A., Madrid, F., Figueiredo, I., Schneider, J., Cruz, L., & Magalhães, T. (2018). **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. Biblioteca/Unicamp. Campinas, São Paulo, 153.

SOBRE OS ORGANIZADORES

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. E-mail para contato: raissasalustriano@yahoo.com.br; raissa.matos@ufma.br; Lattes: http://lattes.cnpq.br/0720581765268326

LUIZ ALBERTO MELO DE SOUSA: Graduando em Agronomia pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Técnico em Agropecuária pela Casa Familiar Rural de Alto Alegre do Pindaré do Maranhão (CFR-AAP). Atualmente sou Diretor administrativo e de finanças da Startup "FrutimaTec: Conhecimento e Segurança para o fruticultor". Membro do Grupo Pesquisa em Fruticultura do Maranhão (Frutima) e do Grupo de Estudo e Pesquisa em Bioinsumos no Maranhão (BIOIMA). Desenvolvo pesquisas na área de Agronomia com ênfase em fitotecnia, propagação vegetal, produção e manejo de espécies vegetais, horticultura, fruticultura, proteção de plantas e promoção de crescimento vegetal com a utilização de bioinsumos. E-mail para contato: agroluizalberto@gmail.com; Lattes: http://lattes.cnpq.br/4039999947043150

RAIMUNDO CLEIDSON OLIVEIRA EVANGELISTA: Graduando em Agronomia pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Técnico em Agropecuária pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA). Atualmente é Diretor-presidente da Startup "FrutimaTec: Conhecimento e Segurança para o fruticultor". É bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) na categoria BEST I: Bolsa de Estágio em Inovação I. Desenvolve pesquisas na área de Agronomia, com ênfase em produção vegetal, horticultura, fruticultura, proteção de plantas e promoção de crescimento vegetal com a utilização de bioinsumos. E-mail para contato: drnetobz@gmail.com; raimundo.cleidson@discente.ufma.br; Lattes: http://lattes.cnpq.br/5604372541250943.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acúmulo de nutrientes 14, 21, 59

Agricultura familiar 23, 140, 141, 228, 254

Agroecologia 47, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 228, 229, 232, 254

Agrotóxicos 1, 2, 3, 4, 6, 11, 12, 244

Água 7, 8, 10, 20, 26, 42, 43, 54, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 73, 75, 76, 78, 79, 81, 85, 86, 114, 119, 129, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 148, 149, 150, 151, 195, 197, 198, 203, 204, 205, 206, 207, 213, 214, 217, 223, 229, 231, 234, 236, 243, 244, 249, 250, 254

Amazônia brasileira 63, 64, 66, 185, 186

Aquacultura 202, 203, 204, 205, 206, 211

Azospirillum brasilense 39, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 57, 59, 60, 61, 194, 197

B

Bactérias 39, 40, 45, 51, 52, 53, 57, 59, 215, 219, 221, 229

Bactérias diazotróficas 39, 51, 53

Biofertilizantes 1, 4, 7, 10, 12

Biomassa 14, 15, 22, 27, 31, 36, 55, 196, 201

C

Cambissolo húmico 143, 146, 147, 148, 149, 150, 151

Capacidade de campo 67, 194, 195, 197, 198, 199

Carbón parcial 99, 100, 101, 104, 105, 106, 107, 108, 109

Changing habits 178

Cobertura de solo 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 229

Comercialização 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 192, 206, 214

Compactação do solo 143, 144, 145, 152, 153, 230

Condições de armazenamento 89, 92, 119

Covid-19 3, 6, 7, 177, 178

Crescimento 21, 23, 24, 25, 26, 27, 31, 34, 37, 39, 40, 41, 53, 57, 59, 74, 91, 129, 130, 132, 137, 144, 155, 159, 180, 188, 189, 202, 203, 204, 205, 206, 208, 210, 211, 214, 221, 224, 231, 255

Cultivo 14, 15, 17, 20, 21, 23, 24, 25, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 40, 53, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 91, 98, 109, 144, 179, 180, 181, 182, 202, 206, 207, 208,

209, 210, 228, 229, 231

Cultivo in vitro 76, 77, 78

D

Defensivos agrícolas alternativos 1

Divergência genética 111, 112, 113, 114, 117, 118, 119, 120

E

Educação ambiental 1, 2, 3, 5, 12

Environments 37, 76, 178

Enzimas do solo 194, 195, 200

Estômatos 76, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 88

Estudos ambientais 154, 155

Euterpe oleraceae 74, 184, 185, 186, 192

Êxodo urbano 228

F

Feijão-caupi 89, 90, 91, 92, 93, 97, 98

Feijoeiro comum 24, 25, 26, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36

Fertilização alternativa 39

Flores 27, 118, 127, 177, 180, 181, 183

G

Gênero 22, 40, 45, 53, 92, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 130, 221, 242, 243

Germinação 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 136

Gorgulho do feijão 89, 91

Grãos armazenados 89, 91, 97

Guia de trânsito vegetal 185, 187

I

In vitro 76, 77, 78, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 120

Irrigação 42, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 72, 73, 75, 129, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142

K

Karnal bunt 99, 100, 109, 110

L

Latossolo vermelho 13, 16, 22, 41, 54

Legislação 185, 188, 213, 215, 222, 223, 225

M

Manejo agroecológico 228, 229, 230, 231

Matéria seca 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 38, 39, 44, 58, 59, 130

Meio de cultura 76, 78, 79, 82, 85, 213

Micropropagação 76, 85, 86

Microrganismos 44, 194, 201, 213, 214, 215, 219, 221, 223

Monocultivo 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73

Mulheres 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 178, 181

Musa spp 76, 77, 78, 80, 81, 83, 84, 85, 86, 87, 88

N

Nitossolo bruno 143, 146, 147, 148, 149, 150, 151

Nitrogênio 13, 14, 15, 16, 17, 19, 21, 24, 25, 36, 37, 39, 40, 47, 49, 52, 58, 59, 60, 61, 62, 78, 138, 195, 201, 229

Nutrição de plantas 24, 192, 255

O

Ostras 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210

P

Passiflora L. 111, 120

Pastagem 129, 132, 141, 229, 231

Patentes 202, 204, 207, 208, 209, 210

Phaseolus vulgaris 24, 25, 36, 37

Planta forrageira 129

Plântulas 78, 84, 111, 112, 114, 115, 117, 120

Podcast 1, 2, 6, 10

Pó de rocha 39, 50, 194, 197

Portugal 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 210, 254

Proctor 143, 144, 145, 146, 149, 150, 151, 152

Produtividade 2, 18, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 34, 35, 36, 39, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 65, 75, 77, 97, 115, 120, 129, 130, 131, 132, 137, 143, 144, 153, 192, 205

Produtos cárneos 213, 214, 216, 223

Propriedades físicas 132, 143, 230, 232

Proteção do solo 14, 15, 16, 21

Q

Qualidade do solo 16, 136, 152, 195, 196, 228, 229, 231, 249

Quiz 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9

R

Rastreabilidade 185, 186, 187, 189, 191

Recuperação de pastagens 138, 141, 228

Recursos genéticos 111

Resolução de imagens 154, 155

Rhizobium 24, 25, 26, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36

S

Saúde coletiva 122, 126, 127

Sistema de cultivo 20, 64, 70, 71

Sistema irrigado 129

Sistema radicular 64, 66, 73, 74, 75

Softwares de SIG 154, 155, 163

T

Terra fina seca ao ar 194, 195, 197, 198, 199

Tilletia indica 99, 100, 101, 107, 109, 110

Tratamento térmico 213, 214, 215, 216, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 225

Trigo duro 99, 100, 109

Triticum aestivum 22, 39, 40, 49, 100

Triticum durum 99, 100

U

Ureia 24, 26, 42, 55

V

Variedades y líneas 99, 109

W

Welfare 178

Z

Zea mays 22, 52, 60, 140

CIÊNCIAS AGRÁRIAS:

Conhecimento e difusão de tecnologias

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2022

CIÊNCIAS AGRÁRIAS:

Conhecimento e difusão de tecnologias

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2022