

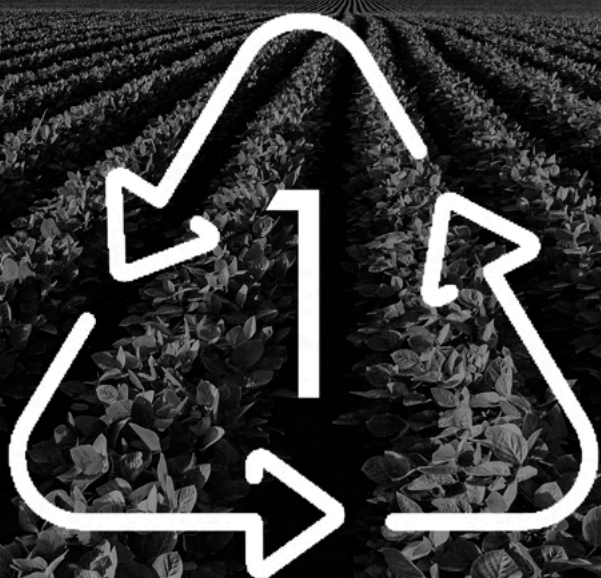
CIÊNCIAS AGRÁRIAS, INDICADORES E SISTEMAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEIS



Pedro Henrique Abreu Moura
Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2021

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, INDICADORES E SISTEMAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEIS



Pedro Henrique Abreu Moura
Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2021

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

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 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

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

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

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

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia

Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
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. 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. 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 Alfnas

Ciências agrárias, indicadores e sistemas de produção sustentáveis

Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Bruno Oliveira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Pedro Henrique Abreu Moura
Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências agrárias, indicadores e sistemas de produção sustentáveis / Organizadores Pedro Henrique Abreu Moura, Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-700-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.007212911>

1. Ciências agrárias. I. Moura, Pedro Henrique Abreu (Organizador). II. Monteiro, Vanessa da Fontoura Custódio. III. 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

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

A agricultura faz parte da área do conhecimento denominada de Ciências Agrárias. Importante para garantir o crescimento e manutenção da vida humana no planeta, a agricultura precisa ser realizada de forma responsável, considerando os princípios da sustentabilidade.

Esta obra, intitulada “Ciências agrárias, indicadores e sistemas de produção sustentáveis”, apresenta-se em três volumes que trazem uma diversidade de artigos sobre agricultura produzidos por pesquisadores brasileiros e de outros países.

Neste primeiro volume estão agrupados os trabalhos que abordam temáticas como: agroecologia, sistemas agroflorestais e de integração lavoura-pecuária-floresta, controle biológico de pragas e outros temas correlacionados a sustentabilidade na agricultura.

Agradecemos aos autores dos capítulos pela escolha da Atena Editora. Desejamos a todos uma ótima leitura e convidamos para apreciarem também os outros volumes desta obra.

Pedro Henrique Abreu Moura
Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1


AGROECOLOGIA E SOBERANIA ALIMENTAR: ANÁLISE DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE AGRICULTORES FAMILIARES DO BAIXO PARNAÍBA-MA

James Ribeiro de Azevedo

Maria da Conceição da Costa de Andrade Vasconcelos

Gênesis Alves de Azevedo

Mauricio Marcon Rebelo Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0072129111>

CAPÍTULO 2..... 8

CULTIVO DE BACABIZEIRO EM SISTEMA AGROFLORESTAL NA AMAZÔNIA

Alef Ferreira Martins

Jaqueline Araújo da Silva

Jaqueline Lima da Silva

Tainara Monteiro Nunes

Graziele Rabelo Rodrigues

Thalia Maria de Sousa Dias

Tinayra Teyller Alves Costa


Sinara de Nazaré Santana Brito

Harleson Sidney Almeida Monteiro

Layse barreto de Almeida

Gabriela Ribeiro Lima

Antônia Benedita da Silva Bronze

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0072129112>

CAPÍTULO 3..... 20


FORMAÇÃO EM AGROECOLOGIA. UM ESPAÇO PARTICIPATIVO E REFLEXIVO NA CARREIRA DE GRADUAÇÃO DA FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DA UNIVERSIDADE NACIONAL DE ROSARIO

Marcelo Milo Vaccaro

Silvia Cechetti

Marcelo Larripa

Claudia Torres

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0072129113>

CAPÍTULO 4..... 29


VIABILIDADE ECONOMICA DE UM PROJETO AGROECOLÓGICO NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO: FATORES DETERMINANTES E FATORES COADJUVANTES DE SUCESSO

Sandro César Salvador

Elaine Makishi

Beatriz Micai

Daniel Fábio Salvador

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0072129114>


CAPÍTULO 5..... 41

ANÁLISE DA PAISAGEM NO ENTORNO DE PROPRIEDADES COM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NO CERRADO GOIANO

Daniela de Lima

Manuel Eduardo Ferreira

Samantha Salomão Caramori

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0072129115>

CAPÍTULO 6..... 64

COMO OS PARÂMETROS CINÉTICOS DE ENZIMAS PODEM INDICAR A QUALIDADE DE SOLOS DE CERRADO EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA


Ana Flávia de Andrade Lopes

Malu da Costa Santana

Leciana de Menezes Sousa Zago

Isabella Cristina Ferreira de Lima

Samantha Salomão Caramori

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0072129116>

CAPÍTULO 7..... 76


VIABILIDADE DE UMA PROPRIEDADE ENGAJADA NO SISTEMA SILVIPASTORIL: ESTUDO DE CASO

Hadassa Landherr Friske

Débora Natália Brumati

Jaine da Silva

Marcos Adriano Martello

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0072129117>

CAPÍTULO 8..... 87


PRODUCCIÓN DE NARANJA ORGÁNICA Y AGROECOLÓGICA: DIFUSIÓN DE LA TECNOLOGÍA A PEQUEÑOS PRODUCTORES ORGANIZADOS EN VERACRUZ, MÉXICO

Manuel Ángel Gómez Cruz

Laura Gómez Tovar

Brisa Guadalupe Gómez Ochoa

Alejandro Hernández Carlos


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0072129118>

CAPÍTULO 9..... 98

O CRÉDITO E OS TÍTULOS DE CRÉDITO RURAL COMO INSTRUMENTO DE VIABILIZAÇÃO ECONÔMICA E SOCIAL DA PROPRIEDADE

Domingos Benedetti Rodrigues


Tamara Silvana Menuzzi Diverio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0072129119>

CAPÍTULO 10..... 110

POTENCIAL DE USO DO FUNGO ENTOMOPATHOGENICO *Isaria spp.*


Ingrid de Araujo Reis
Edna Antônia da Silva Brito
Thayná da Cruz Ferreira
Lorene Bianca Araújo Tadaiesky
Diego Lemos Alves
Gleiciane Rodrigues dos Santos
Alice de Paula de Sousa Cavalcante
Josiane Pacheco de Alfaia
Gledson Luiz Salgado de Castro
Alessandra Jackeline Guedes de Moraes
Gisele Barata da Silva
Telma Fatima Vieira Batista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.00721291110>

CAPÍTULO 11 120

MERCADO DE PRODUTOS BIOLÓGICOS PARA CONTROLE DE PRAGAS NO BRASIL


Thayná Cruz Ferreira
Lorene Bianca Araújo Tadaiesky
Edna Antônia da Silva Brito
Indyra Ingrid de Araújo Reis
Diego Lemos Alves
Gleiciane Rodrigues dos Santos
Alice de Paula de Sousa Cavalcante
Josiane Pacheco de Alfaia
Gledson Luiz Salgado de Castro
Alessandra Jackeline Guedes de Moraes
Gisele Barata da Silva
Telma Fatima Vieira Batista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.00721291111>

CAPÍTULO 12..... 134

NANOTECNOLOGIA VERDE E SUAS APLICAÇÕES NO ECOSISTEMA AGRÍCOLA

Micheline Thais dos Santos
Tale Lucas Vieira Rolim
Viviane Ferreira Araújo
Maria Ercília Lima Barreiro
Elizabeth Simões do Amaral Alves
Breno Araújo de Melo
Sybelle Georgia Mesquita da Silva
Romero Marcos Pedrosa Brandão – Costa
Juanize Matias da Silva Batista
Ana Lúcia Figueiredo Porto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.00721291112>

CAPÍTULO 13..... 144

EMBALAGEM POLIMÉRICA AGRÍCOLA REPELENTE

Cesar Tatari


Adelcio Cleiton de Almeida Carneiro

Antony Victor Fernandes

Douglas Cunha Silva

Márcio Callejon Maldonado

Ricardo Alexandre Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.00721291113>

CAPÍTULO 14..... 158

ACTIVIDAD MICROBIANA DE UN SUELO CONTAMINADO BIORREMEIDIADO CON BIOSÓLIDOS


Hernán Kucher

Silvana Irene Torri

Erika Pacheco Rudz

Ignacio van oostveldt

Adelia González Arzac

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.00721291114>

CAPÍTULO 15..... 167

ABORDAGEM QUANTITATIVA, UTILIZANDO OS INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: UMA APLICAÇÃO DO MODELO DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA, DURANTE O PERÍODO ENTRE 2003 À 2018

Educélio Gaspar Lisbôa


Ionara Santos Siqueira

Cinthia de Oliveira Rodrigues

Érico Gaspar Lisbôa

Leonardo Augusto Lobato Bello

Heriberto Wagner Amanajás Pena

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.00721291115>

CAPÍTULO 16..... 182

MODELO HIDRÁULICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SUBUNIDADES IRREGULARES DE RIEGO POR GOTEÓ

Jorge Cervera Gascó


Jesús Montero Martínez

Amaro del Castillo Sánchez-Cañamares

Santiago Laserna Arcas

José María Tarjuelo Martín-Benito


Miguel Ángel Moreno Hidalgo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.00721291116>

CAPÍTULO 17..... 190

PLANO DE GESTÃO SUSTENTÁVEL DA SUB-BACIA DE TEJALPA-TERRERILLOS NO NEVADO DE TOLUCA

Marcia Adriana Yáñez Kernke

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.00721291117>

CAPÍTULO 18.....209

MÉTODOS PARA A ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM
CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA E PLACAS - PA

Maria do Bom Conselho Lacerda Medeiros

Flávio Henrique Santos Rodrigues

Adriano Anastácio Cardoso Gomes

Ermano Prévair

Peola Reis de Sousa


Wellington Leal dos Santos

Keila Aparecida Moreira

Luciana da Silva Borges

Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza

Joaquim Alves de Lima Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.00721291118>


CAPÍTULO 19.....223

RODA D'ÁGUA: ALTERNATIVA DE BAIXO CUSTO PARA BOMBEAMENTO DE ÁGUA NO
ASSENTAMENTO SERRA VERDE EM BARRA DO GARÇAS - MT

Ivo Luciano da Assunção Rodrigues

Martha Tussolini

Enzo Negri Cogo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.00721291119>

CAPÍTULO 20.....228

CAPACIDADE PREDATÓRIA DE NINFAS DE LÍBELULAS (ODONATA) EM LARVAS DE
Aedes aegypti (DIPTERA: CULICIDAE)

Lays Laianny Amaro Bezerra

Rafael Pereira da Cruz

Francisco Roberto de Azevedo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.00721291120>

SOBRE OS ORGANIZADORES237

ÍNDICE REMISSIVO.....238

CAPÍTULO 1

AGROECOLOGIA E SOBERANIA ALIMENTAR: ANÁLISE DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE AGRICULTORES FAMILIARES DO BAIXO PARNAÍBA-MA

Data de aceite: 01/11/2021

James Ribeiro de Azevedo

Universidade Federal do Maranhão, UFMA
Chapadinha - MA
<http://lattes.cnpq.br/2131090434303214>

Maria da Conceição da Costa de Andrade Vasconcelos

Universidade Federal do Maranhão, UFMA
Chapadinha - MA
<http://lattes.cnpq.br/4711178410884811>

Gênesis Alves de Azevedo

Universidade Estadual Paulista, UNESP
Ilha Solteira - SP
<http://lattes.cnpq.br/3395556896245248>

Mauricio Marcon Rebelo Silva

Instituto Chico Mendes de Conservação da
Biodiversidade, ICMBio
Brasília - DF
<http://lattes.cnpq.br/3733580287986874>

RESUMO: A soberania alimentar é muito importante para os agricultores familiares decidirem o que plantar e como plantar. O objetivo deste trabalho foi analisar o sistema de produção de agricultores familiares do Baixo Parnaíba maranhense sob o enfoque da soberania alimentar e da agroecologia. A pesquisa foi realizada na Reserva Extrativista Chapada Limpa, na localidade Vila União e no assentamento de reforma agrária Canto do Ferreira, município de Chapadinha; na comunidade Quilombola Barro Vermelho, município de Vargem Grande; e no

assentamento Belém, localizado no município de Buriti, território do Baixo Parnaíba maranhense. As informações foram obtidas através de entrevistas e de observação não participante realizadas nos meses de outubro a novembro de 2020. Analisou-se o sistema de produção dessas famílias sob a ótica da agroecologia e da soberania alimentar, enfatizando o acesso dos agricultores à terra, às sementes e à água, enfocando a autonomia local, os mercados locais, os ciclos locais de consumo e de produção local e a soberania tecnológica. Os resultados demonstraram que essas famílias apresentaram vários aspectos de segurança alimentar e alguns de insegurança. Conclui-se que a soberania alimentar das famílias estudadas precisa ser fortalecida por meio da organização social e do acesso às políticas públicas na promoção do bem viver.

PALAVRAS-CHAVE: Segurança alimentar; alimentação; agricultura familiar.

AGROECOLOGY AND FOOD SOVEREIGNTY: ANALYSIS OF THE PRODUCTION SYSTEM OF FAMILY FARMERS IN BAIXO PARNAÍBA-MA

ABSTRACT: Food sovereignty is very important for family farmers to decide what to plant and how to plant it. The objective of this work was to analyze the production system of family farmers in Baixo Parnaíba Maranhão under the focus of food sovereignty and agroecology. The research was carried out in the Chapada Limpa Extractive Reserve, in the Vila União locality and in the agrarian reform settlement Canto do Ferreira, in the municipality of Chapadinha; in the

Quilombola Barro Vermelho community, municipality of Vargem Grande; and in the Belém settlement, located in the municipality of Buriti, territory of Baixo Parnaíba maranhense. The information was obtained through participant identification and observation, not carried out in November 2020. The production system of these families was analyzed from the perspective of agroecology and food sovereignty, emphasizing farmers' access to land, to seeds and to water, focusing on local autonomy, local markets, local cycles of consumption and local production, and technological sovereignty. The results showed that these families had several aspects of food security and some of insecurity. It is concluded that the dietary sobriety of the studied families needs to be strengthened through social organization and access to public policies to promote good living.

KEYWORDS: Food safety; food; family farming.

1 | INTRODUÇÃO

Uma das conquistas sociais e da ética humana mais importantes para o Brasil na última década foi a saída do país do mapa da fome. Porém, o golpe de 2016 e as mudanças na condução das políticas públicas voltadas à agricultura familiar, aos povos e comunidades tradicionais, ao meio ambiente e ao desenvolvimento social, acentuadas a pandemia do novo coronavírus e o tratamento dado a pandemia pelo governo federal, trouxeram de volta a preocupação com a segurança alimentar e nutricional dos brasileiros. O problema da fome não está atrelado somente a questões financeiras e climáticas, mas essencialmente a questões agrárias, ambientais, sociais e políticas, em todas as esferas de governo, dentre outras, que podem afetar a disponibilidade de alimentos e ameaçar a soberania alimentar do país.

A soberania alimentar é um princípio crucial para a garantia de segurança alimentar e nutricional e diz respeito ao direito que tem os povos de definir as políticas, com autonomia sobre o que produzir, para quem produzir e em que condições produzir (MARTINS, 2016). A soberania alimentar requer também a reprodução social do campesinato, a reforma agrária, o fortalecimento de mercados locais e a valorização da cultura alimentar (MARQUES, 2010).

De acordo Meirelles (2004), a soberania alimentar leva em consideração as dimensões econômicas, sociais, políticas, culturais e ambientais, englobando aspectos que vão muito além do fato de se ter comida na mesa para o simples ato de saciar a fome.

Para combater o problema da insegurança alimentar precisa-se garantir que todos os povos tenham acesso a alimentos em quantidade e qualidade necessária, a partir da distribuição justa de terras, da implementação de políticas públicas voltadas para a produção e para a garantia de direitos básicos, assim como trabalhar o meio ambiente de forma responsável, além de buscar respeitar os valores e a cultura de todos os povos envolvidos no processo de produção dos alimentos, visando a autossuficiência e o consumo responsável de forma a evitar desperdício.

Apesar do Brasil ser um dos maiores exportadores de grãos e outros alimentos para o restante do mundo, o país não consegue alimentar os próprios brasileiros, não somente pela

falta de produto, mas como também pela dinâmica econômica que transforma a agricultura em negócio, privilegiando o lucro acima do bem comum. Para Carvalho (2002), essa dinâmica coloca a soberania alimentar num segundo plano, devido ao processo de exploração e expropriação exercido pelos grandes produtores sobre os camponeses.

Martins (2016) enfatiza que:

[...] o modelo de produção e consumo de alimentos é fundamental para garantia de segurança alimentar, pois, para além da fome, há insegurança alimentar e nutricional sempre que se produz alimentos sem respeito ao meio ambiente.

Nesse contexto, o fortalecimento da agricultura familiar e a implementação de formas de produção com maior grau de sustentabilidade como a produção orgânica inserida em um contexto agroecológico, surge como um caminho importante no combate à insegurança alimentar. A adoção de práticas agroecológicas engloba aspectos que vão além da produção, tendo uma grande preocupação com a conservação ambiental e gestão territorial, buscando a manutenção dos valores culturais e sociais, bem como a valorização dos saberes tradicionais que podem contribuir para a construção de um ambiente produtivo mais saudável em todas as dimensões, tendo como consequência além da garantia e democratização do acesso aos alimentos, a reconstrução do equilíbrio ambiental e social necessário para a garantia da soberania alimentar da nação.

A soberania alimentar promove o direito dos povos de definir suas políticas e práticas alimentares, o que passa pela manutenção do campesinato, a reforma agrária, o apoio aos mercados locais e o respeito às tradições alimentares (MARQUES, 2010).

O presente trabalho teve como objetivo analisar o sistema de produção de agricultores familiares do Baixo Parnaíba maranhense sob o enfoque da soberania alimentar e da agroecologia.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na Reserva Extrativista Chapada Limpa, na localidade Vila União e no assentamento de reforma agrária Canto do Ferreira, município de Chapadinha; na comunidade Quilombola Barro Vermelho, município de Vargem Grande; e no assentamento Belém, localizada no município de Buriti, ambos pertencentes ao território do Baixo Parnaíba maranhense. As informações foram obtidas através de entrevistas e de observação não participante realizada nos meses de outubro a novembro de 2020. Realizou-se entrevistas com 18 famílias que estavam disponíveis no dia marcado, utilizando-se questionário semiestruturado, sendo cinco famílias na Chapada Limpa, oito no Barro Vermelho, três no Canto do Ferreira, e duas na Vila União.

Essas famílias voluntariamente se inscreveram para participar do projeto Núcleo de Estudos em Agroecologia e Produção Orgânica do Baixo Parnaíba-MA. Analisou-se o

sistema de produção dessas famílias sob a ótica da agroecologia e da soberania alimentar, enfatizando o acesso dos agricultores à terra, às sementes e à água, enfocando a autonomia local, os mercados locais, os ciclos locais de consumo e de produção local e a soberania tecnológica (ALTIERI, 2010).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao acesso à terra, nas localidades Vila União, Reserva Extrativista Chapada Limpa, Assentamento Belém e Canto do Ferreira em ambas, as das terras estavam regularizadas permitindo as famílias autonomia em relação ao uso solo. Na comunidade quilombola Barro Vermelho a terra estava em processo de titulação e já tinha sido elaborado o Relatório Técnico de Identificação e Demarcação (RTID) pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). A falta da titulação estava causando uma restrição das famílias ao território quilombola, no qual o pretense proprietário limitou uma pequena área para moradia e cultivo das famílias com a construção de uma cerca de arame farpado.

O Sistema de produção dessas famílias era composto dos seguintes subsistemas: cultivo, criação, extrativismo e atividades anexas (fabricação de farinha de mandioca). O subsistema de cultivo, que compreende os roçados de corte e queima não se utilizava insumos externos (combustível, agrotóxicos, fertilizantes químicos sintéticos e calcário agrícola) nesse sentido, os agricultores eram soberanos para realizar seus cultivos, decidindo o que plantar e como plantar. Essa diversificação do sistema de produção dessas famílias contribui para a soberania alimentar, pois de acordo com Pozzebon et al. (2018), as unidades de produção mais diversificadas terão maiores possibilidades e oportunidades de se fazer escolhas

Esses roçados eram otimizados como forma de aproveitar ao máximo a força de trabalho familiar, a área disponível e potencializar o uso das cinzas resultantes das queimas das capoeiras através de policultivos. Essa diversificação entre diferentes cultivos e entre variedades diferentes do mesmo cultivo, utilização de pequenas áreas (em média de um hectare de roçados/família) encravada na vegetação nativa permitia um eficiente controle de pragas e doenças aliadas ao controle biológico proporcionado por esses agroecossistemas. O controle de plantas colonizadoras era realizado pelo uso do fogo que queimam as sementes dessas plantas e pela cobertura do solo através do adensamento de plantas cultivadas no policultivo, uma vez que as sementes dependem da luz para sua germinação (fotoblatismo positivo). Isso elimina a dependência externa de herbicidas. Essa vantagem do policultivo também é relatada por Francis (1986).

Eram utilizadas sementes crioulas (arroz, milho e feijão em maiores quantidades e melancia, abóbora, quiabo, vinagreira e outras em menores quantidades) eram crioulas, sendo selecionadas, guardadas e cuidadas para novos plantios. De acordo com Clawson (1985), essas variedades desenvolvidas localmente oferecem maior defesa contra a vulnerabilidade climática e tornam as colheitas mais seguras em relação à pragas e doenças.

Havia também o uso de sementes convencionais de arroz, milho e feijão doadas pelo governo estadual, ameaçando a soberania e a segurança alimentar. O uso de sementes de variedades crioulas foi um dos fortes aspectos de soberania observado, visto que não ficavam à mercê de empresas multinacionais produtoras de sementes, ainda mais quando as modificam geneticamente para resistirem à agrotóxicos produzidas pelas mesmas, ocasionando uma forte dependência.

A produção era destinada prioritariamente para o consumo familiar, apenas o excedente era destinado para comercialização para suprir as necessidades de produtos que não podiam ser desenvolvidos no estabelecimento agrícola. Não havia preocupação em relação à flutuação com os preços dos produtos agropecuários para determinar o que deve ser cultivado. Os produtos eram valorizados pela importância do uso para alimentação das famílias e não estritamente pelo seu valor monetário. Nesse sentido, Stedile e Carvalho (2013) relatam que alimento não é mercadoria e sim um direito da humanidade.

A alimentação das famílias era constituída dos produtos dos roçados: arroz, mandioca para fabricação de farinha, macaxeira, feijão, fava e parte do milho que também era destinada para alimentação dos animais, uma grande variedade de plantas olerícolas (melancia, abóbora, quiabo, vinagreira, maxixe e etc.). Do extrativismo, eram consumidos alguns frutos do cerrado: juçara, buriti, murici, bacuri (em menores quantidades, a maior parte era comercializado), babaçu (as amêndoas eram utilizadas para fabricação de óleo, utilizado para o preparo de alimentos, a maior parte da amêndoa era para comercialização) e a caça (as principais eram tatu e paca, recursos cada vez mais escasso devido à falta de manejo, incêndio florestal e redução das áreas de preservação) e a pesca (realizada pelas famílias do Barro Vermelho, a qual a maior parte era destinada para comercialização).

Nos quintais eram cultivadas uma variedade de frutíferas fornecendo para as famílias alimentos bem diversificados tais como: laranja, goiaba, juçara, jaca, seriguela, caju, manga, banana e mamão.

As famílias criavam e consumiam galinhas e suínos. A Alimentação dos suínos era menos soberana, somente uma parte de alimentação (milho) era produzida localmente, a maior parte dependia de alimentos comprados: farelos de trigo, de arroz, de soja e ração.

Concordando com Pozzebon et al. (2018), essa diversificação de alimentos produzidos proporcionava uma qualidade nutritiva superior aos alimentos industrializados e maior soberania às famílias dos agricultores perante o contexto socioeconômico. Permitia também uma alimentação variada e saudável conforme relatado no trabalho de Grisa, Gazolla e Schneider (2010). Maluf et al. (2004) afirmam que uma alimentação diversificada e balanceada somente ocorre em unidades de produção policultoras.

A resiliência desses sistemas ainda causava dependência alimentar principalmente quanto ao arroz e milho, cujas variedades utilizadas eram pouco resistentes aos estresses hídricos ocasionados em anos de menores precipitação pluviométrica. A produção nesses casos era reduzida ou as vezes nem permitia obter sementes para o replantio. Estabelecia-

se nessa situação, uma rede de solidariedade nesses anos mais difíceis com a troca de sementes e doações entre as famílias e do governo. Os programas de benefícios sociais eram muito importantes nesses casos para suprir a aquisição de alimentos. Como estratégia as famílias procuravam vender sua força de trabalho para obtenção de renda.

Não havia uma relação fortalecida na comercialização dos produtos agropecuários e extrativos entre as famílias e os consumidores finais. A grande maioria dos produtos eram comercializados para atravessadores. O acesso a mercados de circuito curto de comercialização ocorria no Canto do Ferreira através do Programa Nacional de Aquisição de Alimentos (PAA), do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e ainda para o Restaurante Popular, do governo estadual, localizado na cidade de Chapadinha. Entende-se que seja necessária uma melhor atuação dessas famílias através de suas associações para iniciar um processo de comercialização direto com consumidores estabelecendo conforme Marques (2010), Rabello (2014) e Coca (2016) uma valorização de circuitos alimentares locais, adotando como estratégia a realização de feiras agroecológicas e se tornarem atores ativos para se contrapor o que Esteve (2017) relata como “dieta global” no qual os agricultores e consumidores são apenas sujeitos passivos.

O sistema de produção era de domínio técnico das famílias, desenvolvido através de gerações, adaptados às condições locais, de pouco acesso à assistência técnica e ao crédito rural. Apesar desse sistema permitir a reprodução familiar até o momento, de atender vários princípios agroecológicos, é necessário avançar para uma transição agroecológica que permita substituir o uso do fogo para preparo da terra, que seja mais resiliente às mudanças climáticas (com temperaturas mais altas e maior irregularidade nas precipitações pluviométricas) e que tenha uma maior produtividade do trabalho. Para isso, é primordial que essas famílias sejam atendidas por serviços públicos de assistência técnica e extensão rural com técnicos capacitados em agroecologia.

4 | CONCLUSÃO

As famílias estudantes, embora contem com uma significativa soberania alimentar, necessitam, como sujeitos de direito, do acesso aos investimentos públicos para seu fortalecimento. Para tanto, é preciso uma atuação articulada de suas organizações com outros setores da sociedade civil formando uma aliança campo cidade e agricultor consumidor, que atue na promoção da justiça social, com melhor transição de seus sistemas produtivos para uma agricultura cada vez mais alinhada com os princípios da agroecologia, para melhor qualidade nutricional dos alimentos, melhor distribuição de renda ao longo da cadeia, garantia ao acesso à terra e a gestão de seus territórios, entre tantos outros aspectos da construção do bem comum.

5 | AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Ampara à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA).

REFERÊNCIAS

- ALTIERI, M. Agroecologia, agricultura camponesa e soberania alimentar. **Revista NERA**, Presidente Prudente, ano 13, n. 16, p. 22-32, 2010.
- CARVALHO, H. M. **Comunidade de resistência e superação**. Curitiba, Gráfica e Editora Peres Ltda., 2002. 48p.
- CLAWSON D.L.; “Harvest Security and Intraspecific Diversity in Traditional Tropical Agriculture” **Economic Botany** n. 39, p. 56-67, 1985.
- COCA, E. L. **A soberania alimentar através do estado e da sociedade civil: o programa de aquisição de alimentos (PAA), no Brasil e a rede Farm to Cafeteria Canada (F2CC), no Canadá**. 2016. 357 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Presidente Prudente, 2016.
- ESTEVE, Esther Vivas. **O negócio da comida: quem controla nossa alimentação?** 1 ed. São Paulo: Expressão Popular, 2017.
- FRANCIS, C.A. (Ed.). **Multiple cropping systems**. New York: MacMillan, 1986.
- GRISA, C.; GAZOLLA, M.; SCHNEIDER S. “Produção invisível” na agricultura familiar: autoconsumo, segurança alimentar e políticas públicas de desenvolvimento rural. **Agroalimentaria, Mérida**, v. 16, n. 31, jul. 2010.
- MALUF, R. S.; MENEZES, F.; MARQUES, S. B. **Caderno ‘segurança alimentar’**. 2004. Disponível em <[http://ideiasnamesa.unb.br/upload/biblioteca/ideias/1391606568Caderno_Seguranca_Alimentar .pdf](http://ideiasnamesa.unb.br/upload/biblioteca/ideias/1391606568Caderno_Seguranca_Alimentar.pdf)>. Acesso em: 18 de Agosto de 2021.
- MARQUES, P. E. M. Embates em torno da segurança e soberania alimentar: estudo de perspectivas concorrentes. **Segurança Alimentar e Nutricional, Campinas**, v. 17, n. 2, p. 78-87, 2010.
- MARTINS, P. R. Agricultura familiar, segurança e soberania alimentar e nanotecnologia: onde estamos, para onde vamos. **Revista TOMO**. São Cristóvão, n. 29, dez. 2016.
- MEIRELLES, L. Soberania Alimentar, agroecologia e mercados locais. **Agriculturas**. Rio de Janeiro, v. 1, n. 0, set. 2004.
- POZZEBON, L. RAMBO, A. G. GAZOLLA, M. As Cadeias Curtas das Feiras Coloniais e Agroecológicas Autoconsumo e Segurança Alimentar e Nutricional **Desenvolvimento em Questão**, ano 16, n. 42, p. 405-441, jan./mar. 2018.
- RABELLO, D. **Campesinato e agrohidronegócio canavieiro no Pontal do Paranapanema: os desafios para a transição agroecológica**. 2014. 105 f. Monografia (Bacharelado em Geografia) Universidade Estadual Paulista/Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2014.
- STEDILE, J. P.; CARVALHO, H. M. Soberanía alimentaria: una necesidad de los pueblos. In: ILSA (Instituto Latinoamericano para una Sociedad y un Derecho Alternativos); FOOD FIRST (Institute for Food and Development Policy). **Movimientos alimentarios unidos!** estrategias para transformar nuestros sistemas alimentarios, Bogotá: Colección en clave de sur, 2013.

CAPÍTULO 2

CULTIVO DE BACABIZEIRO EM SISTEMA AGROFLORESTAL NA AMAZÔNIA

Data de aceite: 01/11/2021

Data de submissão: 13/09/2021

Alef Ferreira Martins

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Instituto de Ciências Agrárias – ICA
Belém – Pará
<http://lattes.cnpq.br/7411945748994420>

Jaqueline Araújo da Silva

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Instituto de Ciências Agrárias – ICA
Belém – Pará
<http://lattes.cnpq.br/8637073722532283>

Jaqueline Lima da Silva

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Instituto de Ciências Agrárias – ICA
Belém – Pará
<http://lattes.cnpq.br/6865376282821369>

Tainara Monteiro Nunes

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Instituto de Ciências Agrárias – ICA
Belém – Pará
<http://lattes.cnpq.br/6751910107432811>

Graziele Rabelo Rodrigues

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Instituto de Ciências Agrárias – ICA
Belém – Pará
<http://lattes.cnpq.br/9672556965278724>

Thalia Maria de Sousa Dias

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Instituto de Ciências Agrárias – ICA
Belém – Pará
<http://lattes.cnpq.br/1297850445240834>

Tinayra Teyller Alves Costa

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Instituto de Ciências Agrárias – ICA
Belém – Pará
<http://lattes.cnpq.br/7356758954996485>

Sinara de Nazaré Santana Brito

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Instituto de Ciências Agrárias – ICA
Belém – Pará
<http://lattes.cnpq.br/7167428610788027>

Harleson Sidney Almeida Monteiro

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Instituto de Ciências Agrárias – ICA
Belém – Pará
<http://lattes.cnpq.br/2967586299102545>

Layse barreto de Almeida

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Instituto de Ciências Agrárias – ICA
Belém – Pará
<http://lattes.cnpq.br/8970860796083559>

Gabriela Ribeiro Lima

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Instituto de Ciências Agrárias – ICA
Belém – Pará
<http://lattes.cnpq.br/0413054665648862>

Antônia Benedita da Silva Bronze

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Instituto de Ciências Agrárias – ICA
Belém – Pará
<http://lattes.cnpq.br/2194653905029618>

RESUMO: Este trabalho objetivou instruir produtores, técnicos e estudantes de

ciências agrárias sobre o cultivo da *Oenocarpus mapora* H. Karst. (Bacabizeiro) em Sistema Agroflorestal (SAF) na Amazônia. Descreve todas as principais etapas a serem observadas na implantação com outras espécies anuais e perenes no sistema, tendo em vista as características vegetativas e ecológicas do Bacabizeiro. Dentre as etapas para implantação estão: o preparo das mudas, da área de plantio, das covas, a correção do solo e adubação, consorciação com outras culturas, plantio, tratos culturais e a colheita. Etapas de grande importância para se entender sobre o processo de domesticação das espécies da biodiversidade amazônica a fim de contribuir com a segurança alimentar dos povos e comunidades amazônicas e com o desenvolvimento rural local e regional, gerando a valor à sociedade como um todo.

PALAVRAS-CHAVE: Bacabizeiro; Sistema Agroflorestal; Amazônia.

CULTIVATION OF BACABIZEIRO IN AGROFORESTRY SYSTEM IN THE AMAZON

ABSTRACT: This work aimed to instruct producers, technicians and students of agrarian sciences on the cultivation of *Oenocarpus mapora* H. Karst. (Bacabizeiro) Agroforestry System (AFS) in the Amazon. Describes all the main steps to be observed in the implantation with other annual and perennial species in the system vegetative and ecological characteristics of Bacabizeiro. Among the stages for implantation are: the preparation of seedlings, the planting area, the pits, soil correction and fertilization, with other crops, planting, cultural tracts and the harvesting. Stages of great importance to understand about the domestication process of amazonian biodiversity species in order to contribute to the food security of amazonian peoples and communities and to local and regional rural development generating value to society as a whole.

KEYWORDS: Bacabizeiro; Agroforestry System; Amazon.

1 | INTRODUÇÃO

A grande biodiversidade da região amazônica é uma fonte permanente de recursos e constitui um potencial que deve ser utilizado de forma sustentável (SILVA, 2009). O desafio da atualidade é identificar a biodiversidade de forma efetiva em busca de informações em prol do desenvolvimento de novos e essenciais mercados. A domesticação de espécies da biodiversidade amazônica em cultivos agroflorestais é uma alternativa viável para reduzir o desmatamento e aumentar as alternativas de renda dos agricultores, pois reduz a pressão sobre áreas de preservação.

Nesse sentido, têm-se as espécies do gênero *Oenocarpus* que, em especial a *Oenocarpus mapora* Karsten (Bacabizeiro), tem grande potencial econômico e social para a região amazônica porque fornecem alimentos, remédios, fibras, material para construção entre outros (SILVA, 2009). Sua distribuição ocorre entre as Américas Central e do Sul (PINHEIRO et al., 2017) e no Brasil ocorre na região Amazônica (STTAR, 2016), vegetando florestas de terra firme ou lugares úmidos e esporadicamente poderá ser encontrada em áreas de ecótono (SILVA, 2009). O Bacabizeiro é uma palmeira perene e de hábito

cespitoso formando touceiras de até 16 estipes (MACIEL et al. 2015).

As políticas e ações de incentivo à Biodiversidade amazônica estão ganhando força nos dias atuais. Isso se deve a grandes acontecimentos como o aumento das queimadas, a pandemia da COVID -19, o aumento do efeito estufa, a dimensão mundial dos produtos amazônicos, além dos movimentos em prol da defesa da Amazônia e dos povos que nela habitam. O “Programa Bioeconomia Brasil – Socobiodiversidade” (Portaria 121 de 2019), o “Programa de Cadeias Produtivas da Bioeconomia MCTI” (Portaria 3.877 de 2020) e o Decreto Estadual (Pará) nº 941 de 2020 que institui o Plano Estadual Amazônia Agora são algumas das várias políticas de valorização das Cadeias produtivas e da Biodiversidade da Amazônia a fim de atender aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas.

Nesse sentido, o ensino, a pesquisa e a extensão ganham força para desenvolver estudos que viabilizem o conhecimento de outras espécies amazônicas, em especial, do Bacabizeiro. Alguns estudos vêm sendo realizados como a produção de frutos, armazenamento de sementes, produção de mudas e estudo de crescimento de progênies de Bacabizeiro (MIRANDA, 2017; BEZERRA, 2016; MATTOS e RODRIGUES, 2016; SILVA, 2009; OLIVEIRA, 2002). Porém, pouco se sabe sobre o uso do Bacabizeiro em Sistemas Agroflorestais. Portanto, os estudos com essa abordagem devem ser estimulados e realizados a fim de obter respostas sobre a viabilidade de produção do Bacabizeiro domesticado em diferentes arranjos agroflorestais

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização do Experimento

O SAF foi instalado no Município de Santo Antônio do Tauá-Pará, na Comunidade de Campo Limpo localizada entre as coordenadas geográficas de 01° 02' 22" e 01° 03' 30" de latitude sul e de 48° 11' 00" e 48° 08' 30" de longitude oeste. O acesso à comunidade é realizado pelo Ramal Bom Jesus, no perímetro do do km 29 da Rodovia PA 140, que liga Santa Isabel a Vigia.

2.2 Coleta e Análise de dados

Este trabalho foi realizado por meio de pesquisa exploratória e descritiva via levantamento de artigos científicos, teses entre outros nas bases de dados Scientific Electronic Library Online, Portal de Periódicos CAPES e Google Acadêmico (Scholar Google).

As palavras-chave utilizadas como descritores foram: “sistemas agroflorestais”; “Bacabizeiro”; “Bacabi”; “Oenocarpus mapora”; “Reflora”. Os trabalhos foram selecionados e neles realizadas leituras analíticas para análise bibliométrica.

3 | RESULTADOS E DISCURSÃO

3.1 O Bacabizeiro (*Oenocarpus mapora* H. Karst)

O Bacabizeiro é uma espécie da família botânica Arecaceae, a mesma família do Açaí, Buriti, Babaçu e entre outras palmeiras de grande importância econômica para o agronegócio fornecendo frutos, palmito, óleo comestível, além da produção de biodiesel (OLIVEIRA; RIOS, 2014; SOUZA; LIMA, 2019). A *Oenocarpus mapora* H. Karst é popularmente conhecida como Bacabi, Bacabinha e Bacaba-do-sertão. Segundo Lorenzi (2020), o Bacabizeiro apresenta de 3 a 10 estipe por touceira, de 5 a 15 metros de altura e 5 a 17cm de diâmetro, as raízes são fasciculadas visíveis na base, folhas pinadas, inflorescência intrafoliares, frutos oblongos de 2 a 3 cm de comprimento, roxo-escuros, lisos com mesocarpio suculento, branco e levemente acidulado.



Figura 1. Touceira de Bacabi imaturo.

Fonte: Autores.

Seu principal interesse está nos frutos de onde se extrai a polpa que serve para

o consumo in natura ou produção de outros derivados como picolés e sorvetes e para a extração de óleo, que é semelhante ao azeite de Oliva (SILVA, 2009; BALICK, 1986). As sementes são utilizadas como biojóias e as folhas são usadas como telhados, a inflorescência se produz artesanatos e vassoura, o estipe pode ser usado como tábuas de parede ou piso (BOOM, 1986; MEJIA, 1988; CAVALCANTE, 1991; OLIVEIRA et al, 2002; SILVA, 2009). Embora muitos usos, o Bacabi tem sido pouco pesquisado, muito menos quando se fala na domesticação e cultivo em larga escala. Um dos motivos, está na falta de estudos básicos que possam auxiliar no melhoramento e manejo da espécie (OLIVEIRA et al, 2002).

3.2 Preparo das mudas

O sucesso no estabelecimento de pomares produtivos de qualquer espécie frutífera, está relacionado ao processo de preparo de sadias e vigorosas mudas, sendo de grande importância para a produção de frutos (CORDEIRO et al., 2020). Vale ressaltar que o substrato onde essas mudas vão estar se desenvolvendo também auxilia no desenvolvimento radicular, além de ser respondido pela boa formação das mudas, tornando-as viáveis para serem conduzidas ao campo, sendo utilizados sacos de polietileno preto, sanfonados e perfurados, nas dimensões de 17 cm x 27 cm x 0,2 mm, com capacidade para 2 litros. (MARQUES et al., 2017; COSTA, et al., 2021).

Ressalta-se que os substratos formulados com esterco de animais são responsáveis pela formação de mudas com maior número de folhas, devido ao incremento da matéria orgânica e por serem responsáveis pela retenção de água e pela nutrição da planta, vale ressaltar que um bom desenvolvimento do coleto, durante a formação de mudas, reflete aspecto de mudas vigorosas, uma vez que tamanho do diâmetro está relacionado à capacidade de transporte de fotoassimilados do vegetal (CAVALCANTE et al., 2016; PINHEIRO et al., 2018; ARAÚJO et al., 2020; ALVES et al., 2021).

Neste sentido, uma pesquisa inovadora mostrou que o substrato orgânico constituído por terriço mais esterco bovino curtido, na proporção de 3:1 é o substrato mais eficiente no desenvolvimento de mudas de Bacabi mostrando que as mudas produzidas neste substrato estão prontas para o plantio aos nove meses, quando apresentam acima de cinco folhas e as melhores características vegetativas (COSTA, et al., 2021).

3.3 Escolha e preparo da área de plantio

O cultivo de espécies perenes em solos de regiões amazônicas é possível, devendo o produtor se atentar e evitar aqueles com excesso de ondulações, pedregosidades e areia. Alves (2012) indica que deve-se escolher solos de boa fertilidade e bem drenados. Seja com boa ou baixa fertilidade do solo, indica-se aproveitar os restos vegetais que sobram do preparo da área de plantio, pois são importantes fontes nutricionais. É conveniente que o produtor escolha uma área já aberta para realizar o plantio do SAF, porém, na hipótese

da existência de uma capoeira se faz necessária a limpeza e o raleamento posterior da vegetação de maior porte, podendo o produtor aproveitar a sombra da vegetação raleada.

Para o preparo da área é necessário saber os limites da propriedade e, a partir de então, proceder à retirada e disposição dos restos vegetais na mesma área. O piqueteamento ou balizamento é a inserção de piquetes (estacas) parcialmente enterrados no solo e igualmente espaçados. É um dos processos mais importantes, pois vai definir os espaçamentos conforme os arranjos pré-estabelecidos, permitindo o melhor aproveitamento da área, bem como melhor crescimento e distribuição uniforme das copas das espécies. É importante salientar que o processo de preparo da área, seja mecanizado ou manual, deve ser realizado em períodos de poucas chuvas (ou verão amazônico) e sem o uso do fogo, pois nesta época os riscos com atoleiro e até animais peçonhentos são menores.

3.4 Preparo das covas

As covas para o Bacabi, Cupuaçu e Pau rosa deverão medir 0,40 m x 0,40 m x 0,40 m. Conforme Brasil (2011), a camada superficial (dos primeiros 20 cm) deve ser separada da camada inferior para ser misturada ao adubo orgânico e/ou mineral e inserida na parte inferior da cova. Lembrando que as operações de abertura das covas deverão ser realizadas imediatamente antes ou do início do período chuvoso e, aproximadamente, um mês antes do plantio (ALVES, 2012).

3.5 Correção do solo e Adubação

Toda e qualquer recomendação de calagem e adubação, em qualquer área, deve ser baseada em análise de solo específica para cada propriedade. Assim, para a amostragem de solo, retira-se amostras simples a uma profundidade de 20 cm, de preferência com trado holandês, de 15 pontos distintos e aleatórios da área. Mistura-se num balde até que a amostra composta fique homogênea e, sem seguida, retire 500 g para enviar a um laboratório credenciado. A partir da análise, procede-se a interpretação dos resultados da análise e recomendação de calagem e adubação por um profissional habilitado

Vale ressaltar que, para a cultura do Bacabizeiro, não há uma recomendação de adubação e calagem em função desta cultura ainda estar em processo de domesticação. Logo, há a necessidade de pesquisa sobre a necessidade nutricional da cultura. No entanto, em um eventual cultivo, não havendo recomendação para esta espécie, poderá ser utilizada a recomendação de adubação e calagem da espécie mais próxima, sendo, no caso, o Açaizeiro.

3.6 SAF com Bacabizeiro, Cupuaçuzeiro e Pau Rosa

Os sistemas agroflorestais são caracterizados pelo cultivo simultâneo ou escalonado, no espaço e no tempo, de espécies lenhosas madeireiras, frutíferas e palmeiras com espécies agrícolas ou anuais, na presença ou não de animal (POMPEU et al., 2018). Esses sistemas foram resgatados de culturas antigas e até hoje se expandem para regiões onde

sejam possíveis, além de representarem uma resposta ao desafio da conciliação entre a sustentabilidade na produção de alimentos e a sustentabilidade ambiental (IASB, 2009).

As primeiras espécies do SAF devem ser implantadas no início do período chuvoso, reduzindo assim o risco de não se desenvolverem no campo. Deve-se escolher culturas anuais para comporem o sistema e gerarem receitas a curto prazo e contribuírem com sombreamento provisório do Bacabi e do Cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*). No experimento de SAF com Bacabi realizado por Silva (2009), no município de Santo Antônio do Tauá – PA, descreve as seguintes espécies no sistema: Mandioca (*Manihot esculenta*), Bacabizeiro (*Oenocarpus mapora* H. Karst), Cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), Bananeira (*Musa* sp.) e Pau Rosa (*Aniba rosaeodora*).

O processo de implantação das espécies supracitadas se deu entre os meses de janeiro a abril (início do inverno amazônico) e a sequências de implantação ao longo desses meses pode ser visualizada no quadro 1 abaixo:

ESPÉCIE	ESPAÇAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	...	DEZ
Mandioca	1 x 1	x	x	x	x		...	
Bacabizeiro	4 x 4				x	x	...	x
Cupuaçuzeiro	4 x 8				x	x	...	x
Bananeira	4 x 4						...	x
Pau Rosa	30 x 30						...	x

Quadro 1. Implantação das culturas anuais e perenes em um Sistema Agroflorestal em Santo Antônio do Tauá - PA.

A mandioca como primeira espécie implantada contribuiu com sombra provisória para o Bacabi e o Cupuaçu implantados no quarto mês. A continuou no sistema até um ano, substituída pela Bananeira em um espaçamento de 4 m x 4 m na entrelinha do Bacabi para dar continuação ao sombreamento provisório. No mesmo mês de implantação das Bananeiras introduziu-se o Pau rosa a fim gerar sombreamento definitivo no Bacabi e no Cupuaçuzeiro (SILVA 2009). A mesma autora afirma que em relação ao Açaizeiro, o Bacabi tolera um pouco mais de sombra, por isso a inserção do Pau rosa para o sombreamento definitivo

3.7 Plantio e tratos culturais

Pereira (2005) acredita que o sucesso no plantio de plantas perenes seja dependente do uso de mudas vigorosas e sadias. Então após a seleção de mudas, o plantio do Bacabi deve ser feito no início do período chuvoso, realizando a abertura de covas nas dimensões de 0,40m x 0,40m x 0,40m. Sendo feita a adubação da cova antes do plantio.

Devido à carência de estudos a respeito do Bacabi, e sua semelhança com o açaizeiro, podemos aplicar as técnicas utilizadas em cultivo de açaizeiros de terra firme. Para Oliveira (2002) os espaçamentos que estão sendo indicados para o cultivo do açaizeiro solteiro visando à produção de frutos são baseados em observações de natureza prática, sendo os

mais utilizados: 5 m x 5 m e 6 m x 4 m, com o manejo de 3 a 4 estipes por touceira. Porém, outros podem ser usados como: 5 m x 3 m; 5 m x 4 m; 4 m x 4 m e 6 m x 6 m.

Estudos indicam que espaçamentos menos adensados como 5m x 5m as plantas não estão submetidas à competição por luz, o que reduz bastante o crescimento em altura e favorece o crescimento em diâmetro, reduzindo os riscos de tombamento de plantas pela ação de ventos fortes, fazendo assim os primeiros cachos surgirem em altura inferior a 1,5 m (OLIVEIRA, 2002). Dentro do SAF, para que o Bacabi se beneficie do sombreamento nos primeiros meses é necessário haja outra espécie previamente implantada na área.

Os tratos culturais necessários para um SAF deverão ser executados de acordo com o recomendado para cada cultura. No caso do Bacabi, muitos estudos a respeito desta planta utilizam os mesmos tratos culturais recomendados ao açazeiro em terra firme. No cultivo do açazeiro, assim como de qualquer outra frutífera perene, há a necessidade da realização de tratos culturais envolvendo a adubação química, adubação orgânica, roçagens, coroamento, no caso do açazeiro o desperfilhamento, o controle de possíveis pragas e doenças, entre outros (OLIVEIRA, 2002).

De acordo com a Oliveira (2002), nos três primeiros anos após a implantação do pomar são necessárias três a quatro roçagens (nas entre linhas de plantio) por ano e a mesma quantidade de coroamento feita em volta das touceiras (evitando o uso de enxadas e facões para não danificar o sistema radicular das plantas). Com utilização de cobertura morta (serragem curtida, engaço de dendê ou outro material disponível na propriedade, com exceção de capim seco, pois ocasionará o aparecimento de novas plantas daninhas e dificultará o controle do mato) ou viva (de preferência leguminosas).

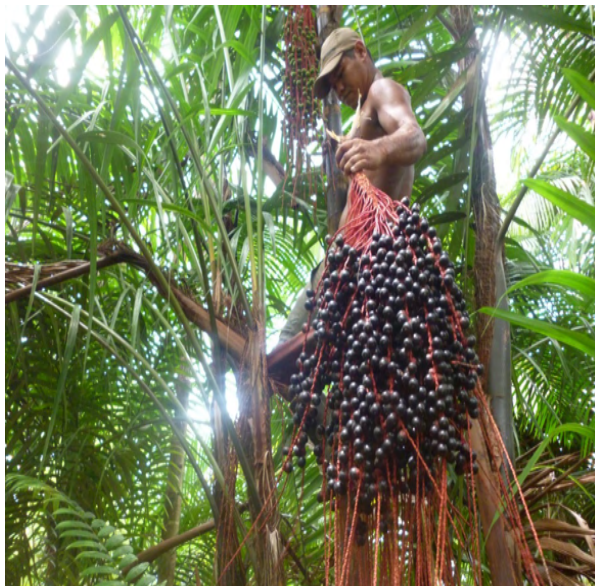
Necessitando também de adubações química e orgânica, seguindo as recomendações da Embrapa Amazônia Oriental para a cultura do açaí, com a adubação semestral ou trimestral, sendo a primeira coincidindo com o início da estação mais chuvosa. Além do manejo de touceira, de 3 a 4 plantas por touceira para produção de frutos e de 8 a 10 plantas por touceira para produção de palmito.

Para a Embrapa o controle de plantas daninhas pode ser realizado através de capinas e de produtos químicos (herbicidas). No primeiro ano após o plantio, o crescimento da planta é bastante lento, situação esta que, aliada ao espaçamento aberto, favorece o crescimento de plantas daninhas. Na Embrapa Amazônia Oriental o controle das plantas daninhas é feito por meio do controle integrado, associando o controle mecânico (capinas ou roçagens e coroamento) x controle químico (herbicidas) x controle cultural (cobertura morta ou viva).

3.8 Colheita

A colheita do Bacabi assim como outras palmeiras da região, como o açaí, procede de maneira manual devido as características da planta, ou seja, com o auxílio de peconhas para escaladas no estipe da planta, feita por homens e mulheres. Essa coleta é feita sempre no início da manhã, quando os cachos são alcançados, fazem cortes com facas bem afiadas na

inserção de estipe, trazendo-os até o solo de acordo com Oliveira et al., (2002).



Fonte: Autores

O período de colheita é no final do mês de julho, pois na região representa o auge do período seco apresentando temperaturas mais amenas, influenciando no percentual de emergência de plântulas (DUARTE 2006; Tokuhisa et al. 2008). Possui uma grande importância socioeconômica para a população da região Amazônica, onde o bacabizeiro é uma das principais palmeiras e é bastante apreciados pelas comunidades indígenas na região norte do Brasil (QUEIROZ, 2009).

Uma espécie nativa, algumas centenárias, que ainda não há protocolo agrônomo sobre as técnicas de manejo que envolva todo o processo de produção, o que gera uma ameaça para as gerações futuras que utilizam esse recurso vegetal (RIBEIRO et al., 2017).

A polpa de bacabi processada possui um excelente desempenho na fabricação de licores, geleias e sorvetes, sendo também usada na produção de energéticos pelas indústrias farmacêuticas (CLEMENT, 2001).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para que um Sistema Agroflorestal com Bacabizeiro possa apresentar todos o seu potencial, a princípio fazer uma boa seleção das melhores plantas e as mais produtivas. Em seguida proceder ao preparo eficiente das mudas com adubações e acondicionamentos adequados tanto para a cultura do Bacabi, quanto para as outras culturas do sistema. Ter

conhecimento sobre a exigência nutricional e de luz é essencial para adequar os arranjos agroflorestais no espaço e no tempo

Porém, devido o Bacabi ainda ser uma espécie ainda em processo de domesticação, deve-se ficar atento a outros fatores como pragas e doenças. Por isso, é necessário que se plante o Bacabi em pequenos módulos até que a pesquisa avance no sentido de garantir aos produtores informações suficientes para o plantio em larga escala como visto com o Açaí.

Com a aplicação das práticas culturais, o Bacabi apresentará boa sustentabilidade aos SAF's, com produtividade boa e segurança aos produtores e consumidores, pois se garantirá continuidade nos períodos de safra.

REFERÊNCIAS

ALVES, R. M. Implantação de um pomar de cupuaçuzeiro com a cultivar BRS Carimbó. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

ALVES, T. N., Carvalho, E. L., Guedes, P. T. P., Nordi, N. T., Aires, E. S., Oliveira, M. M. V., Ono, E. O., & Rodrigues, J. D. (2021). Produção de mudas de manjerição (*Ocimum basilicum* L.) sob efeito de diferentes substratos. **Research, Society and Development**, 10(2), e58210212867.

ARAÚJO, J. B., Silva-Matos, R. R. S. da., Amorim, D. J., Morais, V. P., Araujo, G. B., Santos, G. M. da S., & Cordeiro, K. V. (2020). Substrato a base de bagana de carnaúba na propagação vegetativa de *Ocimum basilicum*. **Research, Society and Development**, 9(9), e761997879.

BALICK, M. J. Systematics and economic botany of the *Oenocarpus-Jessenia* (Palmae) complex. The New York Botanical Garden, Bronx, New York, U.S.A., 1986, 138 p. *Advances in economic botany*; v.3.

BENTES-GAMA, M.M. Análise técnica e econômica de sistemas agroflorestais em Machadinho D'Oeste, Rondônia. **Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG**. 115pp.3. 2003.

BEZERRA, A. S. **Avaliação de frutos de bacabizeiro (*Oenocarpus mapora* H. Karsten) cultivados em sistema agroflorestal**. 2016. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2016.

BOOM, B. M. The Chácobo Indians and their palms. *Principes* 32 (2): 47-54, 1986.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Implantação de cacauzeiro em sistemas agroflorestais. **Brasília: Mapa/ACS**, 61p., 2011.

CAVALCANTE, P. B. Frutas comestíveis da Amazônia. Museu Paraense Emilio Goeldi, **Belém-Pará**, 1991. 279p.

CEPLAC/Centro de Pesquisas do Cacau, CEPEC. **Cultivo do cupuaçuzeiro para o estado da Bahia. Itabuna, Bahia**. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/cupua%C3%A7uzeiro.htm>>. Acesso em: setembro de 2021.

- CLEMENT, C.R. Melhoramento de espécies nativas. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S de; INGLIS, M.C.V. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas. Rondonópolis: Fundação MT, 2001.**
- CORDEIRO, K. V., Pereira, R. Y. F., Cardoso, J. P. S., Sousa, M. de O., Pontes, S. F., Oliveira, P. S. T. de, Marques, G. M., Costa, S. M. D de M., Oliveira, M. M. T. de., & Silva-Matos, R. R. S. da. (2020). Eficiência do uso de substratos alternativos na produção de mudas de mamoeiro. **Research, Society and Development**, 9(9), e715997795, <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7795>.
- COSTA, J. R.L., Oliveira, M.S.P., Brandão, C.P. Organic substrates in the development of bacabi (*Oenocarpus mapora* Karsten.) (2021). *Research, Society and Development*, v. 10, n. 8. e12210817086.
- DUARTE, A. F. Aspectos da climatologia do Acre, Brasil, com base no intervalo 1971 –2000. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 3b, p. 308-317, 2006.
- INSTITUTO DAS ÁGUAS DA SERRA DA BODOQUENA - IASB. **Sistemas agroflorestais: Uma tentativa para manter a floresta em pé. Bonito, MS. 2009.**
- LEITÃO, A. M. Caracterização morfológica e físico-química de frutos e sementes de *Astrocaryum aculeatum* Meyer (Arecaceae) de uma floresta secundária. 2008
- LORENZI, H. 2020. *Oenocarpus* in **Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.go.br/reflora/floradobrasil/FB221>>. Acesso em: 13 set. 2021.
- MACIEL, A. R. N. A. et al. Avaliação cachos em genótipos de *Oenocarpus mapora* Karsten. In: **VII Encontro Amazônico de Agrárias**, Belém – PA: UFRA, 2015.
- MARQUES, L. O. D., Mello-Farias, P., de Lima, A. Y. B., Malgarim, M. B., & Santos, R. F. dos. (2017). Desempenho de diferentes substratos e influência do frio na germinação de sementes de araçá amarelo. **Revista da Jornada da Pós Graduação e Pesquisa**, 14(1), 1169-1180. <http://revista.urcamp.tc.br/index.php/rcjgpp/article/view/871/567>.
- MATTOS, L. T.; RODRIGUES, G. C. **Desenvolvimento de mudas de progênies de Bacabizeiro em diferentes substratos**. 2016. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal Rural da Amazônia, Pará, 2016.
- MEJIA, C. K. Utilization of palms in eleven mestizo villages of the peruvian amazon (ucayali river, department of loreto). *Advances in Economic Botany* 6: 130-136. 1988.
- MIRANDA, T. F. et al. Avaliação de frutos de bacabizeiro (*Oenocarpus mapora* H. Karsten) cultivados em sistema agroflorestal. In: I Congresso Luso-Brasileiro de Horticultura, ed. 1, Lisboa, 2017
- MIRANDA, T. F., DA SILVA BRONZE, A. B., DA COSTA, M. G., MOTA, D. G. D. A., DE SOUZA, E. B., KARINA, B., MENDES, W. J. C. **Avaliação de frutos de Bacabizeiro cultivados em sistema agroflorestal**. 2017.
- OLIVEIRA, M do S.P de; CARVALHO, J.E.U.; NASCIMENTO, W.M.O.; MÜLLER, C.H. **Cultivo do açazeiro para produção de frutos**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 17 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Circular técnica, 26), 2002.
- OLIVEIRA, M. do S. P. de; Farias Neto, J. T. de; Queiroz, J. A. L. de. Açazeiro: cultivo e manejo para produção de frutos. In: **Encontro Amazônico de Agrárias**, 6., 2015, Belém, PA. Segurança alimentar: diretrizes para Amazônia. Belém, PA: ufra, 2015.
- OLIVEIRA, M. do S. P.; PADILHA, N. C. C.; FERNANDES, T. S. D. Ecologia da polinização de *Oenocarpus mapora* Karsten. (ARECACEAE) nas condições de Belém (PA). **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, n. 38, p. 91-106, 2002.

OLIVEIRA, M.; RIOS, S. de A. Potencial econômico de algumas palmeiras nativas da Amazônia. In: EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL-ARTIGO EM ANAIS DE revista EDUCAMazônia - Educação Sociedade e Meio Ambiente, Humait, Amazonas, Brasil -LAPESAM/GISREA/UFAM/CNPq/EDUA ISSN 1983-3423 -IMPRESSA -ISSN 2318 -8766 -CDROOM -ISSN 2358-1468 -DIGITAL ON LINE109CONGRESSO (ALICE). In: **ENCONTRO AMAZÔNICO DE AGRÁRIAS, 4., 2014, Belém, PA.** Atuação das ciências agrárias nos sistemas de produção e alterações ambientais: Anais. Belém, PA: UFRA, 2014., 2014.

OLIVEIRA, T.K. de; SÁ, C.P. de; OLIVEIRA, T.C. de; LUZ, S.A. da. Caracterização de dois modelos de Consórcios Agroflorestais, índices técnicos e indicadores de viabilidade financeira. Rio Branco, AC: **Embrapa Acre, 2010. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Acre, ISSN 0101-5516; 45).** 2010.

PENHA, Willis Freitas¹; PAULA FILHO, Galdino Xavier¹. **Segurança alimentar e medicina popular na Reserva Extrativista Rio Cajari, Amapá, Amazônia, Brasil.**

PENHA, Willis Freitas¹; PAULA FILHO, Galdino Xavier¹. **Segurança alimentar e medicina popular na Reserva Extrativista Rio Cajari, Amapá, Amazônia, Brasil, 2017.**

PEREIRA, P. C. (2005). **Avaliação da qualidade de mudas de tamarindeiro produzidas em viveiro.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, 69p., 2005.

PINHEIRO, J. I., de Sousa Oliveira, L., de Sousa, A. M., Garcia, K. G. V., & Lima, L. A. (2018). Mudas de Mimosa caesalpiniaefolia Benth (Leguminosae: Mimosoideae) cultivadas em substratos orgânicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, 13(2), 265-269.**

POMPEU, G. S. S. Manejo dos sistemas agroflorestais em Tomé-Açu, Pará: Utilização dos resíduos de poda. Pombal, P, V.13, Nº 2, p. 217-228, 2018.

QUEIROZ, M. S. M. Bianco, R. Morfologia e Desenvolvimento Germinativo de Oenocarpus bacaba mart. (arecaceae) da Amazônia Ocidental. **Revista Árvore, Viçosa-MG, v.33, n.6, p.1037-1042, 2009.**

RIBEIRO, G. D.; COSTA, R. S. C.; FERREIRA, M.G.R.; NASCENTE, A.S.; NUNES, A.M.; TEIXEIRA, C. A.D.; GAMA, M.M.B. **Cultivo do Cupuaçu em Rondônia. Embrapa Rondônia. Sistemas de Produção, 9.-ISSN 1807-1805 Versão Eletrônica. Dezembro de 2005.**

SILVA, A. B. **Avaliação de progenies de Bacabi (Oenocarpus mapora karsten) em sistema agroflorestal, no município de Santo Antonio do Tauá - Pará.** 2009. 93 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias: Agroecossistemas da Amazônia) - Universidade Federal Rural da Amazônia e Embrapa Amazônia Oriental, Pará, 2009.

SILVA, S. E. L. da; BERNI, R. F.; SOUZA, A. das G. C. de; SOUZA, M. G. de; TAVARES, M. T. **Fruticultura: Açaí.** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. 2005.

SOUZA, F. G., & LIMA, R. A. A importância da família Arecaceae para a região Norte. **Educamazônia Educação, Sociedade e Meio Ambiente, 23(2), 100-110. 2019.**

STARR. The New York Botanical Garden, William and Lynda Steere Herbarium. 2016. Disponível em: <<http://sweetgum.nybg.org/science/vh/specimen-list/?SummaryData=Oenocarpus%20mapora>> . Acesso em: 10 Set. 2021.

TOKUHISA, D.; DIAS, D. C. F. S.; ALVARENGA, E. M.; DIAS, L. A. S.; MARIN, S. L. D. Época de colheita dos frutos e ocorrência de dormência em sementes de mamão (Carica papaya L.). **Revista Brasileira de Sementes, Londrina, v. 30, n. 2, p. 75-80, 2008.**

CAPACITACIÓN EN AGROECOLOGÍA. UN ESPACIO PARTICIPATIVO Y REFLEXIVO EN LA CARRERA DE GRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

Data de aceite: 01/11/2021

Día de entrega: 16/09/2021

Marcelo Milo Vaccaro

Cátedra Taller de Integración I “La Investigación en las Ciencias Naturales y Sociales”. Facultad de Ciencias Agrarias (FCA)-Universidad Nacional de Rosario (UNR). Campo Experimental J.V. Villarino, Zavalla, Santa Fe, Argentina.
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)-EEA Oliveros

Silvia Cechetti

Cátedra Nutrición Animal, Facultad de Ciencias Agrarias FCA-UNR. Campo Experimental J.V. Villarino, Zavalla Santa Fe, Argentina

Marcelo Larripa

Cátedra Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias FCA-UNR. Campo Experimental J.V. Villarino, Zavalla Santa Fe, Argentina

Claudia Torres

Cátedra Taller de Integración I “La Investigación en las Ciencias Naturales y Sociales”. Facultad de Ciencias Agrarias (FCA)-UNR. Campo Experimental J.V. Villarino, Zavalla Santa Fe, Argentina

RESUMEN : El modelo de agricultura actual en la Región Pampeana Argentina, centrado en el monocultivo de soja con elevada dependencia de insumos externos, es el motor del deterioro

de los recursos naturales. Es necesario formar estudiantes para diseñar agroecosistemas sustentables con manejo agroecológico desde una óptica holística y sistémica. Esto implica un cambio de pensamiento teórico-metodológico en el ámbito académico y en el sistema científico técnico que vaya desde el paradigma dominante productivista hacia otro de racionalidad ambiental y cambios en las estrategias de enseñanza aprendizaje. Esto motivó al Taller de Integración I de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario, la implementación con la aprobación del Consejo Directivo, del Curso Electivo denominado “Agroecología: herramientas conceptuales y metodológicas para el análisis y diseño de los agroecosistemas”, dirigido a estudiantes de las carreras de Ingeniería Agronómica y Licenciatura en Recursos Naturales, desde 2011 hasta 2019 en forma presencial. El objetivo fue favorecer la formación de los estudiantes, futuros profesionales, en el aprendizaje de conocimientos socialmente significativos y actitudes éticas frente a problemáticas agronómicas y ambientales reales complejas y en el manejo agroecológico de los agroecosistemas pampeanos y extra-pampeanos. La metodología se basó en el enfoque participativo-cualitativo, aplicando técnicas de talleres de reflexión, análisis, evaluación y diseño de agroecosistemas; estrategia de estudio de caso y trabajo de campo, en interacción con los agricultores. Los sistemas de producción fueron seleccionados como casos de aprendizaje porque están en transición o con un manejo totalmente agroecológico, como formas de producción y de vida. Esto contribuyó

significativamente con la apropiación y construcción de conocimientos a través de un proceso interactivo entre estudiantes, docentes y agricultores, lo cual impacta en la formación de patrones culturales de los estudiantes y en el desarrollo de habilidades en el área personal social, sistémica y de liderazgo y aprendizaje.

PALABRAS CLAVE: Agroecología - Capacitación – Participación - Carrera Agronomía

TRAINING IN AGROECOLOGY. A PARTICIPATORY AND THOUGHTFUL SPACE IN THE UNDERGRADUATE COURSE OF THE FACULTY OF AGRARIAN SCIENCES OF THE NATIONAL UNIVERSITY OF ROSARIO

ABSTRACT: The current agriculture model in the Pampeana Region of Argentina, centered on soybean monoculture with high dependence on external inputs, is the engine of the deterioration of natural resources. It is necessary to train students to design sustainable agroecosystems with agroecological management from a holistic and systemic perspective. This implies a change of theoretical-methodological thinking in the academic field and in the scientific-technical system that goes from the dominant productivist paradigm to another of environmental rationality and changes in teaching learning strategies. This motivated the Integration Workshop Subjet I of the Faculty of Agrarian Sciences of the National University of Rosario, the implementation with the approval of the Executive Committee, of the Elective Course called “Agroecology: conceptual and methodological tools for the analysis and design of agroecosystems”, aimed at students of Agronomic Engineering and Bachelor’s degree in Natural Resources, from 2011 to 2019. The objective was to promote the training of students, future professionals, in the learning of socially significant knowledge and ethical attitudes to real complex agronomic and environmental problems and in the agroecological management of the pampas and extra-pampas agroecosystems. The methodology was based on the participatory-qualitative approach, applying workshops techniques of reflection, analysis, evaluation and design of agroecosystems; case study strategy and field work, in interaction with farmers. The production systems were selected as learning cases because they are in transition or with a totally agroecological management, as forms of production and life. This contributed significantly to the appropriation and construction of knowledge through an interactive process between students, teachers and farmers, which impacts on the formation of cultural patterns of students and the development of skills in the personal social area, in the systemic area and in leadership and learning.

KEYWORDS: Agroecology - Training - Participation - Agronomy Career

1 | INTRODUCCIÓN

El modelo de agricultura vigente en la Región Pampeana de la Argentina, centrado en el monocultivo de soja con elevada dependencia de insumos externos, es el motor del deterioro de los recursos naturales, fundamentalmente el suelo. La alteración de los componentes biofísicos es cada vez más significativo, debido a la intensificación de la actividad agrícola, basada en el monocultivo de soja, que condujo a un proceso de agriculturización que se ha expandido en toda la República Argentina desde la década del 80 y se agudizó a partir de los 90, con epicentro en la Región Pampeana. La alteración de los componentes ambientales

y las relaciones sociales de producción, de intercambio, y cooperación, condujeron a una racionalidad productivista centrada en la rentabilidad de los productores agropecuarios, como único camino para la sostenibilidad de las empresas. Así, se ven comprometidos los pilares ecológicos de los agroecosistemas, por lo cual se debe pensar en un paradigma alternativo que conduzca hacia sistemas y sociedades sustentables.

El marco teórico de la sustentabilidad permite entenderla en términos holísticos como la trama de relaciones entre el sujeto y el medio natural. De esta manera, se inscribe en el paradigma alternativo del saber ambiental (Leff, 1998, 2000) en el que se redefinen las teorías, los métodos y las técnicas concebidos desde una racionalidad capitalista que conduce a un pensamiento extrativista de los recursos naturales en orden al crecimiento económico como único sendero de desarrollo, por un pensamiento complejo, holístico e integrador de los problemas abordados desde la interdisciplinariedad. Lo cual significa en términos de Joan Martínez Alier (2004) pasar de la etapa de “ciencia normal” a la etapa de “ciencia pos-normal”, en la que las respuestas a los problemas ambientales deben provenir de las percepciones y autoconciencia de los sujetos (Funtowics y De Marchi, En Leff 2000).

Desde una cosmovisión ontológica, Toledo (2003) propone el camino hacia una “nueva espiritualidad o estilo de vida (...) Se requiere una nueva cosmovisión planetaria, construida sobre una ética basada en la cooperación, la solidaridad, la comunicación y la comprensión de la realidad compleja”.

Asimismo, son importantes las construcciones teóricas que realizaron Guzmán Casado, González de Molina y Sevilla Guzmán (2000) quienes proponen una perspectiva teórico-metodológica al proceso de “desarrollo rural, generada desde la agroecología...”

La problemática es aún más compleja a una escala como el agroecosistema en tanto la combinación de sistemas, a un nivel superior como la unidad paisaje/cuenca/territorio, enfocando en procesos de flujos de materiales y energía a modo de metabolismo agrario (González De Molina; Toledo, 2014), asimismo identificando los asimilables a síndromes o problemas de in-sustentabilidad.

Así, diferentes procesos territoriales se identificaron bajo esta concepción, tales como: la agriculturización en la Región Pampeana caracterizada por la intensificación, simplificación, pérdida de servicios ecosistémicos; concentración y alta proporción de producción en tierras alquiladas con consecuencias en la retracción ganadera, riesgo de contaminación por agroquímicos, pérdida de nutrientes y despoblamiento del campo con exclusión de asalariados rurales. El avance de la frontera agropecuaria sobre terrenos naturales de la Región Chaqueña, Noroeste (NOA) y Noreste (NEA) de Argentina se caracteriza por el reemplazo de bosques por cultivos y pasturas. Otro síndrome es la presión extractiva de madera en los bosques del NOA, en paisajes de alta vulnerabilidad ambiental y social, dando origen a procesos de desertificación y pobreza rural. Esta problemática compleja también se verifica en la Región Patagónica Argentina y en la zona de secano de la Región Cuyana (oeste argentino-cordillerano).

A su vez, la pérdida de tierras agrícolas periurbanas también han sido evaluadas y reconvertidas en áreas de protección con transición a sistemas agroecológicos, especialmente en algunas provincias del litoral argentino como la de Santa Fe.

Por lo tanto, es necesario diseñar agroecosistemas sustentables con manejo agroecológico y formar profesionales de las Ciencias Agrarias y Conservación de Recursos Naturales comprometidos desde el punto de vista ético en la intervención en los mismos desde una óptica holística y sistémica. Desafío que implica una deconstrucción del paradigma dominante productivista hacia otro de racionalidad ambiental-sustentable en el que la Agroecología desempeña un papel fundamental.

Esto motivó a las Cátedras de Taller de Integración I, de Nutrición Animal y Producción Animal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario, la creación e implementación con aprobación del Consejo Directivo, del Curso Electivo dirigido a los estudiantes de las carreras de Ingeniería Agronómica y Licenciatura en Recursos Naturales denominado “Agroecología: herramientas conceptuales y metodológicas para el análisis y diseño de los agroecosistemas”, desde 2011 hasta 2019 en forma presencial. Se enfoca en agroecosistemas puramente familiares y/o familiares-empresariales de la Región Pampeana y sistemas campesinos de las Región NOA.

La capacitación tiene como propósito la formación de los estudiantes de Ingeniería Agronómica y Licenciatura en Recursos Naturales mediante un proceso de aprendizaje problematizador y experiencial, para intervenir como futuros profesionales en el rediseño de los agroecosistemas.

Los objetivos específicos del presente trabajo de investigación exploratorio fueron: a) conocer y comprender el impacto de la capacitación en la formación de los estudiantes de las dos carreras que se dictan en la Facultad de Ciencias Agrarias con respecto al enfoque agroecológico para el rediseño y manejo de los agroecosistemas pampeanos y b) Detectar las habilidades desarrolladas en las áreas personal-social-sistémica, de liderazgo y aprendizaje.

2 | METODOLOGÍA

La metodología se basó en el enfoque participativo-cualitativo, aplicando técnicas de talleres de reflexión, interacción dialógica, análisis, evaluación y diseño de agroecosistemas; estrategia de estudio de caso y trabajo de campo, en interacción con los agricultores. Los sistemas de producción fueron seleccionados como casos de aprendizaje porque están en transición o con un manejo totalmente agroecológico, como formas de producción y de vida. Mediante el estudio de casos reales y trabajo de campo se ejerció la aplicación del Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad –MESMIS- (Masera; Astier; y López Ridaura, 2000) (Milo Vaccaro; Larripa; Cechetti; Acebal, 2018).

Se incluyen las observaciones de las actividades áulicas y de campo y el análisis de las producciones grupales requeridas para la aprobación del curso.

Las estrategias de enseñanza-aprendizaje se centraron en un proceso reflexivo interactivo en progresión. Incluyen transmisión de contenidos en talleres de reflexión participativos en el espacio de aula, que se combina con el trabajo grupal desde el comienzo, enfocado en la diagramación de un sistema de producción representativo de la región pampeana, que evoluciona según los estudiantes internalizan conceptualizaciones sobre principios y dimensiones de la Agroecología y prácticas agroecológicas.

Se combinó con trabajo de campo mediante la visita guiada a sistemas de producción agropecuarios pampeanos y extra-pampeanos que se seleccionaron como casos paradigmáticos ya sea porque están en transición agroecológica o con manejo puramente agroecológico. Se incluyeron sistemas familiares con pequeña superficie (10 ha) que combinan cultivos en franjas de cereal con horticultura y frutales; unidades de producción con superficies media (200ha) que combinan agricultura extensiva (cultivo de soja en rotación con los cultivos de trigo y maíz) con ganadería bovina de engorde en base a alfalfa, con prácticas agroecológicas y reducción en el uso de agroquímicos. Culminamos el ciclo 2019 con una visita guiada a sistemas campesinos de la zona de Cafayate, situado en los Valles Calchaquíes de la Cordillera de los Andes en la Región del NOA. Son agricultores de viñedos, que están vinculados a una cooperativa que nuclea campesinos propietarios de pequeñas unidades productivas, institucionalizados a partir de la organización promovida por una cooperativa de mercado solidario y vinculado a una red de comercio justo.

En las visitas a campo, se emplearon técnicas de entrevistas semiestructuradas y observación participante para el relevamiento de la información e interacción con los agricultores. Comprende el trabajo en gabinete para el procesamiento de información y la elaboración de resultados que incluye los gráficos tipo ameaba o telaraña, la interpretación grupal y la exposición mediante la técnica de paneles.



Figura nº1: estudiantes resolviendo el ejercicio MESMIS en el aula.



Figura nº2: Trabajo de campo, en sistema de producción agroecológico.

3 | RESULTADOS

El análisis de los resultados se centró en la eficacia del logro de los objetivos propuestos en torno al impacto en el pensamiento de los estudiantes del enfoque y prácticas agroecológicas y a las habilidades desarrolladas y los formatos didácticos aplicados (clase invertida; trabajo de campo; grupos de reflexión y análisis)

El desarrollo y reflexión del enfoque agroecológico a partir de sus principales dimensiones (técnico-agronómica; sociocultural, educativa e institucional-política) y ejes conceptuales metodológicos, de la mano del enfoque sistémico y holístico, interpela a los estudiantes avanzados en Ciencias Agrarias en permanente cuestionamiento de los conocimientos fragmentados disciplinarios aprendidos, sus esquemas de pensamiento y de apreciación, percepción y evaluación de las problemáticas de los sistemas de producción agropecuarios, que en el encuadre del curso deben enfocarse como sistemas complejos. Resulta interesante señalar que los estudiantes de la Licenciatura en Recursos Naturales que participan de la capacitación tienen una perspectiva más relacionada con el enfoque agroecológico y ambiental que los estudiantes de Ingeniería Agronómica.

Este cambio de perspectivas teórico-conceptual-metodológica impacta en la formación de patrones culturales de los estudiantes y en el desarrollo de habilidades en el *área personal-social*, en el *área sistémica* y en la *de liderazgo y aprendizaje*.

En la *área personal-social*, puesto que sus esquemas de ideas, apreciación y evaluación de los sistemas de producción convencionales -amparado por el paradigma productivista- comienzan a deconstruirse y orientarse hacia una concepción de sistemas de producción con orientación agroecológica en el que el subsistema central es la familia rural,

sujetos rurales como ser social con sus formas de vida y estrategias de reproducción en el medio rural, más allá de situarlo como un individuo de racionalidad puramente productivista.

En el *área sistémica*, porque incorporan herramientas conceptuales-metodológicas que les permiten el análisis por diseño de los agroecosistemas y su evaluación a través de la construcción participativa y el trabajo en equipo de indicadores de sustentabilidad y su integración para mostrar resultados en forma gráfica

En el *área de liderazgo y aprendizaje*, ya que a partir de los conocimientos internalizados se transforman paulatinamente en verdaderos estudiantes problematizadores de las prácticas de los productores rurales; de la propia práctica docente y de sí mismos.

En relación a los *formatos didácticos* implementados, el curso avanza progresivamente desde el desarrollo del enfoque agroecológico basado en diseño de sistemas agroecológicos en grupos de reflexión y análisis, hacia el análisis de casos empíricos in situ y trabajo en equipo para la aplicación del MESMIS. La efectividad del enfoque de estudio de casos empíricos y el impacto directo en el aprendizaje de los estudiantes lo constituye, por lejos, en el formato didáctico más eficaz



Figura nº3: Estudiantes en el trabajo de campo, junto al agricultor en su establecimiento con manejo totalmente agroecológico en la zona eminentemente agrícola cercana a la Facultad de Ciencias Agrarias UNR.



Figura nº4: estudiantes y productor hortícola, relevando información para la evaluación de sustentabilidad del sistema. Zona periurbana de la ciudad de Rosario, Santa Fe, Argentina.

4 | REFLEXIÓN FINAL

Se concluye que el curso contribuye con la apropiación de conocimientos y herramientas metodológicas a través de un proceso interactivo entre estudiantes, docentes y agricultores de sistemas de producción extensivos familiares y campesinos, donde el tránsito hacia sistemas sustentables con la incorporación de prácticas agroecológicas se relaciona con la aplicación de un enfoque sistémico de complejidad reflexiva (Funtowics y Demarchi, 2000) tanto hacia el interior de la academia como en el análisis de los agroecosistemas.

Las instancias de comunicación generadas durante el cursado afianzan las relaciones entre docentes y estudiantes, estableciendo un contacto que va más allá del generado en los muros de la Institución. El contacto con los propios actores sociales completa este vínculo y deja una huella en el terreno y en cada uno de nosotros.

Sin embargo, es necesario sistematizar y ajustar el set de indicadores cualitativos de evaluación del impacto en las diferentes áreas de habilidades y conductas de los estudiantes que participan del curso de capacitación en los sucesivos ciclos electivos, aunque es un ámbito complejo de la Psicología Social en la que se debería trabajar sobre las áreas o campos de la conducta (Bleger, 2006).

REFERENCIAS

- BARNETT, R. (2001). **Los límites de la competencia. El conocimiento, la educación superior y la sociedad**. Buenos Aires, Gedisa.
- BLEGER, J. 2006. **Psicología de la conducta**. Buenos Aires, Paidós. 294p.
- FUNTOWICS S. y DE MARCHI B. 2000. **Ciencia Postnormal, Complejidad Reflexiva y Sustentabilidad**. En La complejidad ambiental, Enrique Leff (coordinador). Siglo XXI. Pp 54-83.
- GONZÁLEZ DE MOLINA, M.; TOLEDO V.: 2014. **The Social Metabolism**. A Socio-Ecological Theory of Historical Change. Volume 3. Springer International Publishing Switzerland.
- GUZMÁN, C. y ALONSO, M. A. 2007. **La investigación participativa en agroecología: una herramienta para el desarrollo sustentable**. Ecosistemas 16 (1) Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente. Asociación Española Ecología Terrestre.
- GUZMÁN CASADO, G.; GONZÁLEZ DE MOLINA, M. y SEVILLA GUZMÁN, E. (2000). **Introducción a la Agroecología como desarrollo rural sostenible**. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- LEFF, E. (coordinador): 2000. **La complejidad ambiental**. Siglo XXI, UNAM, PNUMA, México.
- LEFF, E. 1998: **Saber ambiental: Sustentabilidad, racionalidad, complejidad y poder**. Siglo XXI, PNUMA, México.
- MARTÍNEZ ALIER, J.: 2004. **El ecologismo de los pobres. Conflictos ambientales y lenguajes de valoración**. Icaria; Antrazyt; FLACSO.
- MASERA, O; ASTIER, M. y LÓPEZ RIDAURA, S. 2000. **Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS**. GIRA Mundi prensa, México.
- MILO VACCARO, M.; LARRIPA, M.; CECHETTI, S.; ACEBAL, M.A. 2018. **Sustentabilidad en sistemas de producción agropecuarios pampeanos**. Propuesta Metodológica. UNR Editora, Rosario.
- TOLEDO, V. 2003. **Ecología, Espiritualidad y Conocimiento, de la sociedad del riesgo a la sociedad sustentable**. PNUMA; Universidad Iberoamericana, 1º edición, México.

CAPÍTULO 4

VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM PROJETO AGROECOLÓGICO NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO: FATORES DETERMINANTES E FATORES COADJUVANTES DE SUCESSO

Data de aceite: 01/11/2021

Sandro César Salvador

Professor Associado, Decania do CCS, UFRJ
Rio de Janeiro, RJ,
<https://orcid.org/0000-0002-8951-4694>
<http://lattes.cnpq.br/2021371828434306>.

Elaine Makishi

Médica Veterinária Autônoma
Passos, MG
Orcid: 0000-0001-8141-3672

Beatriz Micai

Médica Veterinária Autônoma
Salto, SP
ORCID: 0000-0002-4449-8686.

Daniel Fábio Salvador

Professor Associado Doutor da Fundação
Cecierj
Rio de Janeiro, RJ
lattes.cnpq.br/4596156812858787

RESUMO: A produção de alimentos com base agroecológica tem ganhado protagonismo na sociedade atual, principalmente entre os consumidores conscientes e ambientalistas; mas apresenta como destacado gargalo a capacidade de viabilidade econômica a médio e longo prazo. Projetos de produção agroecológicos costumam ser desenhados para romper com a lógica de mercado e assim podem inviabilizar a sustentabilidade financeira da atividade. Este trabalho objetivou acompanhar a produção de ovos, leite e hortaliças em uma propriedade, assim

como a evolução financeira a partir da adoção de metodologia mercadológica e estratégias de venda, sem comprometer a sustentabilidade da produção, além da assessoria técnica imprescindível a qualquer empreendimento. Foi realizado levantamento das culturas viáveis na área e clima pretendidos, visando menor impacto e alteração ambiental possível, e avaliação de mercado quanto aos produtos que seriam melhor aceitos, dentro do escopo das culturas viáveis. Escolhidas as culturas, foram realizadas ações técnicas coordenadas para aumentar e estabilizar a produção nas áreas de bovinocultura de leite, avicultura de postura e olericultura de alface. A viabilidade econômica foi alcançada ao final de sete anos, com superávit financeiro e renda média mensal para sustentar uma família, caso se tratasse de propriedade familiar. Portanto conclui-se que o estudo de demanda local, elaboração de estratégia de vendas, administração eficiente e assessoria técnica foram capazes de viabilizar financeiramente um projeto de produção agroecológico com características familiares no estado do Rio de Janeiro.

PALAVRAS CHAVE: agroecologia, viabilidade, eficiência econômica, agricultura familiar.

ECONOMIC FEASIBILITY OF AN AGRO-ECOLOGICAL PROJECT IN THE STATE OF RIO DE JANEIRO: DETERMINING FACTORS AND CONTRIBUTING FACTORS FOR THE SUCCESS

ABSTRACT: The production of agro-ecological food has gained prominence in today's society, especially among conscientious consumers and environmentalists; but it presents as a major

bottleneck the capacity for economic viability in the medium and long term. Agroecological production projects are usually designed to break with a market logic and thus can make the financial sustainability of the activity unfeasible. This work aimed to monitor the production of eggs, milk and vegetables in a property, as well as the financial evolution from the adoption of marketing methodology and sales strategy, without compromising the sustainability of production, in addition to technical advice essential to any enterprise. A survey of viable cultures was carried out in the intended area and climate, with the least possible environmental impact and alteration, and a market assessment as to which products would be better accepted, within the scope of viable cultures. Chosen as crops, technical actions were carried out to increase and stabilize production in the areas of dairy cattle, laying poultry and lettuce vegetables. Economic viability was achieved at the end of seven years, with a financial surplus and average monthly income to support a family, if it was a family property. Therefore, it is concluded that the study of local demand, elaboration of sales strategy, efficient administration and technical assistance were able to financially enable an agroecological production project with familiar characteristics in the state of Rio de Janeiro.

KEYWORDS: Agroecology, family farming, economic viability.

1 | INTRODUÇÃO

A produção agroecológica no Brasil e no mundo são atualmente bastante celebrados e bem vistos, com demanda crescente por produtos alimentícios saudáveis, produzidos de forma sustentável, socialmente justo e com preços acessíveis a maioria da população (Gleisman, 2015). Alimentação saudável é tema recorrente tanto nas redes sociais como na literatura científica, associado ao interesse por saúde, qualidade de vida e mais recentemente a imunidade a doenças. Isto tem levado consumidores do mundo todo à procura de alimentos “verdadeiros”, não industrializados e não dependentes das grandes cadeias de produção agrícola. O uso de agrotóxicos comumente é associado às grandes propriedades rurais e produção agrícola em escala, embora o uso também aconteça na maioria das propriedades familiares brasileiras (Oliveira e Zambrone, 2008). A preocupação social inclui a remuneração justa dos trabalhadores envolvidos, valorização adequada e justa dos produtos agrícolas, principalmente de propriedades familiares ou tradicionais, e finalmente preço acessível dos produtos para a média da sociedade do entorno, ou seja, disponibilidade dos produtos para as pessoas das comunidades onde estas produções estão inseridas. Não se deseja uma produção para abastecer uma elite de consumidores distantes da realidade das comunidades onde elas ocorrem (Altieri, 2010).

Não obstante uma percepção nem sempre destacada como relevante, a sustentabilidade financeira da propriedade agroecológica é essencial para atingir todos os demais objetivos (Pretty, Morrison and Hine, 2003). A médio e longo prazo iniciativas sem viabilidade econômica não perduram e não mudam a realidade local regional ou nacional, pois não servem de exemplo para outras iniciativas semelhantes. O propósito deste relato é destacar a importância e os caminhos para alcançar a viabilidade econômica de um projeto

de produção agroecológica, que como todo projeto desta área tem particularidades que não permitem comparações simplistas, mas que apontam para direções importantes na construção do empreendimento agroecológico.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Uma propriedade rural localizada na área urbana de Niterói, RJ, foi acompanhada entre os anos de 2014 e 2020. Com área disponível de 2,5 há nos fundos de um condomínio, a área foi destinada a produção agrícola e pecuária com base agroecológica, para atender a demanda dos moradores do condomínio, inicialmente, que desejavam alimentos sem agrotóxicos, resíduos químicos ou quaisquer substâncias não naturais nos alimentos produzidos, com preço justo e de fácil aquisição, sem poluir a área ou degradar o ambiente. A área encontra-se inclusive na área de amortecimento do Parque Estadual da Serra da Tiririca (PESET). A propriedade foi assessorada como parte de um projeto de extensão da Universidade Federal do Rio de Janeiro (SIGProj N°: 297512.1656.263021.02032018), sob a coordenação do professor Sandro César Salvador. Visitas semanais foram realizadas para diagnóstico, programação e acompanhamento de ações nas áreas técnicas (horticultura, bovinocultura, ovinocultura, avicultura), financeira, administrativa e fundiária. O projeto de produção fez parte da fundação do Instituto Agroecológico de Niterói (IAN; <https://www.solutado.com.br/empresas/rj/niteroi/ongs-e-entidades-sociais/instituto-agroecologico-de-niteroi-6543424>), como referência de produção agroecológica em Niterói.

3 | RESULTADOS

O projeto de produção de alimentos de origem animal e vegetal foi batizado de Fazendinha Agroecológica e funcionou na área agrícola do condomínio localizado em Várzea das Moças, Niterói, RJ. Após o período de diagnóstico das demandas e recursos disponíveis na comunidade que pretendia financiar o projeto, foram eleitas culturas que fossem complementares e sinérgicas quanto aos resíduos e reciclagem. As culturas eleitas para investimento foram horticultura, com foco na produção de alface lisa ou crespa (olericultura); bovinocultura de leite; avicultura de postura e a manutenção inicial da ovinocultura já instalada.

Ficou claro que eram produtos com demanda alta e constante na comunidade, e eram culturas complementares, no sentido de reciclagem, reuso e reaproveitamento. O esterco dos bovinos sofria compostagem ou biocompostagem (biodigestor) para utilização como adubo orgânico para horta; o resíduo orgânico das casas do condomínio era coletado e utilizado para compostagem ou vermicompostagem, com posterior fornecimento de larvas de moscas para as galinhas poedeiras; resíduos da horta (folhas em bom estado, mas sem tipificação para venda) eram fornecidos para galinhas como parte da alimentação. Procurou-se estabelecer o uso de culturas que se completassem e permitissem a mínima entrada externa de insumos. Ainda sim, quando insumos externos eram usados, procuravam-se insumos locais, orgânicos

e que gerassem balanço ambiental positivo, como uso de resíduo de cervejaria de cervejarias artesanais locais como fonte de alimentação para bovinos e galinhas.

É interessante observar que houve incremento da receita do leite (e derivados), da avicultura e da horta a partir de 2018 (Gráfico 1), apesar haver aumento dos custos também neste período (Gráfico 2). Isto reflete aumento de demanda, com conseqüente aumento de investimento e aumento de produção. Mas a curva que mais chama a atenção é a de gastos com salários, que teve aumento relevante entre 2016 e 2018 e foi reduzido a patamares iniciais (2014) entre 2019 e 2020, sendo um dos fatores decisivos na reversão do balanço financeiro negativo inicial. (Gráfico 3). Outro fator relevante foi a mudança de estratégia de vendas, com adoção da entrega domiciliar, que refletiu em redução de custos (manutenção e funcionário para ponto de venda) e aumento de venda. Havia disponibilização dos produtos para entrega nas redes sociais duas vezes por semana, funcionando como uma propaganda e lembrete das vantagens de alimentos produzidos com mínimo impacto ambiental, sem resíduos químicos e com preço justo a quem consome e a quem produz.

O investimento foi orientado nas culturas escolhidas em comum acordo e garantiram, à custa de assessoramento técnico constante e incansável, resultados esperados em termos de produção e qualidade dos produtos. O investimento (custo) mais variável foi com salários dos funcionários. Numa tentativa de obter renda mediante visitas programadas foi contratada uma funcionária gerente, com intenção de realizar e promover as visitas. Porém a demanda foi muito aquém dos investimentos e a atividade não se mostrou viável em médio prazo. A redução do quadro de funcionários reduziu custo e permitiu lucro líquido pela primeira vez em sete anos (Gráfico 3).

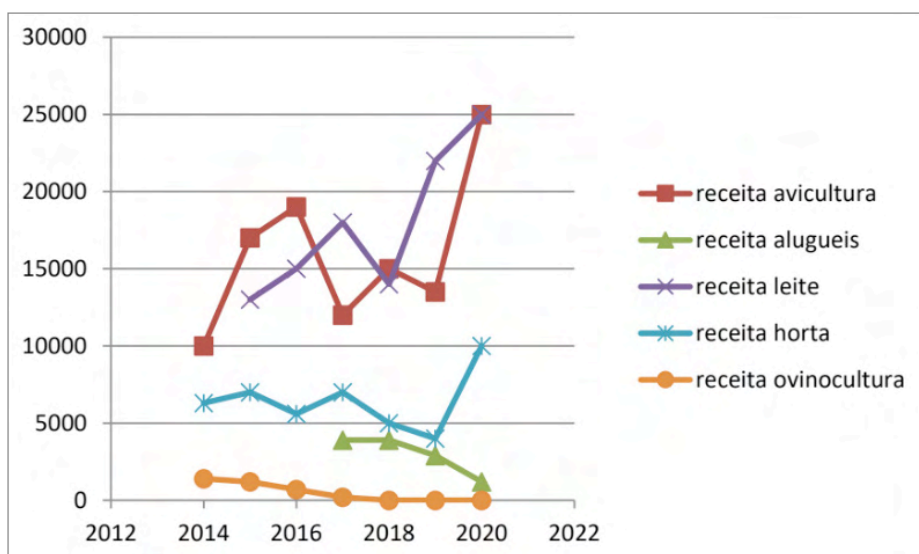


Gráfico 1. Evolução em reais das receitas brutas das culturas da Fazendinha Agroecológica entre os anos de 2014 e 2020.

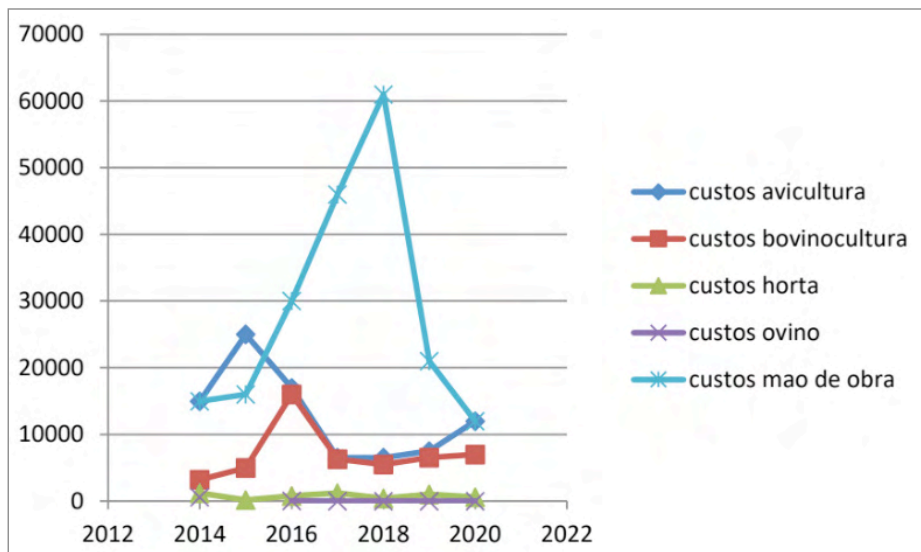


Gráfico 2. Evolução em reais das despesas brutas das culturas da Fazendinha Agroecológica entre os anos de 2014 e 2020.

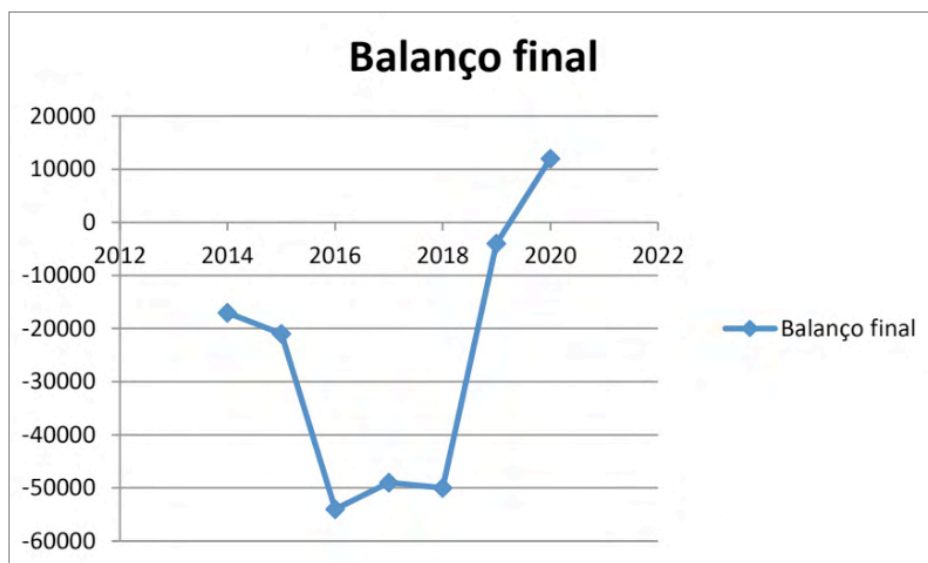


Gráfico 3. Evolução, em reais, do lucro líquido do conjunto das culturas da Fazendinha Agroecológica entre os anos de 2014 e 2020.

3.1 Assistência técnica

O assessoramento técnico foi realizado ao longo dos sete anos de extensão, com orientações nas áreas de bovinocultura de leite, avicultura de postura e olericultura, sempre com foco na sustentabilidade da produção, no uso de insumos orgânicos naturais e locais,

como alternativa a insumos químicos externos, mas também como foco na produtividade e excelência de produtos (Tabela 1).

Na bovinocultura de leite foram adquiridos animais (vacas) mestiços Holandês/Gir, por terem boa capacidade de produção e resistência a endo e ectoparasitas e outras doenças tropicais. Foi construído um biodigestor com capacidade para 300 litros para converter as fezes e urina em biofertilizante para hora e pasto e gás metano para fogão a gás da propriedade, evitando inclusive que o metano fosse fonte de gás de efeito estufa (Berchielli et. al., 2012). As pastagens foram formadas com capim braquiária e funcionaram em sistema de rodízio para evitar degradação e erosão do solo.

Na avicultura foram adquiridas galinhas Embrapa-51 (Bassi et. al., 2015), que possuem genética de galinhas europeias produtivas combinado com a genética (cruzamentos) de galinhas de raças nacionais, permitindo adaptação e resistência natural a doenças tropicais, reduzindo uso de medicamentos alopáticos e conseqüente contaminação dos ovos e carne por resíduos químicos (Da Alves, 2015, Ludke et. al., 2010). Os galinheiros davam acesso a piquetes de pastejo rotacionado, assim como das vacas, permitindo que as galinhas tivessem acesso à luz do sol e pudessem expressar seu comportamento natural de ciscar e comer insetos e vermes.

Foi implantado um sistema de vermicompostagem, que usava o lixo orgânico das casas do condomínio, que era recolhido diariamente, como substrato para crescimento de larva da mosca soldado negro (*Hermetia illucens*), gerando resíduo compostado e larvas que eram fornecidas as galinhas poedeiras como alimento altamente proteico, imprescindível para produção de ovos em quantidade e qualidade.

Na olericultura, onde alface foi o principal produto comercial, em virtude de sua adaptabilidade e aceitação (demanda) por parte da comunidade. A adubação foi inteiramente produzida pelos dejetos das galinhas e vacas compostado e por resíduos de jardinagem do condomínio, também compostados em composteira local.

Numero de unidades produtoras	Produção diária	Produção mensal	Preço médio recebido por unidade de produção	lucro bruto médio anual
Bovinicultura: 5 animais	10 litros	300 litros	5 reais o litro	17833
Avicultura: 150 animais	6 dúzias	180 dúzias	10 reais a dúzia	15929
Olericultura: 16 canteiros	5 unidades	150 unidades	4 reais a unidade (pé ou cabeça)	6414

Tabela 1. Médias anuais (entre 2014 e 2020) das culturas do projeto de produção agroecológico, Niterói, RJ.

4 | DISCUSSÃO

Iniciativas tradicionais como A Comunidade que Sustenta Agricultura (CSABrasil.org) possuem conceitos semelhantes, mas distintos do praticado aqui. No CSA existe um financiamento prévio (compra antecipada) garantindo remuneração e escoamento da produção projetada e planejada, permitindo recursos e demanda prevista para organização dos produtores. Neste projeto a comunidade bancou através de fundo próprio a infraestrutura inicial e investimentos em material permanente e de consumo, além de trabalho voluntário e custeamento de funcionários em tempo integral para viabilizar as culturas. Semelhanças entre os conceitos foram o envolvimento da comunidade interessada em alimentos agroecológicos e o sistema de produção, inclusive com tentativas de conscientização das pessoas envolvidas do impacto das ações adotadas.

A área destinada à produção agrícola pela comunidade do condomínio, 45 famílias organizadas em uma cooperativa habitacional, foi mapeada e culturas que já existiam e outras sugeridas foram estudadas. Procurou-se estabelecer culturas com viabilidade local de produção, levando em consideração clima, solo, umidade, pluviosidade e experiências passadas. Obviamente as culturas escolhidas passaram pelo crivo do dia a dia da produção e as que mais se adaptaram (não somente ao ambiente, mas ao esquema de venda e remuneração) persistiram.

Observamos que a afinidade dos potenciais consumidores é decisiva para sucesso da cultura. Culturas bem adaptadas, mas sem apelo comercial tem custo, tomam tempo precioso de trabalho e não remuneram adequadamente (Sabourin, 2014). Portanto uma primeira observação foi quanto à atenção à viabilidade comercial da cultura, seja vegetal ou animal. Na área já existia uma horta, sem produção em escala e sem produtos eleitos como principais ou carros chefe da produção. Plantava-se alface, almeirão, couve, tomate, abobora cebolinha coentro entre outras folhas. No decorrer das reuniões e resultados percebeu-se a preferência dos potenciais consumidores por alface, lisa ou crespa, em detrimento das outras folhas. Autores destacam a importância de conscientização dos consumidores a respeito da produção agroecológica ser sazonal e ser mais dependente da natureza e, portanto, alterar hábitos de consumo pode fortalecer a agroecologia (Sauer, 2008). Pois bem, aqui um contraponto: dentro das culturas que a natureza e sazonalidade permitem, observar a preferência dos consumidores favorece vendas constantes e de longo prazo, fidelizam consumidores e tornam-se importantes para viabilidade econômica. Dentro das opções que poderiam ser produzidas, que o ecossistema local comportava, a alface era o mais consumido e o consumido com mais constância, o que permitiu planejamento de produção, de custo e de rentabilidade. Outras hortaliças podem e devem ser plantadas, mas o carro chefe eleito permitiu o planejamento e o faturamento justo para propriedade.

Aqui outra característica da viabilidade econômica: escala de produção. A escala é vista como ferramenta da agricultura convencional associada ao uso intensivo de agrotóxicos

(Silveira, 2001), mas a escala de produção foi neste projeto essencial para planejamento de infraestrutura (quantos canteiros de plantio, quantas mudas por semana ou mês, quanto de adubo orgânico será necessário por período de tempo). Como planejar produção sem estabelecer escala de produção, ou seja, quanto eu quero produzir por janela de tempo de produção ou por colheita? E aqui ouvir o consumidor, entender o que ele deseja, o quanto ele deseja vai ser essencial. Para fidelizar o consumidor precisa de constância na produção, e para constância na produção torna-se necessário a escala de produção, bem planejada (Oliveira et.al., 2011).

No início do projeto existia uma criação de carneiros da raça Santa Inês (mestiços desta raça) para produção de carne. Mas existiam dois problemas: adaptação da cultura e demanda. Quanto a adaptação os animais são de uma raça desenvolvida no nordeste brasileiro, com umidade relativa do ar normalmente baixo e pouca pluviosidade (Castro et.al., 2007). No clima tropical úmido de Niterói a ocorrência de lesões podais (nos cascos) era enorme e gerava gastos excessivos com medicamentos e mão de obra. Já a demanda era extremamente sazonal, com alguns potenciais consumidores com grande afinidade pelo produto, mas uma maioria que não apreciava, a não ser em ocasiões festivas. Portanto tratava-se de uma cultura com venda esporádica e retorno financeiro negativo, já que para vender a carne era necessário praticar preços abaixo dos custos estabelecidos. Esta cultura foi abandonada e houve repercussão financeira positiva, direcionando os esforços e dinheiro em culturas com vendas diárias asseguradas, como leite e ovos.

Aliás, produtos com venda diária foi decisiva na busca por viabilidade financeira neste empreendimento. Constataram-se no período de diagnóstico da propriedade que o leite e ovos eram produtos preferenciais para os consumidores, de maneira que eles buscam em propriedades vizinhas, mas sem sucesso na aquisição contínua destes. No estudo técnico destas culturas verificou-se viabilidade de produção na área pretendida e a infraestrutura necessária para início da produção demandava investimento financeiro compatível com a capacidade da cooperativa de consumidores e com a rentabilidade esperada. Desta maneira a produção local de leite de vaca e ovos de galinhas teve início e mostrou-se rentável desde o início, porém demandou adaptações no sistema de produção e principalmente no sistema de vendas para encontrar o equilíbrio financeiro buscado (Oliveira et.al., 2011).

No início (entre 2014 e 2015) do projeto investimentos na aquisição de animais e infraestrutura, além de preços excessivos de insumos e preços baixos de venda aos consumidores foram aspectos que impactaram negativamente o balanço financeiro do empreendimento, mas permitiram as bases para uma produção sustentável e viável nos próximos anos. Mesmo assim a produção destes anos custeou entre 30 e 40% do valor investido.

Nos anos de 2016, 2017 e 2018, devido ingerência por parte de administradores não capacitados e decisões equivocadas, tomadas a revelia das orientações técnicas, levou a prejuízo financeiro recorrente. A inclusão de mais um funcionário na posição de gerente

não surtiu efeito esperado e aumentou os custos sem aumento de receita. Esperava-se obter receita com visitas programadas de escolas, remuneradas e que permitiriam a venda de produtos, mas a demanda foi aquém dos investimentos realizados em infraestrutura e o balanço financeiro negativo foi inevitável. Este período serviu de aprendizagem para os envolvidos no projeto, principalmente quanto ao equivocadamente e ausente estudo de demanda: existia mercado para venda de pacotes de visitas a escolas? As escolas estavam dispostas a pagar e pagar quanto pelas visitas? As visitas programadas seriam recorrentes ou esporádicas? Qual a expectativa de lucro e qual a expectativa de investimento para viabilizar as visitas? As visitas escolares tem ótimo apelo comercial e motivacional. Crianças que compreendem como os alimentos são produzidos tem maior propensão de se alimentar melhor em termos de qualidade e procedência do alimento, ou seja, se tornam consumidores mais exigentes quanto ao sistema de produção (Souza et.al. 2013). Mas conceitos não geram renda imediata. Estudar e entender o quanto potencial de renda naquele momento seu investimento tem é essencial a qualquer empreendimento e não seria diferente em empreendimentos agroecológicos (Assis e Romeiro, 2005).

Já os anos de 2019 e 2020 houve mudança na forma de administração e as orientações técnicas e financeiras foram implementadas. Além disso, uma nova estratégia de vendas foi implementada, com lista de consumidores e entrega a domicilio. O sistema *delivery* foi um sucesso estratégico e financeiro, indo de encontro a necessidade dos consumidores (facilidade) e reduzindo o investimento e aumentando a eficiência de vendas em comparação a estratégia antiga (manutenção de um ponto de venda dentro da comunidade). Obviamente a pandemia (SARSCOV-2) contribuiu pelo menos para dois aspectos: a segurança de entregas em casa e a percepção da necessidade da saúde e, conseqüente imunidade, elevada reduzia risco de contágio e morte. Neste contexto a busca por saúde passa por alimentos saudáveis e livres de resíduos químicos deletérios, sob o conceito de que somos o que comemos (Mota et. al., 2008).

O desafio agora é manter a fidelidade dos consumidores conquistados e a percepção de melhorias e mudanças de hábitos que fatalmente ocorrerão.

Renda média familiar anual

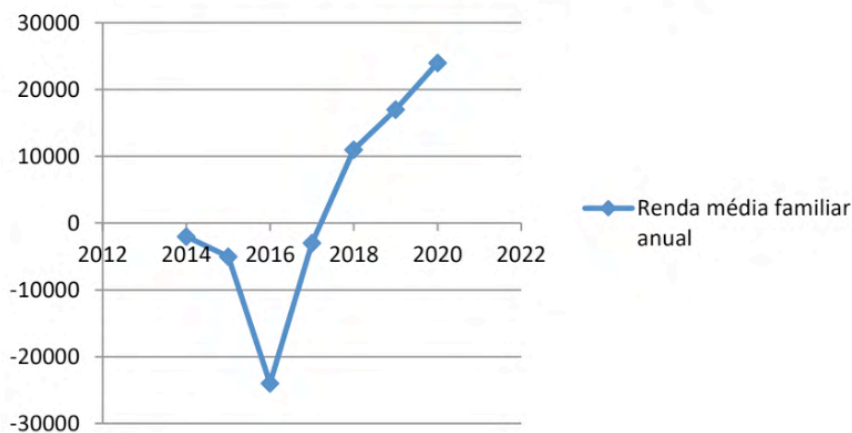


Gráfico 4. Cálculo hipotético de renda familiar anual com base nos dados financeiros da propriedade rural acompanhada no projeto. Foi retirado custo de mão de obra (salário) e calculado lucro líquido (lucro bruto subtraído dos custos fixos e variáveis)

Caso a propriedade fosse familiar e a mão de obra familiar, o que seria um modelo bastante possível considerando as dimensões da área (2,5 há), da produção mensal (300 litros de leite, 200 dúzias de ovos, 200 unidades de verduras, principalmente alface) e os preços de venda praticados ao longo dos anos (Tabela 1), teria renda média anual positiva a partir de 2018, chegando a 24 mil em 2020 ou dois mil reais mensais. Isso sem considerar que a família teria acesso a hortaliças, leite e ovos ao longo do ano, perfazendo base razoável da dieta e reduzindo gastos com comida, principalmente de alimentos de base proteica, normalmente mais caros. De acordo com IBGE a remuneração está acima da média nacional para uma família de 4 pessoas (IBGE, 2020). Isto obviamente retirando os primeiros anos, que seriam de investimento, valores que poderiam ser financiados via Pronaf (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - BNDS) ou outro programa de auxílio ou financiamento agrícola de caráter familiar.

5 | CONCLUSÕES

A assistência técnica foi eficiente ferramenta de viabilidade de produção agroecológica, quando pautada pelos valores de sustentabilidade associados aos valores de mercado e administração eficiente

REFERÊNCIAS

Altieri, Miguel A. **Agroecologia, agricultura camponesa e soberania alimentar**. REVISTA NERA – ANO 13, Nº. 16 – JANEIRO/JUNHO DE 2010 – ISSN: 1806-6755.

Assis, Renato Linhares e Romeiro, Ademar Ribeiro. Agroecologia e Agricultura Familiar na Região Centro-Sul do Estado do Paraná. RER, Rio de Janeiro, vol. 43, nº 01, p. 155-177, jan/mar 2005 – Imprensa em março 2005.

Bassi, L. EMBRAPA SUÍNOS E AVES. Poedeira Embrapa 051. Concórdia - SC, 2015.

Berchielli, Telma Teresinha, Messana, Juliana Duarte; Canesin, Roberta Carrilho. **Enteric Methane production in tropical pastures**. *Nutrição Animal* • Rev. bras. saúde prod. anim. 13 (4) • Dez 2012 •

Cunha Jacilene Maria da; Silva, Castro Divan Soares da; Medeiros, Ariosvaldo Nunes de; Pimenta Filho, Edgard Cavalcanti. Desempenho de cordeiros Santa Inês alimentados com dietas completas contendo feno de maniçoba. Ruminantes • R. Bras. Zootec. 36 (3) • Jun 2007.

DA ALVES, VS de AVILA. **Parâmetros de qualidade externa de ovos da poedeira Embrapa 051 em comparação a uma linhagem comercial**. Revista Medicina Veterinária.v. 7, n.1, p.35 – 44, 2013. EMBRAPA SUÍNOS E AVES. Poedeira Embrapa 051. Concórdia - SC, 2015.

Gliessman, Stephen R. **Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems**, Third Edition, ISBN 9781439895610, Published December 9, 2014 by CRC Press, 406 Pages 219 B/W Illustrations.

<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/30129-ibge-divulga-o-rendimento-domiciliar-per-capita-2020> acessado em agosto de 2021.

LUDKE, J.V.; FIGUEIREDO, E.A.P.; AVILA, V.S.; MAZZUCO, H. **Alimentos e alimentação de galinhas poedeiras em sistemas orgânicos de produção**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2010. 16p. (Embrapa Suínos e Aves. Circular Técnica, 55).

Mota JF, Rinaldi AEM, Pereira AF, Maestá N, Scarpin M M, Burini RC. Adaptação do índice de alimentação saudável ao guia alimentar da população brasileira. Rev Nutr Campinas 2008; 21(5):545-552.

Oliveira, Daniela; Gazolla, Marcio; Schneider, Sergio. **PRODUZINDO NOVIDADES NA AGRICULTURA FAMILIAR: AGREGAÇÃO DE VALOR E AGROECOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO RURAL**. Vol. 28, n.1 - jan./abr., (2011).

Oliveira, M. L. F. de, & Zambrone, F. A. D. (2008). Vulnerabilidade e intoxicação por agrotóxicos em agricultores familiares do Paraná. *Ciência, Cuidado E Saúde*, 5, 099-106.

Pretty, J. Morrison, J. I. L. and Hine, R. E. **“Reducing Food Poverty by Increasing Agricultural Sustainability in Developing Countries,”** Agriculture, Ecosystems and Environment 95 (2003): 217-34.

Sabourin, E. Acesso aos mercados para a agricultura familiar: uma leitura pela reciprocidade e a economia solidária. Rev Econ NE. 2014;45 Spec No:21-35.

SAUER, Sérgio. **Agricultura familiar versus agronegócio: a dinâmica sociopolítica do campo brasileiro**. Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa-Secretaria de Gestão e Estratégia, 2008. 73 p.

SILVEIRA, Miguel Angelo da. **O desenvolvimento sustentável em questão**. IN: Agricultura familiar e o desafio da sustentabilidade. Rio de Janeiro: Oficina Social, Centro de Tecnologia, Trabalho e Cidadania, 2001.

Souza, Maria Cecília Galli Lugnani; Casotti, Letícia Moreira; Lemme, Celso Funcia. CONSUMO CONSCIENTE COMO DETERMINANTE DA SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL: RESPEITAR OS ANIMAIS PODE SER UM BOM NEGÓCIO? Rev. Adm. UFSM, Santa Maria, v. 6, Edição Especial, p. 861-877, MAI. 2013.

ANÁLISE DA PAISAGEM NO ENTORNO DE PROPRIEDADES COM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NO CERRADO GOIANO

Data de aceite: 01/11/2021

Daniela de Lima

Secretaria de Estado da Educação de Goiás e
Rede Municipal de Goiânia
Goiânia, Goiás
<http://lattes.cnpq.br/5408368978969334>

Manuel Eduardo Ferreira

Universidade Estadual de Goiás, Câmpus
Central Anápolis
Fazenda Barreiro do Meio, Anápolis, Goiás
<http://lattes.cnpq.br/1179478052817833>

Samantha Salomão Caramori

Universidade Federal de Goiás, Caixa Postal
131, Câmpus Samambaia
Goiânia, Goiás
<http://lattes.cnpq.br/4498594723433539>

RESUMO: Os sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) tem sido indicados como alternativa para a melhoria da qualidade do solo, da produtividade agrícola e pecuária onde há pastagem ou agricultura tradicionais. Neste estudo avaliou-se temporalmente a paisagem de três sistemas de ILPF no Cerrado goiano, num recorte temporal de 10 anos, entre 2006 e 2016. Foram obtidas as imagens de satélite *Landsat 5* (2006) e *Landsat 8* (2016) e gerados buffers de 10 km a partir das propriedades analisadas para caracterizar as áreas por mapas e por métricas das propriedades e seus entornos. Os sistemas de integração se mostraram mais adequados ambientalmente, já que são planejados e que levam em conta alguns fatores importantes

que estruturam a paisagem, como relevo e tipo de solo. Tais áreas alcançaram os melhores valores globais de métricas, com índices de forma, tamanho e fragmentação, e densidade de bordas mais apropriados. Isto indica que os sistemas agropecuários tradicionais de ocupação do solo não são as melhores alternativas para conservação da paisagem, principalmente ao fazerem uso de técnicas como a de irrigação por pivôs centrais ou mesmo pela prática monocultora, que traz diversos prejuízos ambientais, dentre eles a perda de fertilidade do solo e a escassez da água.

PALAVRAS-CHAVE: ILPF. Agrossilvipastoril. Geoprocessamento.

ANALYSIS OF THE LANDSCAPE SURROUNDING CROP-LIVESTOCK-FOREST INTEGRATION SYSTEMS IN THE BRAZILIAN CERRADO, GOIÁS

ABSTRACT: The Crop-Livestock-Forest (CLF) integration systems were provided as an alternative for improving soil quality, agricultural and livestock productivity where there is traditional pasture or agriculture. In this study, the landscape of three ILPF systems in the Cerrado of Goiás was temporally evaluated over a 10-year period between 2006 and 2016. From Landsat 5 (2006) and Landsat 8 (2016) satellite images 10 km buffers from the properties were created to characterize and analyze areas using maps and metrics of properties and their surroundings. The CLF systems are more environmentally friendly since they are planned and take into account some important factors that structure the landscape, such as relief and soil type.

Such areas achieved the best overall metric values, with the most common shape, size and fragmentation indices, and border density. This indicates that traditional agricultural systems of land occupation are not the best alternatives for landscape conservation, mainly when using techniques such as irrigation by central pivots or even by monoculture practice, which brings several environmental losses, among them the loss of soil fertility and water scarcity.

KEYWORDS: CLF. Agrosilvopastoral. Geoprocessing.

1 | INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro é o ecossistema de savana mais rico do mundo, devido ao elevado grau de endemismo das espécies de flora e fauna que habitam este ambiente (cerca de 40%), potencializadas por um sistema de solos, clima, hidrografia e relevo bastante peculiares dentre os biomas brasileiros (KLINK e MACHADO, 2005; BRASIL, 2015), inclusive pela larga extensão territorial (pouco mais de 2 milhões de km², ao longo de 10 unidades da federação).

Por outro lado, este complexo vegetacional encontra-se bastante ameaçado há várias décadas. Levantamentos do projeto TerraClass Cerrado, referentes ao ano de 2013 (BRASIL, 2015) confirmaram este processo de incorporação do uso do solo pelas atividades agropecuárias, indicando em 50% a perda de áreas nativas (destes, 35% apenas em áreas de pastagens. Cerca de 50 hectares de Cerrado são desmatados a cada hora, endossando o risco de extinção e/ou intensa fragilidade ambiental pelas próximas 4 décadas (FERREIRA et al., 2013; STRASSBURG et al., 2017).

Na perspectiva do agronegócio, as porções de Cerrado no Centro-Oeste brasileiro, juntamente com aquelas na região Nordeste, são reconhecidas como uma das principais fronteiras agrícolas do país (processo iniciado na década de 1970), possivelmente uma das últimas fronteiras em todo o globo terrestre (LAMBIN et al., 2014; STRASSBURG et al., 2017).

Uma alternativa à expansão de áreas de Cerrado para o agronegócio é o sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), que apesar de recente no bioma Cerrado (BALBINO; BARCELLOS; STONE, 2011), a sua utilização vem se mostrando interessante para a recuperação de pastagens degradadas ou com baixa produtividade bovina, em geral associadas ao cultivo de eucalipto. Além de ser uma estratégia para recuperação de pastagens e consequente aumento na produtividade pecuária, há também a possibilidade de compensação das emissões de gases de efeito estufa emitidos pelos animais (BALBINO et al., 2012).

Seja pela expansão da agricultura, seja pela pecuária, ambas atividades agrícolas representam fontes de risco para o Cerrado, ao exceder a utilização de pesticidas e fertilizantes (HEDLUNG; LONGO; YORK, 2020), sobretudo com uma pecuária prioritariamente extensiva e extrativista. Neste caso, em contraponto às práticas monocultoras tradicionais, alguns benefícios dos sistemas de integração, como maior lucratividade, baixos custos

de produção, geração de empregos e preservação ambiental, são elementos altamente importantes para a sustentabilidade no setor agropecuário (MARTINS; REZENDE, 2020).

O sistema ILPF, também chamado agrossilvipastoril, integra componentes como rotação, consórcio ou sucessão em uma mesma área, sendo que o elemento lavoura pode ser utilizado na fase inicial de implantação do elemento florestal, ou em ciclos ao longo do desenvolvimento do sistema. Os sistemas devem ser planejados levando-se em consideração os diferentes aspectos socioeconômicos e ambientais das unidades de produção (BALBINO; BARCELLOS; STONE, 2011).

A ILP proporciona benefícios recíprocos à lavoura e à pecuária, reduzindo as causas da degradação física, química e biológica do solo, resultantes de cada uma das explorações. A introdução do componente florestal em sistemas de integração agropecuária gerou o conceito mais amplo de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), com inúmeras possibilidades de combinação espaço-temporal entre os componentes agrícola, pecuária e florestal, resultando em diferentes sistemas (silvipastoril, silviagrícola, agropastoril e agrossilvipastoril) (KLUTHCOUSKI e STONE, 2003).

Nos sistemas de integração ocorre a complementaridade e a sinergia entre os componentes bióticos e abióticos, de forma que os meios de produção disponíveis possam ser utilizados de maneira mais eficiente. É uma forma de uso da terra ambientalmente adequado e competitivo, que também apresenta vantagens sobre a paisagem.

Apesar de os sistemas mistos de produção agrícola serem mais sustentáveis do que as monoculturas especializadas em produção de grãos e fibra, a adoção do sistema de integração lavoura-pecuária ainda é pequena no Brasil, possivelmente devido ao maior custo de implantação e maior complexidade para manutenção (VILELA et al., 2012).

O estudo desses elementos de uma paisagem, bem como suas interações, constitui-se de grande relevância para proposições de técnicas de manejo e conservação dos remanescentes florestais. Aliadas às técnicas de geoprocessamento, as métricas da paisagem são ferramentas importantes na análise das transformações ocorridas na paisagem em distintas escalas temporais e espaciais, sendo utilizadas na análise do funcionamento e quantificação das mudanças espaciais ocorridas na paisagem (BEZERRA et al., 2011). Elas descrevem e mensuram informações referentes à estrutura da paisagem, permitem a sua comparação, auxiliam na identificação de mudanças ocorridas ao longo do tempo, dentre outras aplicações.

A hipótese deste trabalho é a de que áreas que incorporaram sistema ILPF melhoraram a qualidade ambiental de sua paisagem com relação ao NDVI e aos fragmentos vegetais, como diminuição de fragmentos e aumento da área verde remanescente.

METODOLOGIA

As áreas de estudo estão localizadas no estado de Goiás, nos municípios de

Ipameri, Cristalina e Cachoeira Dourada (Figura 1). Em cada município encontra-se uma propriedade que adota o sistema ILPF, conforme descrito nesta seção.

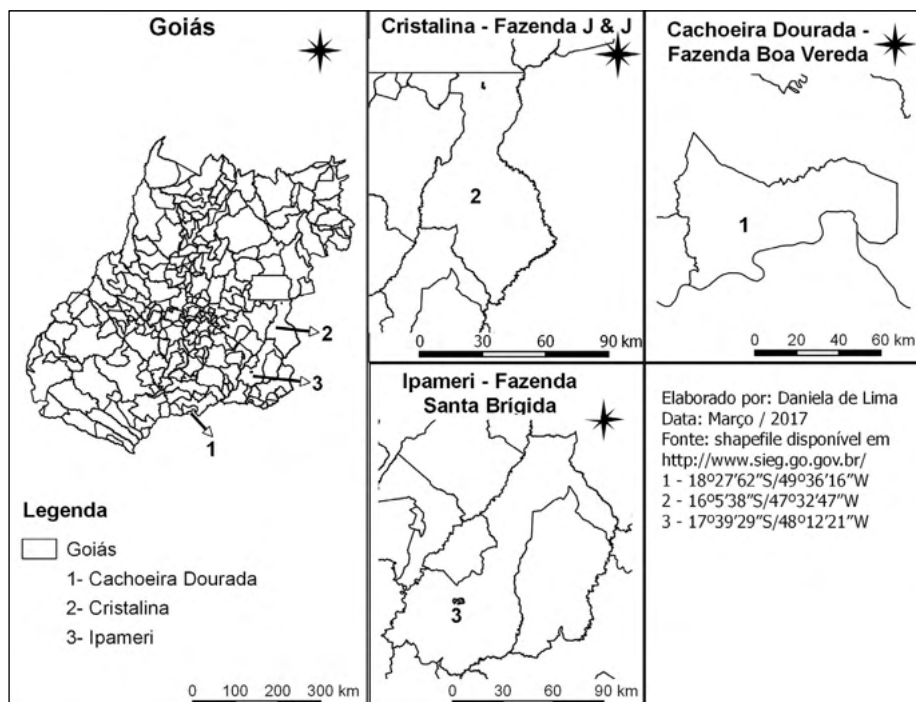


Figura 1: Localização das áreas de estudo no estado de Goiás. Detalhe para cada propriedade contendo sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta.

O município de Ipameri está localizado à latitude de 17° 43' 19" S, longitude 48° 09' 35" W e altitude de 800 m, na mesorregião do Sul Goiano. O solo de Ipameri é classificado como Latossolo Vermelho amarelo, segundo a atual nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018), apresentando textura argilosa.

O município de Cristalina está localizado à latitude 16° 46' 07" S, longitude 47° 36' 49" W e altitude de 1189 m, na mesorregião do Leste Goiano, considerado entorno de Brasília, sendo que a propriedade analisada se encontra no distrito de Campos Lindos. As principais classes de solos reconhecidas na área são Cambissolos, Latossolos Vermelho, Latossolos Vermelho-Amarelos e os Petrolintossolos (UFV/SEPLAN, 2004).

Por fim, o município de Cachoeira Dourada está localizado à latitude de 18° 29' 30" S, longitude 49° 28' 30" W e altitude de 459 m, na mesorregião do Sul Goiano. A região da Cachoeira Dourada é uma paisagem plana formada por uma superfície de aplainamento regional (RPSIVB) com níveis entre 400 e 550 m, com dissecação média, que são características de relevos pertencentes à Bacia do Paraná e, secundariamente, com rochas pré-cambrianas (LATRUBESSE e CARVALHO 2006). Existem basaltos maciços, cinza-

escuros, finos, homogêneos e, às vezes, tonsiloides com disjunções colunares. Existe uma gama de depósitos aluviais não muito extensos e que compreende acúmulos de calha e sedimentos de várzea, compostos por areias finas a grossas, cascalhos e lentes de material silto-argiloso e turfa (GOIÁS, 2020).

As áreas de estudo foram avaliadas pela análise de imagens Landsat 5-TM e Landsat 8-OLI, conforme Tabela 1. Foi determinado um *buffer* de 10 km no entorno de cada uma das propriedades, a fim de se estudar a influência da implantação dos sistemas ILPF em sua região e de testar a hipótese deste trabalho, apresentada na introdução.

As imagens foram analisadas e classificadas manualmente, considerando as classes de uso do solo agricultura, pastagem e área urbana. Desta classificação foram gerados mapas de uso do solo das propriedades e seu raio de 10 Km de entorno, mapas de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Todos os mapas foram elaborados utilizando o programa QGIS, versão 2.18.

A análise de relevo foi realizada com o uso dos dados de SRTM (*shuttle radar topographic mission*) e as classes de declividade dos terrenos foram distribuídas de acordo com a classificação de relevo da Embrapa (EMBRAPA, 1979). A análise da fragilidade física da área de estudo (dissecação) foi baseada em metodologia de Ross (2000), através da comparação das classes de declividade do relevo, que estabelece parâmetros comparativos entre declividade e vulnerabilidade da área, através de cinco classes, variando de muito fraca a muito forte (Ross, 2000). Assim, as categorias clinográficas foram reclassificadas de acordo com as classes de declividade dadas pela Embrapa e serviram de base comparativa para a análise das categorias de fragilidade das áreas de estudo (EMBRAPA, 1979).

Propriedade	Município	Localização	Satélite/ Sensor	Órbita/ Ponto	Data da imagem
Fazenda Santa Brígida	Ipameri-GO	17°29"S 48°12'21"W (fl. 22)	Landsat 8 OLI Landsat 5 TM	221/72	19/06/2016 24/06/2006
Fazenda J & J	Cristalina-GO	16°5'38"S 47°32'47"W (fl. 23)	Landsat 8 OLI Landsat 5 TM	221/71	19/06/2016 24/06/2006
Fazenda Boa Vereda	Cachoeira Dourada-GO	18°27'62"S 49°36'16"W (fl. 22)	Landsat 8 OLI Landsat 5 TM	222/73	26/06/2016 22/07/2006*

Tabela 1 – Dados das propriedades rurais dos satélites/sensores utilizados para análise neste trabalho.

*As imagens Landsat 5 TM desta propriedade foram adquiridas em mês diferente das demais, pelo fato de não haver disponibilidade de imagens neste mesmo mês e sem comprometimento de nuvens.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fazenda J & J - Cristalina – GO

A partir da década de 1970 a chegada de produtores rurais e as condições naturais favoráveis ao cultivo fez com que a agricultura se desenvolvesse na região, tendo sua metodologia baseada principalmente na irrigação. Atualmente a cidade abriga algumas indústrias voltadas para o benefício da produção agrícola. Assim, a economia da região está baseada na produção agrícola, sendo este setor o maior responsável pelo Produto Interno Bruto (PIB) gerado na cidade, além de gerar o maior número de empregos no município.

Observando-se as imagens de satélite e os mapas de uso do solo (Figura 2A-D), detecta-se pequenas mudanças na paisagem ocorridas nessa área, como por exemplo o crescimento da área urbana (edificada), ligeira redução da vegetação nativa, diminuição das áreas agrícolas e aumento das áreas destinadas à pastagem.

Na análise do NDVI (Figura 2E-F) as mudanças na paisagem também são confirmadas, com valores ligeiramente mais altos em 2006, uma vez que a área de estudo estava mais ocupada por plantios temporários/irrigados, sem descartar possíveis variações na sazonalidade entre os dois momentos.

A análise temporal na propriedade J & J e seu entorno demonstra que houve um aumento da utilização de irrigação por pivô central (Figuras 2C-D), entendido como um aprimoramento tecnológico no entorno dessa propriedade na década atual, o que é indicado pelas formas geométricas circulares constantes nas imagens de satélite.

O uso dos pivôs centrais, ou sistema autopropelido de irrigação por aspersão, é aplicado a uma gama extensa de culturas, incluindo hortaliças, forrageiras e gramíneas, estas últimas em associação ao pastejo natural de animais criados extensivamente (JACINTO, 2001). Imagens de satélite são ferramentas apropriadas à identificação de tais sistemas, devido ao formato específico que estes conferem à paisagem, representados de maneira bem definida, o que pode ser observado na Figura 2.

De acordo com o mapa gerado por NDVI relativo ao ano de 2006 (Figura 2E), observa-se à noroeste da área pesquisada extensa região em vermelho, com índice de -0.02, demonstrando se tratar de áreas com vegetação estressada/seca ou ralas, provenientes de solo exposto/preparado para o cultivo, inclusive nos locais com utilização de pivô central.

Nas áreas de vegetação nativa, principalmente relativas à vegetação ripária, observa-se tonalidade de verde, demonstrando a pequena expressividade da cobertura nativa (Figura 2E), além da sua distribuição esparsa, não havendo grandes concentrações desta classe no recorte estudado. Nas áreas referentes aos sistemas de integração observou-se um NDVI com valor de 0,18, evidenciando o baixo índice de área plantada durante o ano de 2006, tratando-se possivelmente de um período de preparo da terra para plantio (Figura 2E).

Já nos mapas relativos ao NDVI de 2016 (Figura 2F), a porção leste da área estudada aparece com maior ocorrência de baixos índices de vegetação, enquanto a região noroeste,

outrora com menores índices, neste recorte temporal demonstra melhoria principalmente pelas áreas que receberam culturas irrigadas. As áreas com pivô central em toda porção do recorte estudado apresentaram cobertura mais vigorosa (NDVI de 0,5), dada a resposta da vegetação à irrigação. Neste período, os dados relativos à vegetação nativa (Figura 2F) são evidenciados principalmente na porção nordeste da área estudada, onde observa-se a perda de índice desta classe.

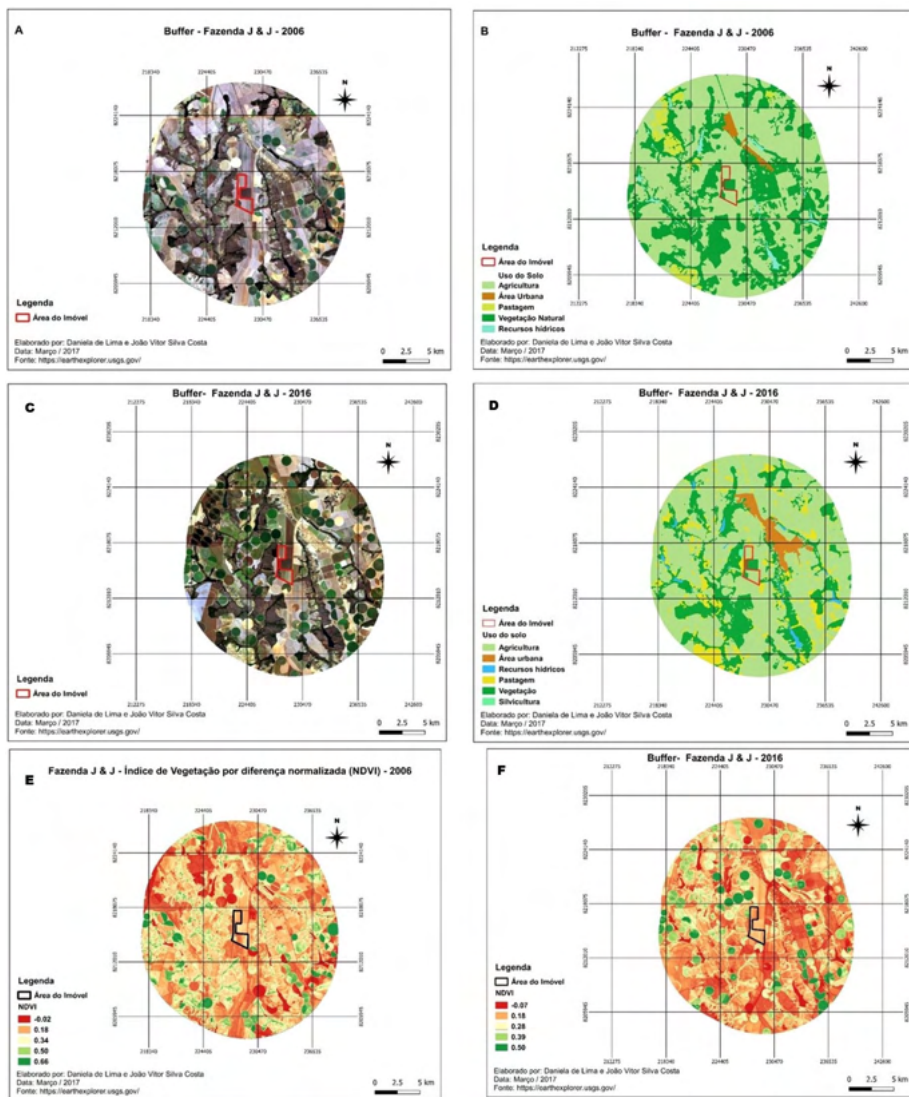


Figura 2: Entorno da Fazenda J & J em 2006 e 2016, com buffer de 10 km. (A, C: satélite; B, D: Uso do solo). Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para o entorno da Fazenda J & J, com buffer de 10 km (E: ano de 2006; F: ano de 2016).

De maneira geral, observou-se um decréscimo nos índices de vegetação para o período estudado, sendo que o valor relativo à maior cobertura vegetal em 2006 sofreu decréscimo em 0.16, enquanto as áreas que já apresentavam maior fragilidade vegetacional diminuíram mais 0.05 pontos em seu NDVI (Figura 3).

Os gráficos relativos às médias anuais de NDVI entre 2006 e 2016 indicam que os índices da propriedade, se comparados a pontos de vegetação natural e pastagem em seu entorno, apresentaram valores melhores, demonstrando cobertura vegetal mais efetiva dentro do sistema ILPF (Figura 3).

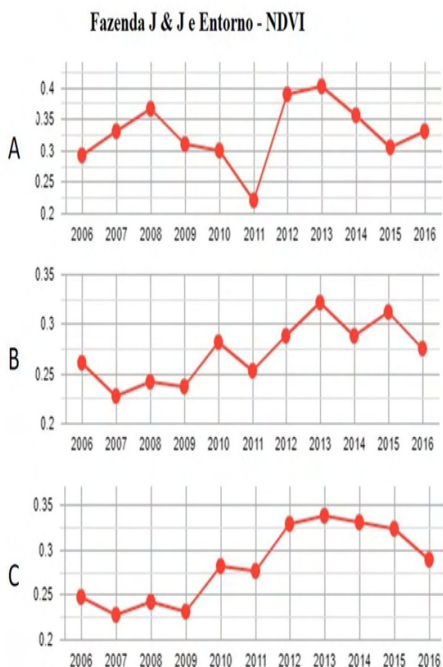


Figura 3: Variação dos valores de NDVI – Fazenda J & J (A) e pontos amostrais no entorno em Cristalina, Goiás (B: vegetação; C: pastagem convencional) em série temporal entre 2006 e 2016.

Fonte: Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento – LAPIG/UFG.

A Tabela 2 apresenta os dados relativos às métricas da paisagem analisada para os anos 2006 e 2016, respectivamente. O campo **NumP (Number of Patches)** apresenta um aumento expressivo da fragmentação da paisagem de 2006 para 2016, principalmente nas áreas de pastagem, de 22 para 420 fragmentos (19 vezes para o número de fragmentos de paisagem). Em relação à classe agricultura, houve também o aumento dos fragmentos de 781 para 1472 manchas. Como consequência, a vegetação natural no período analisado perdeu 93 fragmentos (Tabela 2).

Se compararmos tais índices com os mapas de uso de solo dos períodos analisados

(Figuras 2B e 2D), percebe-se uma diminuição das áreas destinadas à agricultura e à vegetação nativa, com o aumento de áreas destinadas ao pasto. Pode-se afirmar que as áreas relativas à ocupação agrícola visivelmente perderam homogeneidade e foram fragmentadas pela formação de segmentos convertidos em pasto.

A área da classe (CA), aponta que a vegetação nativa do entorno da Fazenda J & J sofreu perda de 96 fragmentos de área, expressos por uma área de classe de 4741,74 ha no período analisado (Tabelas 2). Por outro lado houve avanço das pastagens, com aumento de área de 1155,96 ha em 2016 e da agricultura com aumento de 2732,92 ha no mesmo período.

A métrica de borda (**Edge Density, ED**) indica que no recorte temporal estudado para o *buffer* da Fazenda J & J, o elemento que possui maior extensão e melhor forma é a agricultura, assim, exercendo maior influência nos processos ecológicos da paisagem. Observa-se maior significância da densidade de bordas no ano de 2006, principalmente da vegetação nativa (Tabela 1). No ano de 2016 nota-se que a área que mais sofreu aumento foi a pastagem com ED passando de 10,63% para 22,95% (Tabela 2).

As métricas da paisagem que compõem a Fazenda J & J e seu *buffer* indicam que em 2006 a agricultura era a classe com maior área (CA = 25.638,88), e também a mais fragmentada (781 manchas), apresentando densidade de bordas de 10,56%, com fragmentos de tamanho médio de 328,28 m e com a mais alta variação em tamanhos do *buffer* neste ano (PSCoV = 400,79), indicando que existem diversos fragmentos com tamanho acima desta média de 328,28 m.

O índice de forma dos fragmentos relativos ao entorno da Fazenda J & J (Tabela 2) sofreu diminuição no recorte temporal analisado, o que poderia ser justificado pelo aumento da implantação de pivôs, que promovem a marca circular na paisagem. Em 2006 houve o predomínio de fragmentos da ocupação agrícola (NumP = 781), mantendo-se com o maior número de fragmentos em 2016 (NumP = 1472). O índice de tamanho médio dos fragmentos (**MPS**) indica que, em 2006, as classes de agricultura e vegetação nativa tiveram valores mais baixos que os da pastagem, mas o coeficiente de variação das duas classes (**PSCoV**) indica uma grande variabilidade do tamanho médio das manchas destas classes, mostrando que existem vários fragmentos acima desta média, fator que se repete nos dados obtidos para o ano de 2016.

Métricas da paisagem - *Buffer* Fazenda J & J

Ano	Classe	NumP	CA (ha)	ED (%)	MSI	MPS (m)	PSCoV (%)
2006	Agricultura	781	25638,88	10,56	1,94	328,28	400,79
	Pastagem	22	1403,46	10,63	2,34	637,93	172,89
	Vegetação	499	14571,00	12,66	2,02	292,00	384,27

2016	Agricultura	1472	28371,80	12,94	1,90	19,27	330,18
	Pastagem	420	2559,42	22,95	1,78	6,09	336,42
	Vegetação	406	9829,26	12,82	1,92	24,21	464,40
	Silvicultura	7	85,61	12,66	1,58	12,22	168,08

Tabela 2: Métricas da paisagem - Entorno da Fazenda J & J (Cristalina, Goiás) 2006 e 2016.

NumP = número de fragmentos; CA = área de classe; ED = densidade de bordas; MSI = índice de circunferência; MPS = tamanho médio das manchas; PSCoV = Coeficiente de variação

A vegetação mostrou-se mais vulnerável em relação ao índice de circunferência, tanto em 2006 (2,02) quanto em 2016 (1,92). A associação das métricas que indicam tamanho e forma são indicadores da intensidade dos efeitos de bordas, no caso da vegetação do entorno da Fazenda J & J, observamos que em 2016 houve diminuição dos fragmentos de vegetação nativa, com coeficiente de variação alto, aliados a um índice de circunferência de 1,92%.

Os indicadores obtidos demonstram que os fragmentos de vegetação nativa diminuíram, possuem formato alongado, alcançando portanto, efeitos de bordas mais intensos. Os efeitos de fragmentação do hábitat são controlados por dois processos principais: os efeitos internos nos fragmentos ligados à formação de borda de floresta e a influência externa do hábitat matriz na dinâmica do fragmento (GASCON et al., 2001). A zona de bordas está altamente exposta a ventos, diferenças micrometeorológicas acentuadas em pequenos espaços, facilidade de acesso para o gado, animais domésticos e caçadores, e também reflete negativamente na própria fertilidade do solo (BARRETO-GARCIA, SCORIZA, PAULA, 2019).

Em relação ao relevo da área de estudo, avaliada com os dados SRTM, a menor altitude da área do *buffer* da Fazenda J & J, com base na cota clinográfica, foi de 890 m, e a maior de 1047 m, apresentando amplitude altimétrica de 157 m, subdivididas em 9 classes hipsométricas, com relevo mais plano e elevado na região norte. A média da altitude no *buffer* é de 983,69 m, enquanto que na propriedade esta fica entre 977 e 1012 m, com relevo médio classificado entre plano, suave ondulado e ondulado (0 a 20% de declividade). A maior parte das vertentes estão voltadas para o oeste, sendo este relevo marcado por maiores elevações, porém planificado, característico de áreas de planalto.

No entorno da propriedade rural estudada, observa-se a predominância de relevo ondulado e forte-ondulado (8 a 45%), representada pelas áreas com menores declividades, características de depressões intermontanas, que correspondem à superfícies rebaixadas e suavemente dissecadas, com altitudes médias que chegam a 700 m (CASSETI, 2005).

A área do *buffer* se encontra sobre Sistemas Agradacionais e Sistemas Denudacionais, que, de acordo com o Mapa Geomorfológico do Estado de Goiás (2005), são as formações geomorfológicas predominantes no estado de Goiás. Os maiores graus de declividade das encostas estão em áreas com menores altitudes.

De acordo com as categorias de declividade/fragilidade, a área onde está localizada

o sistema agropastoril analisado possui muito baixa fragilidade com relação à ocupação; já a grande parte do *buffer*, que compete ao entorno da propriedade, demonstra alto grau de fragilidade para ocupação, principalmente quando se observa a ocupação agrícola em 2006 de áreas com relevo forte-ondulado, onde o grau de fragilidade é forte ou muito forte (ROSS, 2000).

A substituição da agricultura pelos pastos ao longo da década analisada foi uma alternativa ao uso do solo, devido à fragilidade agrícola demonstrada em áreas de encostas. Por outro lado, tais áreas estariam mais estáveis se mantidas com a cobertura do solo original. A declividade da área, associada aos resultados obtidos com as métricas da paisagem indicam que a migração de espécies de mamíferos é viável devido à incidência de corredores de vegetação natural, que são responsáveis pela circulação de espécies. A interposição de barreiras promove mudança na dinâmica da população remanescente, impedindo sua circulação territorial e conseqüentemente, o movimento colonizatório.

As métricas geradas para o *buffer* da fazenda J & J indicam que o tamanho dos fragmentos de vegetação natural, tanto em 2006 quanto em 2016 suportam uma fauna de mamíferos de médio porte, além de possuírem extensões de corredores de vegetação natural suficientes para promover a dispersão destas espécies, sendo possível a troca de fauna.

Comparando as métricas obtidas entre 2006 e 2016, observa-se que houve intensa fragmentação da paisagem na área do *buffer* de entorno da Fazenda J & J, com práticas de uso e ocupação do solo inadequadas para a composição do relevo, como a produção agrícola em áreas de fragilidade muito forte e também a conversão destas áreas agrícolas em pasto. Houve a manutenção de vegetação nativa principalmente em áreas onde o relevo apresenta declividade acima de 75%. Isso se deve ao fato de tais áreas exigirem um manejo mais oneroso para ocupação agrícola, tanto pela declividade, quanto pelo tipo de solo, uma vez que são predominantemente ocupadas por Petroplintossolos (característico de relevos mais movimentados) e Cambissolos, mais suscetíveis à erosão (OLIVEIRA et al., 2014).

Fazenda Boa Vereda – Cachoeira Dourada - GO

Na Fazenda Boa Vereda, o sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta foi implantado em 2009, tendo sido implantado em um pasto extremamente degradado, cultivo de eucalipto, soja, milho e capim, além da atividade de pecuária. Através do processamento e da análise visual e quantitativa das imagens de satélite referentes à propriedade e seu entorno (Figura 4), foi observado que a paisagem sofreu expressiva modificação antrópica. Em 2016 vê-se o crescimento razoável da área urbana, além da manifestação de áreas de silvicultura. As áreas de pasto em 2016 se mostram, em grande parte, transformadas em áreas agrícolas voltadas ao cultivo da cana-de-açúcar, fator que pode ser explicado pela instalação de várias usinas sucroalcooleiras em Cachoeira Dourada (GO).

Com relação aos recursos hídricos, foi observada a diminuição de 0,56% na área do

buffer (Figura 4C-D). O arrendamento de terras realizado pelas usinas de cana-de-açúcar favorece o esgotamento dos nutrientes do solo e outros recursos ambientais, como a água, áreas de reservas e de proteção permanente, fator este que pode explicar a redução dos recursos hídricos do *buffer* dentro do espaço temporal analisado (PAULA, 2016).

Um fato a ser destacado é o aumento das áreas que comportam vegetação nativa, demonstrando que, no *buffer* analisado, as áreas que outrora se destinavam à ocupação por pasto foram convertidas em agricultura, enquanto as áreas de Cerrado nativo foram ampliadas em 1,06% (Figura 4C-D). Nesse recente processo de expansão do cultivo da cana-de-açúcar, a maioria das terras eram ocupadas por agricultura de grãos e pecuária, o que vem promovendo disputas por terras nesta região entre a cana, grãos e pastagens, e demonstrando a maior preferência por áreas já convertidas, e menor por áreas com vegetação nativa (CASTRO et al., 2010).

A análise visual dos mapas de NDVI para a fazenda Boa Vereda e seu entorno (Figura 4E-F) indica decréscimo desse índice no período analisado. O mapa gerado para 2006 (Figura 4E) apresenta a maior pontuação do NDVI em 0,70, enquanto que em 2016 (Figura 4F) tem-se o maior índice em 0,37. De forma geral, a área do *buffer* sofreu queda em seus índices de vegetação em toda sua extensão (Figuras 4-5).

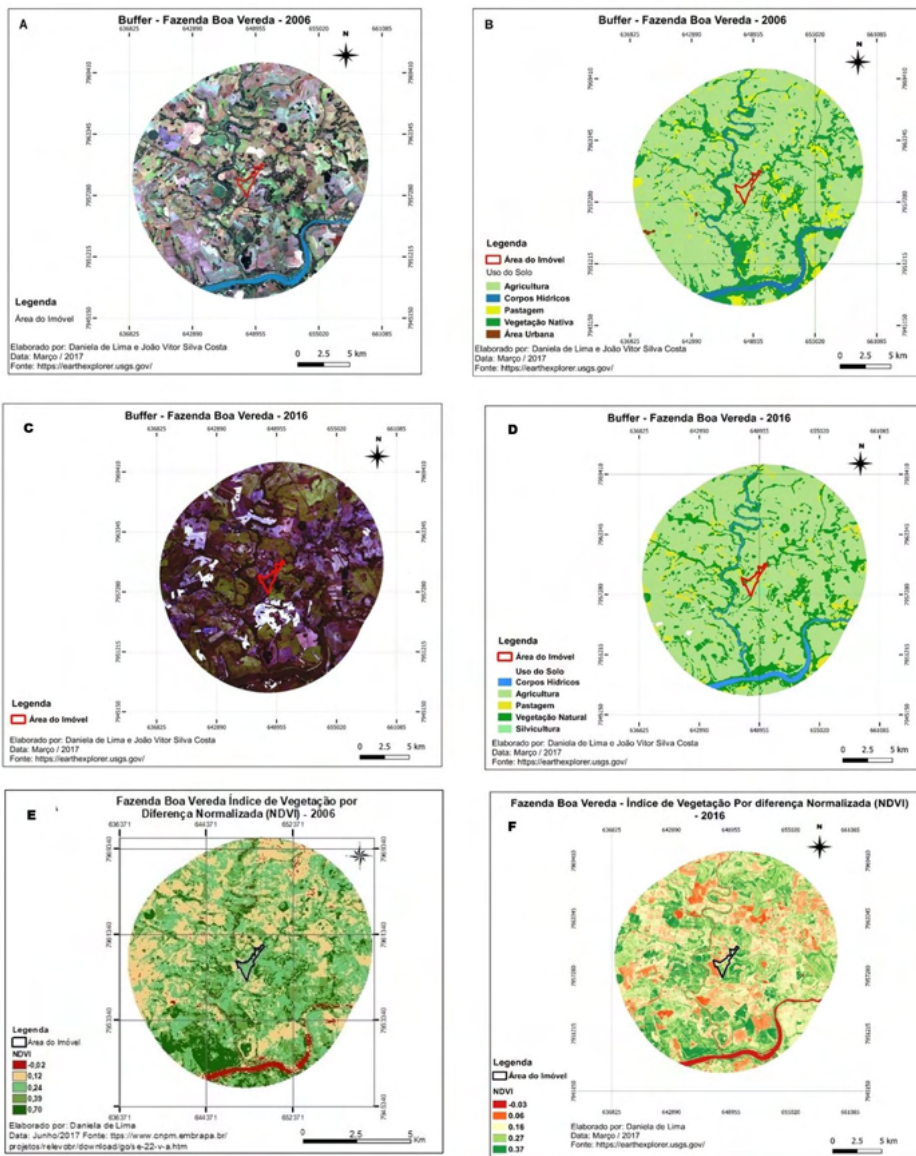


Figura 4: Entorno da Fazenda Boa Vereda em 2006 e 2016. (A,C: satélite; B,D: Uso do solo). Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para o entorno da Fazenda Boa Vereda. (E: ano de 2006; F: ano de 2016).

Antes da implantação do sistema ILPF na área da Fazenda Boa Vereda ainda não era realizada a silvicultura e o NDVI deste período traz um índice geral de 0,24 pontos (Figura 5A). Em 2016 o NDVI passa a variar entre 0,37 (nas áreas com silvicultura, agricultura e vegetação nativa) e 0,16 nas áreas de pasto (Figura 5), demonstrando melhores índices de vegetação. Os dados relativos às médias anuais de NDVI entre 2006 e 2016 indicam que após a implantação do sistema de integração (2009), houve melhora nos índices de NDVI se

comparados a pontos de vegetação natural e pastagem em seu entorno.

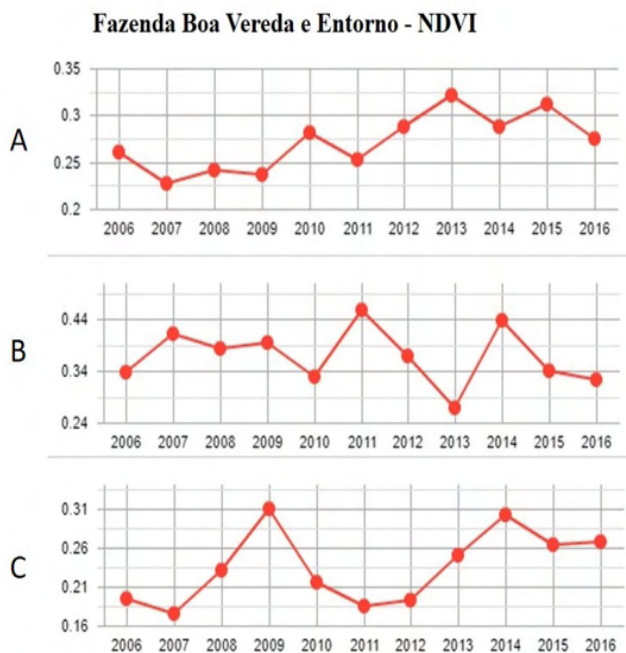


Figura 5: Variação dos valores de NDVI – Fazenda Boa Vereda (A) e pontos amostrais no entorno em Cachoeira Dourada, Goiás (B: vegetação; C: pastagem convencional) em série temporal entre 2006 e 2016.

Fonte: Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento – LAPIG/UFG.

Nas métricas geradas para a *buffer* da Fazenda Boa Vereda (Tabela 3) há diminuição do número de manchas de vegetação nativa, assim como a densidade de suas bordas (ED). Em contrapartida, estas manchas passaram a ocupar um maior percentual de área que em 2006. Em 2016, o índice de circunferência dos fragmentos de vegetação (MSI) sofreu leve aumento, assim como o tamanho médio das manchas (MPS) e o coeficiente de variação da classe (PSCoV), que foi a maior de todas as classes em 2016 (620,58%), mostrando que há muitos fragmentos com tamanho acima da média do valor encontrado através do MSI.

Corroborando com o que já havia sido indicado pelos mapas de uso de solo, as áreas destinadas à agricultura foram ampliadas, substituindo os espaços ocupados até então por pastagens. Acompanhando esta tendência, o número de manchas (NumP) da classe agrícola sofreu vertiginoso aumento, enquanto que as manchas da classe pastagem diminuíram. Em 2006, os pastos apresentavam grande variação no tamanho médio dos fragmentos (758,29%), variação esta que também sofreu redução em 2016.

Em 2016 houve o surgimento da silvicultura, registrando 3 fragmentos desta classe de uso do solo (Tabela 3). A área ocupada por esta classe está em torno de 186,20 ha,

apresentando os menores valores de densidade de borda (ED) em todo período analisado, enquanto que seu índice de forma é o maior de todo o período, indicando maior retalhamento e, conseqüentemente, maior fragilidade em relação à interação com a matriz. O tamanho médio de seus fragmentos (MPS) é também o maior das classes dentro do período, com variação desta média (PSCoV) sendo a mais baixa encontrada, ou seja, não há grande variabilidade entre o tamanho das três manchas de silvicultura encontradas.

Apesar do aumento das áreas que comportam a vegetação nativa, é importante observar a queda nos Índices de Vegetação por Diferença Normalizada, uma vez que em 2016 o NDVI desta classe era de 0,70, caindo para 0,37 em 2016, apontando perda de densidade da vegetação nativa.

Métricas da paisagem - Buffer Fazenda Boa Vereda - 2006							
Ano	Classe	NumP	CA (ha)	ED (%)	MSI	MPS (m)	PSCoV (%)
2006	Agricultura	283	11021,20	32,52	2,15	38,94	308,57
	Pastagem	697	20365,90	61,39	1,89	29,21	758,29
	Vegetação	463	8308,26	32,98	1,90	17,94	439,05
2016	Agricultura	907	21432,15	54,03	1,81	23,62	584,19
	Pastagem	434	9922,14	30,21	1,88	22,86	379,28
	Vegetação	398	8532,09	31,00	1,92	21,43	620,58
	Silvicultura	3	186,20	1,72	2,92	62,06	50,45

Tabela 3: Métricas da paisagem - Entorno da Fazenda Boa Vereda (Cachoeira Dourada - GO) em 2006 e 2016.

NumP = número de fragmentos; CA = área de classe; ED = densidade de bordas; MSI = índice de circunferência; MPS = tamanho médio das manchas; PSCoV = Coeficiente de variação

Representando os níveis de dissecação do relevo, a análise hipsométrica da fazenda Boa Vereda e seu entorno mostra que a área está entre 377 e 630 m de altitude, com amplitude altimétrica de 253 m, subdivididas em 9 classes hipsométricas, com observação de relevos mais planos e rebaixados nos espaços por onde correm os rios que drenam o *buffer*.

A Fazenda Boa Vereda está entre 390 e 480 m de altitude, tendo a média da altitude no *buffer* em torno de 443,33. A propriedade apresenta relevo classificado entre plano e suave-ondulado (0 a 8% de declividade), enquanto que seu *buffer* apresenta, além do relevo classificado como plano e suave-ondulado, também relevo ondulado, alcançando o máximo de 20% de declividade, o que lhes confere muito baixa, baixa e média categoria de fragilidade de dissecação/erosão (ROSS, 2000); conseqüentemente, tal forma de relevo denota aptidão do solo para boa parte do *buffer*, uma vez que o risco de erosões na área é menor. Tais números corroboram a afirmação de Borges (2011), quando este explica que essas áreas

possuem alta aptidão agrícola para o plantio da cana, construída a partir das demandas da planta e também do mercado, e mais uma vez indicando a motivação na mudança de uso do solo em grandes áreas do *buffer* dentro deste recorte temporal.

De forma geral, os tamanhos médios dos fragmentos das classes de uso do solo do *buffer* da Fazenda Boa Vereda são pequenos com intensa variação de sua média. Somados aos elevados índices de forma, que é o caso da propriedade, os pequenos fragmentos indicam que no local existe acentuado efeito de borda. A área possui pequenos e esparsos fragmentos de vegetação nativa, havendo a incidência de alguns corredores de vegetação natural, principalmente de mata ciliar.

O relevo desta área é formado por dissecações tabulares e elevações de topo plano, com baixa declividade, geralmente interrompidas por relevos residuais de topos tabulares e níveis topográficos, embutidos na superfície geral dos planaltos. As áreas com relevos residuais correspondem aos morros “testemunhos” areníticos da Formação Marília, que são arenitos agregados por cimento de carbonato de cálcio e/ou argilas, o que lhes conferem maior resistência em relação ao intemperismo e à erosão (LATRUBESSE; CARVALHO, STEVAUX, 2005).

Fazenda Santa Brígida – Ipameri – GO

Na Fazenda Santa Brígida e seu entorno (Ipameri, Goiás), há a indicação de significativas modificações na paisagem, detectadas pelo processamento e análise das imagens de satélite (Figura 6A-D), evidenciando uma conversão das áreas agrícolas e de Cerrado em pastagens, semelhante ao observado no entorno da Fazenda J & J (Figura 2).

A Fazenda Santa Brígida adota o sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta desde o ano de 2006, sendo implantado em um pasto degradado, através do plantio inicial de soja e milho. Após três anos foi incorporado o componente florestal ao sistema através do plantio de eucalipto. Em 2016 houve crescimento da área urbana e o surgimento de áreas de silvicultura, através do plantio de *Eucalyptus*, tanto na propriedade quanto fora dela, principalmente nas porções leste e noroeste do *buffer* (Figura 6A-B).

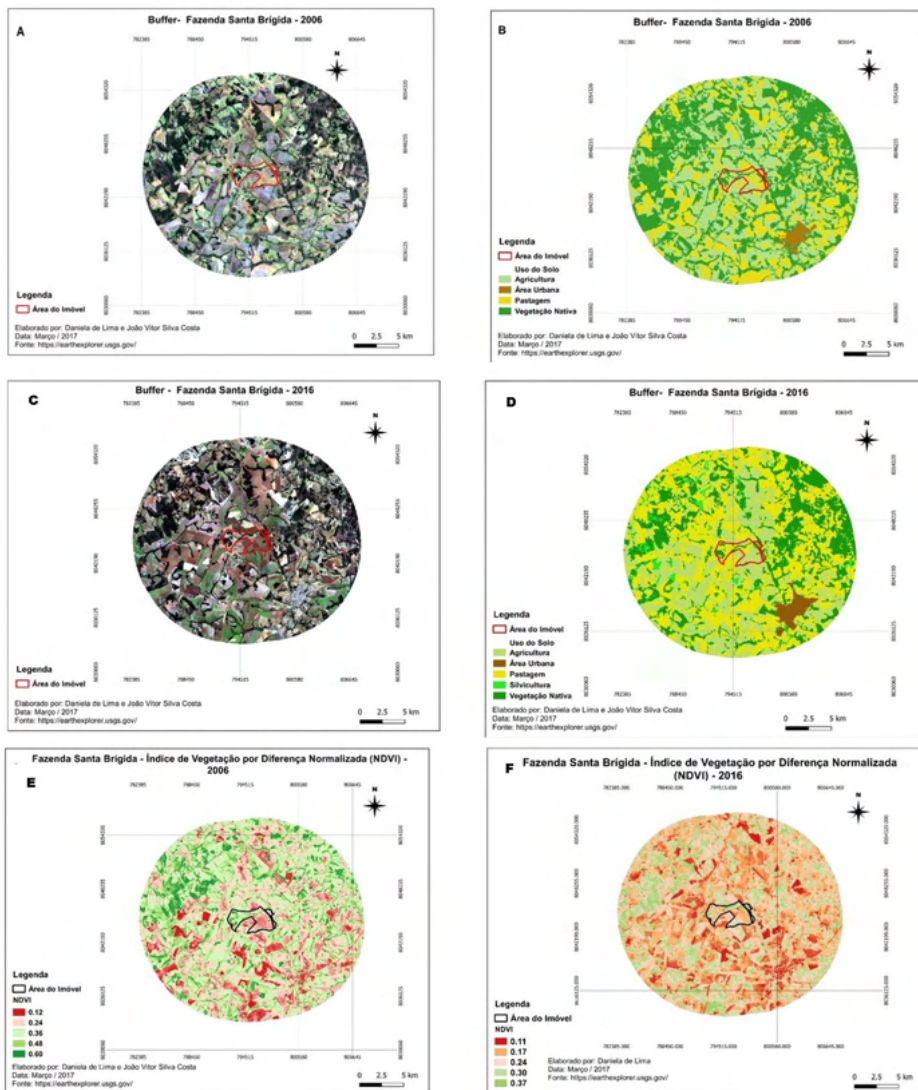


Figura 6: Entorno da Fazenda Santa Brígida em 2006 e 2016. (A: satélite; B: Uso do solo). Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para o entorno da Fazenda Santa Brígida (E: ano de 2006; F: ano de 2016).

Dentro do recorte temporal desta pesquisa, a mudança que se mostrou mais expressiva no *buffer* foi a modificação no uso do solo, onde em 2006 abrigava Cerrado e culturas agrícolas, e com áreas mais expressivas com pastagem em 2016 (Figura 6). Apesar da redução do uso do solo em áreas de cultivo agrícola, em 2016 (Figura 6C) foram detectadas duas propriedades a sudoeste do *buffer*, que fazem uso de irrigação por pivô central, o que não foi identificado nas imagens que competem ao ano de 2006 (Figura 6A). Em quase toda a extensão do *buffer* houve perda de vegetação nativa, sendo que os maiores fragmentos de

Cerrado (2016) estão localizados a nordeste da área de estudo, foram convertidos a pasto. As porções que foram convertidas em silvicultura são áreas que em 2006 abrigavam culturas agrícolas.

As análises relativas ao NDVI para esta propriedade e seu entorno demonstram que houve perda nos índices de vegetação no recorte temporal estudado (Figura 7). Na área total do *buffer* no ano de 2006 havia mais fragmentos com valores maiores de NDVI do que em 2016 (Figura 6E-F).

No ano de 2006 foi observado que havia apenas um fragmento de pasto localizado ao norte da propriedade na Fazenda Santa Brígida. Dez anos depois este fragmento foi convertido em área agrícola. Os valores de NDVI saltaram de 0,24 em 2006 para 0,30 em 2016 (Figura 6A-B). Com exceção desta área de pasto convertida em agricultura, de forma geral observa-se no restante da propriedade uma relativa perda de vegetação nativa (Figuras 6A-D), o que é comprovado também pelos índices de NDVI, caindo de 0,6 em áreas com maior índice vegetacional (2006) para 0,37 (2016), acompanhando a dinâmica do entorno (*buffer*) (Figuras 6E-F).

Tanto dentro da propriedade quanto fora dela, áreas destinadas à silvicultura foram as que apresentaram os melhores índices de vegetação (0,30) no ano de 2016, abaixo apenas das áreas com vegetação nativa (0,37) (Figura 6F).

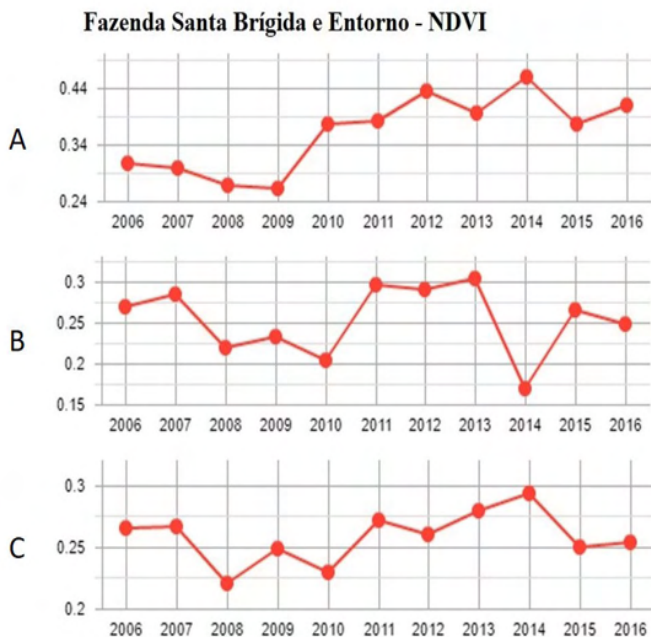


Figura 7: Variação dos valores de NDVI – Fazenda Santa Brígida (A) e pontos amostrais no entorno em Ipameri, Goiás (B: vegetação; C: pastagem convencional) em série temporal entre 2006 e 2016.

Fonte: Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento – LAPIG/UFG.

Nos três primeiros anos (2006/2009) de implantação do sistema o índice de vegetação era baixo (Figura 7), já a partir de 2009, quando houve a inserção do componente florestal, observa-se aumento no índice de vegetação, indicando a melhoria após a implantação das árvores ao sistema. Apesar de ser a classe mais fragmentada neste período, a vegetação natural se mostra como a matriz da paisagem deste *buffer*, fator até então inédito neste estudo (Tabela 4).

A pastagem se destacou como a maior área de classe (CA) em 2016, mas a vegetação nativa ainda se mostrou como elemento predominante desta paisagem, com melhor riqueza de estrutura, uma vez que sua densidade de bordas (ED) se manteve como a maior dentro do período (44,71%), e com índice de circunferência (MSI) de 1,82 (Tabela 4), enquanto que a pastagem apresentou densidade de bordas de 42,47% e índice de forma de 2,04. Em 2006 a pastagem se mostrava bastante fragmentada, com pequenas manchas distribuídas pela área de estudo, enquanto que em 2016 a área desta classe se tornou mais homogênea, com a ocupação de um espaço maior por manchas maiores, e o índice de forma dos fragmentos subiu de 1,82 (2006) para 2,04 (2016) (Tabela 4).

A silvicultura, que era inexistente em 2006, aparece em 2016 com número de fragmentos (NumP) maior que o da pastagem, mas com área (CA) bastante inferior, com tamanho médio das manchas pequeno (MPS), e com a variação deste tamanho médio menor do que todas as classes (PSCoV = 172,41%); isso indica que a classe é bastante fragmentada, com pequenos fragmentos espalhados pelo *buffer*.

De forma geral, de 2006 para 2016 a agricultura sofreu redução de área (Figuras 6B, D), com fragmentos menores em seu tamanho médio (MPS) e em sua variação (PSCoV), além de ter seu índice de forma também reduzido de 2,05 para 1,77, medidas que indicam uma classe com manchas menores e mais fragmentada.

Métricas da paisagem - Buffer Fazenda Santa Brígida - 2006							
Ano	Classe	NumP	CA (ha)	ED (%)	MSI	MPS (m)	PSCoV (%)
2006	Agricultura	734	16530,70	52,73	2,05	22,52	495,68
	Pastagem	473	11720,20	29,46	1,82	24,77	252,55
	Vegetação	1494	18095,80	73,42	1,98	12,11	394,94
2016	Agricultura	1022	13239,20	39,82	1,77	12,95	437,24
	Pastagem	351	19913,00	42,47	2,04	56,73	506,45
	Vegetação	1078	11234,50	44,71	1,82	10,42	316,42
	Silvicultura	363	1624,59	8,86	1,64	4,47	172,41

Tabela 4: Métricas da paisagem do entorno da Fazenda Santa Brígida (Ipameri - GO) em 2006 e 2016.

NumP = número de fragmentos; CA = área de classe; ED = densidade de bordas; MSI = índice de circunferência; MPS = tamanho médio das manchas; PSCoV = Coeficiente de variação.

As formas de relevo da área estão localizadas em uma transição entre duas bacias sedimentares (Bacia Sedimentar do Paraná e Bacia Sedimentar do Araguaia-Tocantins), pertencentes ao Planalto Rebaixado de Goiânia e ao Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba, predominando as formas de morros intercalados com planícies fluviais, colinas e topos planos (GOIÁS, 2005). De acordo com os padrões de texturas estabelecidos por Latrubesse, Carvalho e Stevaux (2005), a análise visual comparativa determinou que o padrão de dissecação do *buffer* da Fazenda Santa Brígida é considerado forte.

Conforme as categorias de declividade/fragilidade propostas por Ross (2000) e com a reclassificação das classes de declividade dadas pela Embrapa (1999), a área onde está localizada a Fazenda Santa Brígida possui três níveis de fragilidade com relação à ocupação, sendo que a maior porção da propriedade vai de *muito baixa* ou *baixa fragilidade* à ocupação, sendo sua porção leste, mais próximo de seu limite, que apresenta médio grau de fragilidade em relação à ocupação. Assim como a propriedade, sua área de entorno (*buffer*) também apresenta três graus de fragilidade para ocupação: muito baixo, baixo e médio, sendo as maiores porções relativas à média fragilidade localizadas nas porções leste, nordeste e noroeste da área de estudo.

Os mapas de uso do solo do *buffer* da Fazenda Santa Brígida em 2016 (Figura 6D) apontam para a ausência de corredores dentre os fragmentos florestais, com ilhas de vegetação natural esparsas ao longo do *buffer*. O aparecimento de barreiras na paisagem modificada altera a dinâmica populacional das espécies sobreviventes, comprometendo a sua mobilidade e capacidade de migração. De acordo com Pereira e Cestaro (2016), paisagens com a existência de corredores possuem significativo movimento de espécies entre manchas. A presença de novos habitats matriz (por ex. pastagens) pode limitar a dispersão, movimentos e colonização.

Nos mapas dos anos de 2006 e 2016 (Figura 6B, D) a densidade de bordas é alta, assim como o índice de forma, fatores que são negativos à conservação. Estes fatores indicam a haver um intenso efeito de borda, gerando isolamento dos habitats e das populações nestes locais devido às modificações acentuadas provocadas por este efeito (PRADO et al., 2017).

A análise clinográfica do *buffer* da Fazenda Santa Brígida indicou haver variação de 696 m a 942 m, com amplitude altimétrica de 246 m, subdivididos em 9 classes hipsométricas. A propriedade situa-se na faixa de 808-942 m de elevação, com as faixas com maiores altitudes distribuídas entre a região norte e central do *buffer*, alcançando a porção oeste já no limite da propriedade. O relevo mais ondulado se concentra nas regiões leste, nordeste e noroeste.

As áreas mais planas, com pouca rugosidade e menor dissecação, são menos suscetíveis à erosão, estando uma parte generosa da propriedade compreendida dentro destas especificações. O relevo médio do *buffer* está classificado entre plano, suave-ondulado e ondulado (0 a 20% de declividade).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados obtidos no período 2006-2016, nas três áreas de estudo, demonstram que as áreas que abrigam sistemas de ILPF apresentam melhor eficiência ambiental. Ao sofrerem menor fragmentação de classes, também sofrem menor fragmentação de habitats, fator considerado ambientalmente positivo, pois fragmentos maiores apresentam maior diversidade, sendo este tamanho um condicionante de maior riqueza de espécies.

As áreas em ILPF mantiveram, de forma geral, menores densidades de bordas em relação aos apresentados pelas áreas do entorno (*buffers*) às propriedades, indicando menor suscetibilidade à queimadas e desmatamentos, por exemplo. Essas áreas apresentaram melhores índices de forma, demonstrando formatos mais regulares, com menos reentrâncias que as áreas do entorno (*buffers*) às propriedades.

Proporcionalmente, os tamanhos médios dos fragmentos das propriedades em ILPF apresentaram melhor valor que os das áreas dos *buffers*, com menor variação nesta medida.

Para o ano de 2016, os índices de vegetação por diferença normalizada (NDVI) adquiridos dentro das propriedades que adotam os sistemas de integração se mostraram mais satisfatórios que em áreas com agricultura ou pastagem em seu entorno, exceto algumas áreas que utilizam irrigação por pivô central (cujo NDVI é normalmente mais alto mesmo com cultivos devido à irrigação).

Pode-se afirmar que a configuração de uso do solo para os elementos que compõem as paisagens que comportam os sistemas de integração é adequada, demonstrando que, apesar dos pontos de atenção já citados, o sistema promove boa interação quando estabelecido em condições adequadas à estrutura da paisagem.

Apesar dos modelos de sistemas de integração existentes no Brasil serem moldados a partir do plantio de árvores vindas de outros países, sendo o caso do eucalipto (*Eucalyptus urograndis*), os sistemas de integração são mais sustentáveis que aqueles voltados à agricultura e pecuária tradicionais.

REFERÊNCIAS

BALBINO, L.C.; BARCELLOS, A.O.; STONE, L.F. (Ed.). Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta. Brasília: **Embrapa**, p. 130. 2011.

BALBINO, L. C. CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; GALERANI, P. R.; VILELA, L. Agricultura sustentável por meio da integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF). **Informações Agronômicas**, v. 138, p. 1-18, 2012.

BARRETO-GARCIA; P. A. B.; SCORIZA, R. N.; PAULA, A. Edge effect on chemical attributes of soil in a seasonal forest. **Revista Árvore**, v.43, n. 1, e430109, 2019.

BEZERRA, C.G. et al. Estudo da fragmentação florestal e ecologia da paisagem na sub-bacia hidrográfica do Córrego Horizonte, Alegre, ES. **Espaço & Geografia**. 14(2), p. 257-277, 2011.

BORGES, Vonedirce M. S. **Formação de uma nova centralidade do setor sucroenergético no Cerrado: o caso de Quirinópolis, estado de Goiás.** 237 f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Goiás: Goiânia, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **O Bioma Cerrado.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/publicacoes/biomas/category/62-cerrado>>. Acesso em: 10 março 2015, 16:30:25.

CASSETI, V. **Geomorfologia.** [S.l.], [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/cap1/index.php#titulo1.4.1>>. Acesso em: 18 jun. 2017, 14:32:15. v. 15, 2010.

CASTRO, S. S.; ABDALA, K.; SILVA, A. A.; BÔRGES, V. M. A expansão da cana-de-açúcar no Cerrado e no estado de Goiás: elementos para uma análise espacial do processo. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 30, p. 171-191, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. In: **Reunião Técnica de Levantamento de Solos**, 10, 1979, Rio de Janeiro. Súmula...Rio de Janeiro, 1979. 83p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Santos H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO-FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F., 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018.

FERREIRA, M. E.; FERREIRA JR., L. G.; MIZIARA, F.; SOARES-FILHO, B. S. Modeling landscape dynamics in the central Brazilian savanna biome: future scenarios and perspectives for conservation. **Journal of Land Use Science**, v. 8, n. 4, p. 403-421, 2013.

GASCON, C.; LAURENCE, W. F.; LOVEJOY, T.E. Fragmentação florestal e biodiversidade na Amazônia Central. In: **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais.** GARAY, I.; DIAS, B. (eds.), Rio de Janeiro: Vozes, p: 174-189, 2001.

GOIÁS. Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. **Mapa Geomorfológico do Estado de Goiás:** Relatório Final. Goiânia, 2005.

GOIÁS. **Sistema Estadual de Geoinformação,** 2020. Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento. <http://www.sieg.go.gov.br/siegmapas/mapa.php>. Acesso em 21 de junho de 2020.

HEDLUNG, J.; LONGO, S. B.; YORK, R. Agriculture, Pesticide Use, and Economic Development: A Global Examination (1990–2014). **Rural Sociology**, v. 85, n. 2, p. 519-544, 2020.

JACINTO, L.U. A pecuária do futuro com a ajuda da irrigação. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, n. 51, p.50-54, 2001.

KLINK, C. A.; MACHADO, R.B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; STONE, L.F.; COBUCCI, T. Integração lavoura-pecuária e o manejo de plantas daninhas. Piracicaba: **POTAFOS.** Encarte Técnico, Informações Agronômicas, 106. p. 20, 2004.

LAMBIN, E. F. MEYFROIDT, P.; RUEDA, X.; BLACKMAN, A.; BÖRNER, J.; CERUTTI, P.O.; DIETSCH, T.; JUNGSMANN, L.; LAMARQUE, P.; LISTER, J.; WALKER, N.F.; WUNDER, S. Effectiveness and synergies of policy instruments for land use governance in tropical regions. **Global Environmental Change**, v. 28, p. 129-140, 2014.

LATRUBESSE, E. M.; CARVALHO, T. M.; STEVAUX, J. C. **Mapa geomorfológico do estado de Goiás**. Superintendência de Geologia e Mineração. Governo do Estado de Goiás. 1:250.000, 2005.

LATRUBESSE EM, CARVALHO TM (2006) **Geomorfologia do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Goiás, Secretaria de Indústria e Comércio, Goiânia, 128 pp. Series Geologia e Mineração, number 2.

MARTINS, M. R.; REZENDE, M. L. Use of crop-livestock-forest and protection of permanent preservation areas in smallholders family farms: report of an extensionist experience. **Em Extensão**, v. 19, n. 1, p. 98-105, 2020.

OLIVEIRA, V. A.; MELLO, C. R.; DURÃES, M. F.; SILVA, A. M. Soil erosion vulnerability in the verde river basin, southern minas gerais. *Ciênc. Agrotec.*, v.38, n. 3, p.262-269, 2014.

PAULA, V. M. A territorialização da agroindústria canavieira em Cachoeira Dourada (GO) e as transformações socioespaciais. **Dissertação** (Mestrado em Geografia) – Goiânia: Universidade Federal Goiás, 2016.

PEREIRA, V. H. C.; CESTARO, L. A. Corredores ecológicos no Brasil: avaliação sobre os principais critérios utilizados para definição de áreas potenciais. **Caminhos de Geografia**, v. 17, n. 58, p. 16-33, 2016.

PRADO, P. K. B.; SANTOS, A. F. A.; WOJCIECHOWSKI, J. C.; CLAUDINO, W. V.; EISENLOHR, M. A. C. Fragilidade ambiental dos fragmentos florestais do Parque Estadual Cristalino, por métricas da paisagem. **Nativa**, Sinop, v.5, esp., p.548-554, 2017.

ROSS, J.L.S. Geomorfologia Aplicada aos EIAs-RIMAs. In: GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. (orgs). **Geomorfologia e meio ambiente**. 3.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

STRASSBURG, B. B. N. BROOKS, T.; FELTRAN-BARBIERI, R.; IRIBARREM, A.; CROUZEILLES, R.; LOYOLA, R.; LATAWIEC, A. E.; OLIVEIRA FILHO, F. J. B.; SCARAMUZZA, C. A. M.; SCARANO, F. R.; SOARES-FILHO, B. S.; BALMFORD, B. A. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, n. 0099, p. 1-3, 2017.

UFV/SEPLAN. Mapa de Solos 1:250.000 – Plano Diretor da Bacia do Rio Paranaíba. **Superintendência de Geologia e Mineração**, Goiânia, 2004.

VILELA, L.; MARTHA-JÚNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES-JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavourapecuária na região do Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.46, n.10, p. 1127-1138, 2012.

COMO OS PARÂMETROS CINÉTICOS DE ENZIMAS PODEM INDICAR A QUALIDADE DE SOLOS DE CERRADO EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA- FLORESTA

Data de aceite: 01/11/2021

Data de submissão: 06/08/2021

Ana Flávia de Andrade Lopes

Universidade Estadual de Goiás
Anápolis-GO

<http://lattes.cnpq.br/6782697056062718>

Malu da Costa Santana

Universidade Estadual de Goiás
Anápolis-GO

<http://lattes.cnpq.br/2949337440259762>

Leciana de Menezes Sousa Zago

Universidade Estadual de Goiás
Anápolis-GO

<http://lattes.cnpq.br/9983026430565848>

Isabella Cristina Ferreira de Lima

Universidade Estadual de Goiás
Anápolis-GO

<http://lattes.cnpq.br/0050536528623346>

Samantha Salomão Caramori

Universidade Estadual de Goiás
Anápolis-GO

<http://lattes.cnpq.br/1179478052817833>

RESUMO: A aferição de parâmetros cinéticos enzimáticos fornece informações sobre todo o processo catalítico diante das mudanças provocadas no solo devido ao seu uso. O objetivo deste estudo foi o de investigar a qualidade de solos de Cerrado em sistemas de ILPF utilizando indicadores biológicos do solo. As amostras de solo coletadas foram separadas em grupo A,

B e C. No grupo A foi utilizada a determinação da atividade da polifenoloxidase, utilizando o substrato L-3,4- dihidroxifenilalanina (L-DOPA), levando em conta a profundidade do solo. No solo do grupo B foi utilizada a determinação da atividade de β -glicosidase (EC 3.2.1.21), dispondo-se do p-nitrofenil- β -D-glicopiranosídeo como substrato, levando em consideração o tempo de manutenção dos sistemas. No grupo C a atividade de fosfatase ácida (EC 3.1.3.2) foi testada, utilizando o p-nitrofenil fosfato como substrato. No grupo A, os dados da cinética demonstraram que, na profundidade 0-10 cm da amostra de solo, existe uma maior concentração de microorganismos de metabolismo aeróbico e que, na profundidade 10-20 cm, os valores de K_m indicam uma piora na qualidade do solo. No grupo B, os dados analisados indicam uma semelhança nos parâmetros, porém é possível concluir que na área de implantação mais antiga há uma diferença na capacidade de troca catiônica. No grupo C Os parâmetros analisados demonstram que as amostras de solo em Cerrado nativo apresentam melhores índices de qualidade em relação às áreas antropizadas, e que as áreas manejadas em ILPF ainda apresentam atividade microbiana e enzimática com proximidade à condição do Cerrado nativo. Os resultados sugerem que áreas de Cerrado nativo possuem melhores indicadores de qualidade do solo, mas que o manejo em ILPF pode contribuir para a manutenção da fertilidade e servir como uma prática de agropecuária sustentável para o Cerrado.

PALAVRAS-CHAVE: Fosfatase. Beta-Glicosidase. Indicadores de Qualidade. Manejo

HOW THE ENZYME KINETIC PARAMETERS CAN INDICATE THE QUALITY OF SOILS ON CROP-LIVESTOCK-FOREST INTEGRATION IN BRAZILIAN CERRADO

ABSTRACT: The measurement of enzymatic kinetic parameters provides information about the entire catalytic process in view of the changes caused in the soil due to its use. The aim of this study was to investigate the quality of Cerrado soils in ILPF systems using soil biological indicators. The collected soil samples were separated into groups A, B and C. In group A, the determination of the polyphenol oxidase activity was used, using the substrate L-3,4-dihydroxyphenylalanine (L-DOPA), taking into account the depth of the soil. In group B soil, the determination of β -glucosidase activity (EC 3.2.1.21) was used, using p-nitrophenyl- β -D-glycopyranoside as substrate, taking into account the maintenance time of the systems. In group C the acid phosphatase activity (EC 3.1.3.2) was tested using p-nitrophenyl phosphate as substrate. In group A, the kinetic data showed that, at the 0-10 cm depth of the soil sample, there is a higher concentration of aerobic metabolism microorganisms and that, at the 10-20 cm depth, the K_m values indicate a deterioration in quality from soil. In group B, the analyzed data indicate a similarity in the parameters, however, it is possible to conclude that, there is a difference in the cation exchange capacity in the older implantation area. In group C The analyzed parameters demonstrate that soil samples in native Cerrado have better quality indices compared to anthropized areas, and that areas managed in ILPF still have microbial and enzyme activity close to the condition of native Cerrado. The results suggest that areas of native Cerrado have better indicators of soil quality, but that management in ILPF can contribute to the maintenance of fertility and serve as a sustainable agricultural practice for the Cerrado.

KEYWORDS: Phosphatase. Beta-Glucosidase. Quality Indicators. Sustainable management. CLF.

INTRODUÇÃO

Atualmente, muitos desafios são impostos à agricultura, devido às grandes extensões de áreas e da ampla diversidade de culturas para se manter a grande produtividade. Dessa maneira, deve-se pensar em ao mesmo tempo maximizar a quantidade de produtos agrícolas de elevada qualidade, assim como em conservar os recursos naturais do sistema.

A qualidade do solo está diretamente relacionada com a capacidade que ele tem de funcionar continuamente para que possa sustentar plantas, animais e seres vivos. Desse modo, é relevante pensar em mecanismos de agroecossistemas sustentáveis, de forma que o solo continue fértil para próximos cultivos.

Os indicadores de qualidade do solo são utilizados para avaliar se as funções do solo estão tendo um bom desempenho e se os microrganismos estão em quantidades disponíveis para promover a ciclagem de nutrientes por meio da mineralização de matéria orgânica (MENDES et al., 2018). Em alguns casos, a modificação na população e na atividade

microbiana pode prevalecer sobre mudanças nas propriedades físico-químicas, refletindo nos parâmetros do solo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

Tendo em vista que a amplificação da produção, em sistemas de integração Lavoura, Pecuária e Floresta (ILPF), pode ocasionar diversos benefícios ao produtor e ao meio ambiente, melhorando as condições físicas, químicas e biológicas do solo (CORDEIRO et al., 2015), neste trabalho foram testadas enzimas polifenoloxidasas e β -glicosidase como indicadores de qualidade.

Uma forma de se investigar os efeitos de manejo nas enzimas do solo é pelos estudos de cinética, pois a afinidade da enzima pelo substrato é medida em concentrações variadas, com valores próximos aos encontrados no solo para os substratos naturais. Pela cinética michaeliana é possível identificar se determinada enzima sofreu alteração de afinidade pelo seu substrato pela medida da constante de Michaelis-Menten, o K_m , e pela análise da curva que descreve a relação entre disponibilidade de substrato e incrementos na velocidade inicial da reação (LEITE et al., 2018).

OBJETIVOS

Analisar a qualidade de solos de Cerrado em sistemas Agroflorestais pela cinética de polifenoloxidase e β -glicosidase;

Relacionar o tempo de implantação do sistema agroflorestal com os parâmetros cinéticos das enzimas;

Demonstrar se a implantação do sistema agroflorestal contribui para a melhoria da qualidade do solo através da análise das enzimas polifenoloxidase e β -glicosidase, apontando essa contribuição.

METODOLOGIA

As fases de descrição e coleta foram idênticas para os grupos A, B e C.

1) Descrição das áreas de amostragem

O estudo foi realizado em dois grupos de solos, chamados de grupo A e grupo B, de três áreas de ILPF, com diferentes idades de implantação, localizada na Fazenda Boa Vereda, em Cachoeira Dourada, GO (18°27'43"S, 49°35'58"W). Foram usados os sistemas ILPF implantados em 2009 (ILPF10), 2011 (ILPF8) e 2014 (ILPF5), em *Latossolo Vermelho-Argiloso* (EMBRAPA, 2006).

2) Coleta de amostragem do solo e separação de agregados

Foram coletadas amostras dos dois grupos de solo no final do período de seca, entre os meses de agosto e setembro de 2019. Essas amostras foram recolhidas manualmente usando pá de corte, abrindo valas de aproximadamente 0,1 m² de largura e 0,2 m de profundidade. Foram coletadas aleatoriamente amostras compostas constituídas pela

junção de três subamostras de solo. No ILPF foram coletadas três amostras compostas na profundidade 0-0,2 m e em cada subárea do sistema agroflorestal (entre renque: entre as fileiras de árvores; no renque: entre plantas na linha de Eucalipto), totalizando seis amostras compostas em cada ILPF. A amostragem foi realizada em três ILPF (ILPF10, ILPF8, ILPF5), totalizando de 18 amostras compostas. Todas as amostras foram peneiradas (<2 mm) para remoção de raízes, gravetos, pedras e cascalho e acondicionadas em sacos de polietileno a 4 °C (EMBRAPA, 2011).

Foi determinado o teor de umidade secando 5 g de solo a 105 °C por 48 h a fim de se utilizar massa seca como referência nas pesagens das amostras.

A avaliação dos parâmetros físico-químicos foi realizada por um laboratório especializado em análise de solo, usando as metodologias descritas pela EMBRAPA (2011), com alguns detalhes descritos a seguir. O teor de argila, silte e areia foi medido pelo método do densímetro. O pH do solo foi mensurado por eletrodo imerso em suspensão de solo e CaCl₂. O teor de fósforo (P) e potássio (K) foi extraído por Mehlich I; cálcio (Ca) e magnésio (Mg) extraídos em KCl e determinados por titulação de EDTA. O alumínio trocável (Al) foi determinado pela extração com solução KCl. A capacidade de troca catiônica, saturação por bases e saturação por alumínio foi calculada a partir destes dados. O teor de carbono orgânico total (COT) e matéria orgânica do solo (MOS) foram determinados pelo método de oxidação do dicromato e a leitura ao espectrofotômetro. O nitrogênio total (NT) foi avaliado pelo método de destilação a vapor.

3) Características bioquímicas do solo

3.1) Grupo A

A determinação da atividade de polifenoloxidase foi efetuada de acordo com a metodologia de Sinsabaugh et al. (1999), com algumas modificações. O substrato L-3,4-dihidroxifenilalanina (L-DOPA) (0,8 mL) foi adicionado a 0,16 g de massa seca de solo. Após incubação, em temperatura ambiente por 60 min, 0,3 mL da mistura reacional vertida em poços de microplaca e a absorbância foi mensurada a 460 nm. A atividade enzimática foi calculada com base no coeficiente de extinção molar e expressa em μmol de 3-dihidroindol-5,6-quinona-2-carboxilato de metila (DIQC)/h/g de solo. Foram construídas curvas de cinética com as enzimas utilizando-se substratos em concentrações variadas de zero até o atingimento de V_{max} , ou seja, até que não se observe incrementos na velocidade da reação, mantendo-se a quantidade de solo (enzima) e demais componentes constantes durante todo o experimento. As curvas foram analisadas plotando-se um gráfico de pontos $V \times [S]$, sendo $[S]$ a variável independente. Sobre esta distribuição será ajustada uma regressão hiperbólica para se estimar os valores de K_m e V_{max} pela equação de Michaelis-Menten.

3.2) Grupo B

A atividade de β -glicosidase (EC 3.2.1.21) foi testada conforme descrito por Baldrian

et al. (2005), utilizando-se o *p*-nitrofenil- β -D-glicopiranosídeo como substrato. Os resultados foram expressos em μg de *p*-nitrofenol g^{-1} solo h^{-1} a 400 nm. Foram construídas curvas de cinética com as enzimas utilizando-se substratos em concentrações variadas de zero até o atingimento de V_{max} , ou seja, até que não se observe incrementos na velocidade da reação, mantendo-se a quantidade de solo (enzima) e demais componentes constantes durante todo o experimento. As curvas foram analisadas plotando-se um gráfico de pontos $V \times [S]$, sendo $[S]$ a variável independente.

3.3) Grupo C

A atividade de fosfatase ácida (EC 3.1.3.2) foi testada conforme descrito por Baldrian et al. (2005), utilizando o *p*-nitrofenil fosfato como substrato. Os resultados foram expressos em μg de *p*-nitrofenol g^{-1} solo h^{-1} a 400 nm. Foram construídas curvas de cinética com as enzimas, utilizando substratos em concentrações variadas de zero até o atingimento de V_{max} , ou seja, até que não se observe incrementos na velocidade da reação, mantendo-se a quantidade de solo (enzima) e demais componentes constantes durante todo o experimento. As curvas foram analisadas plotando-se um gráfico de pontos $V \times [S]$, sendo $[S]$ a variável independente. Sobre esta distribuição foi ajustada uma regressão hiperbólica para se estimar os valores de K_m e V_{max} pela equação de Michaelis-Menten (LEITE et al., 2018).

RESULTADOS

1.1 Grupo A

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados da análise de atributos físicos e químicos das amostras de solo em ILPF com 5, 8 e 10 anos de implantação à época da coleta.

Propriedades físico-químicas do solo	ILPF5	ILPF8	ILPF10
pH	4,9 \pm 0,1	4,9 \pm 0	5,5 \pm 0,06
cálcio (cmolc/dm ⁻³)	2,4 \pm 0,1	2,5 \pm 0,3	4,9 \pm 0,1
Magnésio (cmolc/dm ⁻³)	1,37 \pm 0,1	1,4 \pm 0,1	1,9 \pm 0,1
H+Al (cmolc/dm ⁻³)	3,87 \pm 0,1	3,8 \pm 0,1	3,27 \pm 0,15
CTC (cmolc/dm ⁻³)	7,83 \pm 0,1	7,9 \pm 0,6	10,17 \pm 0,1
Fósforo (Melich I) (cmolc/dm ⁻³)	2 \pm 1,0	4,8 \pm 3,1	3 \pm 1,0
Potássio (cmolc/dm ⁻³)	0,2 \pm 0,01	0,19 \pm 0	0,11 \pm 0,02
Matéria orgânica do solo (%)	3,77 \pm 0,1	3,6 \pm 0,1	3,87 \pm 0,15
V%	50,7 \pm 1,5	51 \pm 1,7	68 \pm 2,0
Nitrogênio total (%)	0,2 \pm 0,01	0,18 \pm 0	0,2 \pm 0,01
Carbono orgânico total (%)	2,19 \pm 0,1	2,09 \pm 0	2,24 \pm 0,09
Argila (%)	45 \pm 0	28 \pm 1,0	29 \pm 0
Silte (%)	26 \pm 0	23 \pm 1,0	21,3 \pm 0,3

Tabela 1: Atributos físico-químicos do solo coletado em área de integração lavoura-pecuária-floresta em Cachoeira Dourada, Goiás.

Os dados da Tabela 1 mostram uma grande semelhança entre os parâmetros analisados no que tange o tempo de manutenção dos sistemas. Dentre os dados que apresentaram diferenças, é possível observar que na área com implantação mais antiga (ILPF 10) há duas vezes mais Cálcio ($4,9 \text{ cmolc/dm}^3$) em relação às demais. Este dado reflete também na diferença apresentada para a Capacidade de Troca Catiônica (21% maior do que ILPF 5 e ILPF 8) e na saturação por bases (30% maior do que as demais áreas de ILPF).

Quanto à composição textural pode-se observar que a área de ILPF 5 apresenta maior teor de argila e menor teor de areia, mesmo fazendo parte da mesma propriedade rural.

Nas Figura 1 e 2 estão os resultados da cinética de polifenoloxidase utilizando o substrato L-DOPA. O substrato L-3,4- dihidroxifenilalanina (L-DOPA) (0,8 mL) foi adicionado a 0,16 g de massa seca de solo, e a leitura da atividade enzimática foi realizada considerando as concentrações de L-DOPA de 0,39 a 100 mmol L^{-1} , por meio de uma diluição seriada.

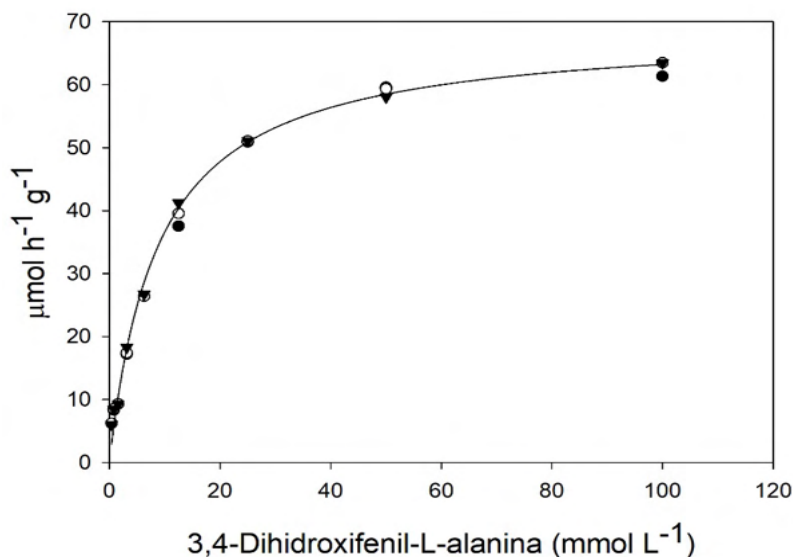


Figura 1 - Cinética da polifenoloxidase de solos em ILPF coletados na profundidade de 0 a 10 cm (0 a 0,1 m).

A Figura 1 apresenta os dados de cinética com as amostras de solo coletadas na profundidade de 0 a 10 cm. Esta profundidade é aquela camada superficial do solo que recebe mais oxigênio, pois está em contato direto com o ar atmosférico e que, por isto, também contém maior concentração de microrganismos de metabolismo aeróbio.

O experimento utilizando o solo de ILPF coletado na profundidade de 10 a 20 cm, empregando as 3 amostras de solo de ILPF com 8 anos de implantação, foi preparado no laboratório de biotecnologia da Universidade Estadual de Goiás (UEG). Os dados da cinética da polifenoloxidase estão presentes na Figura 2.

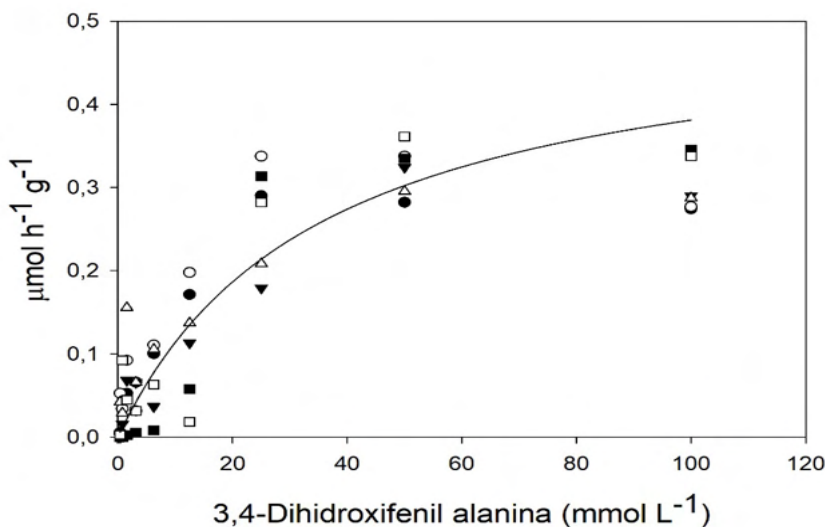


Figura 2 – Cinética da polifenoloxidase de solos em ILPF coletados na profundidade de 10 a 20 cm (0,1 a 0,2 m).

A Figura 2 apresenta a cinética de atividade de polifenoloxidase na profundidade entre 10 e 20 cm. A velocidade máxima atingida foi estimada em $19,5 \mu\text{mol/h/g}$ e o valor da constante de Michaelis-Menten, estimado em $35,2 \text{ mmol/L}$.

É possível verificar que a V_{max} estimada da camada 0-10 cm ($68,7 \mu\text{mol/h/g}$) é cerca de três vezes maior do que aquela observada pela cinética da camada 10-20 cm ($19,5 \mu\text{mol/h/g}$). Além disto, os valores de K_m também sugerem que há uma piora na qualidade do solo em relação à capacidade cinética da polifenoloxidase de acordo com o parâmetro profundidade do solo. Na camada 0-10 cm o K_m estimado foi de $8,77 \text{ mmol/L}$, enquanto que na camada entre 10 e 20 cm este valor foi quatro vezes maior do que o anterior.

Embora o K_m não seja considerado uma medida precisa da afinidade enzimática, este parâmetro indica que, no caso da camada 10 a 20 cm, que é necessário o fornecimento de quatro vezes mais substrato para que a polifenoloxidase desta camada atinja a metade de sua velocidade máxima, que ainda é menor do que aquela que na amostra entre 0-10 cm é capaz de obter. Esta piora na condição de mineralização em camadas tão próximas sugere um alerta de que o solo possa sofrer processos de perda por compactação (do gado, por exemplo), ou por falta de adubação, por exemplo.

1.2 Grupo B

Pode-se verificar que o V_{max} estimado da camada de 0-0,1 m ($124,69 \mu\text{mol} / \text{h} / \text{g}$) possui a maior atividade, que é cerca de vinte vezes a atividade máxima observada na cinética da camada de 0,1-0,2 m ($6,49 \mu\text{mol} / \text{h} / \text{g}$) (Figuras 1 e 2). Na camada 0-0,1 m, o K_m estimado é de $4,67 \text{ mmol} / \text{L}$, enquanto na camada entre 0,1 e 0,2 m, o valor sobe para seis vezes o valor da camada anterior, apresentando $23,88 \text{ mmol} / \text{L}$. Isto se deve provavelmente porque a camada superficial (0-0,1 m) está em contato direto com o ar atmosférico, logo possui mais oxigênio disponível ao metabolismo microbiano. Como consequência tem-se uma maior diversidade de microrganismos, o que leva à produção de enzimas mais competitivas, por isto os valores de V_{max} maiores e K_m menores do que o observado para a camada entre 0,1 e 0,2 m.

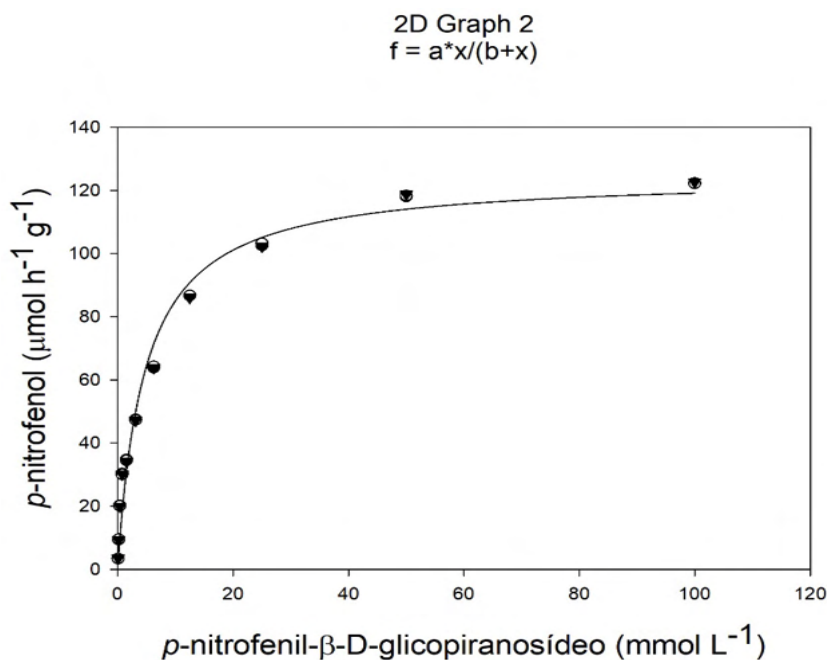


Figura 3: Cinética da enzima β-glicosidase em áreas de integração lavoura-pecuária-floresta em profundidade do solo entre 0 e 0,1m.

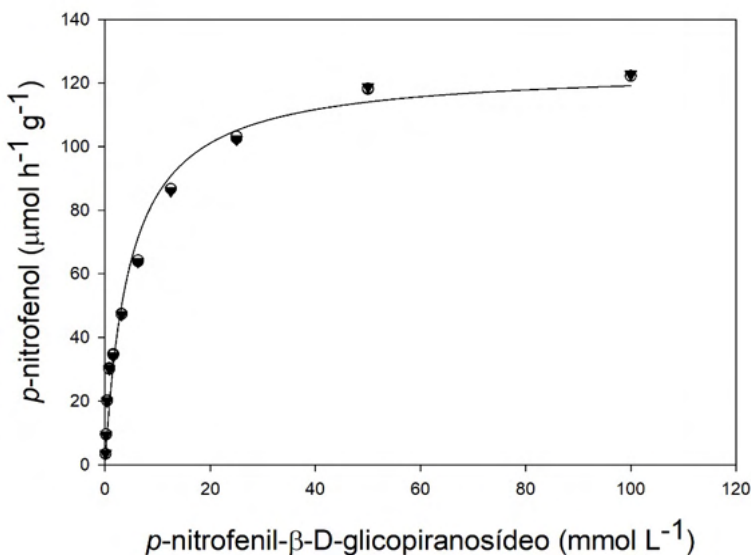


Figura 4: Cinética da enzima β-glicosidase em áreas de integração lavoura-pecuária-floresta em profundidade do solo entre 0,1 e 0,2 m.

1.3 Grupo C

Os resultados da cinética de Michaelis-Menten para a atividade de fosfatase estão apresentados na Figura 5, para a amostra de solos coletada em área de Cerrado Nativo na mesma propriedade rural em que há ILPF.

As estimativas dos valores de V_{max} e K_m para o modelo de regressão hiperbólico de Michaelis-Menten foram $156,4 \mu\text{mol h}^{-1}\text{g}^{-1}$ e $9,28 \mu\text{mol L}^{-1}$, respectivamente (Figura 5A). O modelo de regressão apresentou um coeficiente de variação abaixo de 3%, o que demonstra a confiabilidade da análise

Na área de ILPF8, região escolhida para a análise cinética da fosfatase, a estimativa de V_{max} foi de $138 \mu\text{mol h}^{-1}\text{g}^{-1}$ e de $6,86 \mu\text{mol L}^{-1}$ para o valor de K_m (Figura 5B). Embora haja uma diminuição na velocidade máxima da reação, há uma adaptação dos microrganismos na produção de fosfatases com menor K_m , ou seja, de enzimas que formam o complexo ES mais rapidamente, pois requerem menos substrato para atingir a metade de V_{max} (LEITE et al., 2018).

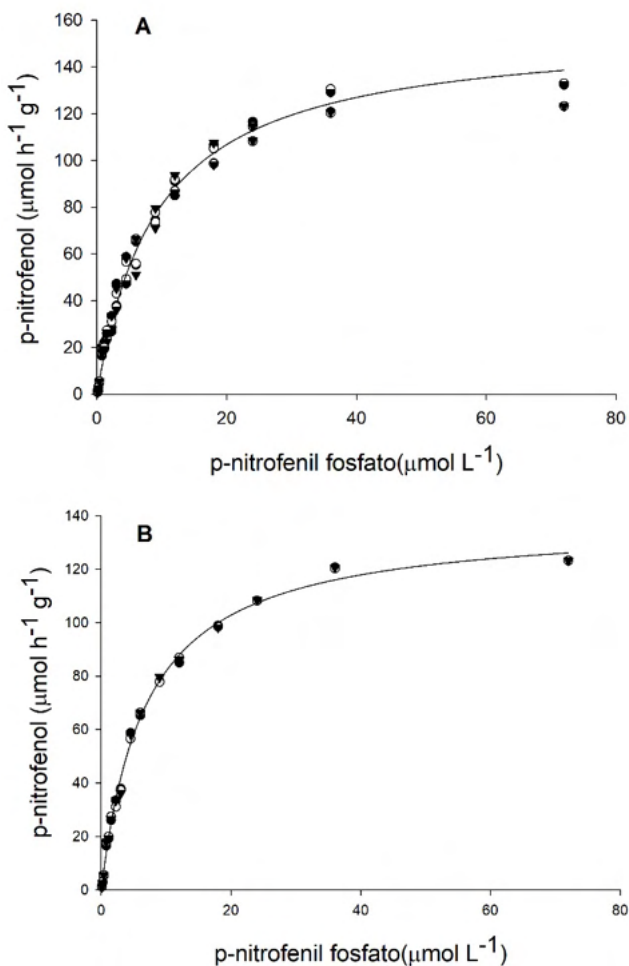


Figura 5. Comportamento cinético da fosfatase ácida presente em solos de Cerrado nativo em em áreas de integração lavoura-pecuária-floresta

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram analisadas polifenolxidasas e β -glicosidasas como indicadores da qualidade de solos em áreas de Integração Lavoura, Pecuária, Floresta, pois elas responderam diferentemente em relação à disponibilidade de recursos, como nutrientes (substrato) e oxigênio (profundidade).

Estes fatores são importantes para se analisar como os microrganismos no solo reagem frente às variações ambientais e como isto pode refletir na mineralização de matéria orgânica, trazendo informações sobre o efeito do manejo do solo.

Os parâmetros analisados demonstram que as amostras de solo em Cerrado nativo apresentam melhores índices de qualidade em relação às áreas antropizadas. Por outro

lado, as áreas manejadas em ILPF ainda apresentam atividade microbiana e enzimática com proximidade à condição do Cerrado nativo. Esta melhor condição do solo em relação ao uso extensivo representa uma alternativa mais sustentável à agropecuária, o que pode também incentivar ao produtor a recuperar seu pasto com este tipo de manejo ao invés de desmatar novas áreas de remanescentes de Cerrado quando o solo de pastagem perde sua fertilidade original.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo. **Biosci J**, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. (editores técnicos) **Lavoura-pecuária-floresta**. - Brasília, DF: Embrapa, 2011.

BALDRIAN, P.; VALÁSKOVA, V.; MERHAUTOVÁ, V.; GABRIEL, J. Degradation of lignocellulose by *Pleurotus ostreatus* in the presence of copper, manganese lead and zinc. *Research Microbiology*, 2005, v. 156, n. 6, p. 670-676.

BŁOŃSKA, E., et al. The relationship between soil properties, enzyme activity and land use. **Forest Research Papers**, v. 78, n. 1, p. 39-40. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/frp-2017-0004>. Acesso em: 30 jan. 2019.

CORDEIRO, L. A. M. et al. (eds.) **Integração lavoura-pecuária-floresta** : o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de método de análise de solo. 2. Ed. Brasília: Embrapa Solos, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. Ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006

LEITE, M. V. M.; BOBUL'SKA, L.; ESPÍNDOLA, S. P.; CAMPOS, M. R. C.; AZEVEDO, L. C. B.; FERREIRA, A. S. Modeling of soil phosphatase activity in land use ecosystems and topsoil layers in the Brazilian Cerrado. **Ecological Modeling**, 2018, v. 385, p. 182-188.

LEHMAN, R.M.; CAMBARDELLA, C.A.; STOTT, D.E.; ACOSTA-MARTINEZ, V.; MANTER, D.K.; BUYER, J.S.; MAUL, J.E.; SMITH, J.L.; COLLINS, H.P.; HALVORSON, J.J.; KREMER, R.J.; LUNDGREN, J.G.; DUCEY, T.F.; JIN, V.L.; KARLEN, D.L. Understanding and enhancing soil biological health: the solution for reversing soil degradation. **Sustainability**, v. 7, s.n., p. 988–1027, 2015.

MENDES, I.C.; SOUSA, D.M.G.; REIS-JÚNIOR, F.B.; LOPES, A.A.C. Bioanálise de solo: como acessar e interpretar a saúde do solo. **Circular Técnica** 38, 1ª. Ed., Planaltina-DF: Embrapa, p. 1-23, 2018.

POWLSON, D.S.; BROOKES, P.C.; CHRISTENSEN, B.T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 19, n. 2, 159-164, 1997.

SINSABAUGH, R.L.; KLUG, M.J.; COLLINS, H.P.; YEAGER, P.E.; PETERSEN, S.O. Characterizing soil microbial communities. In: ROBERTSON, G.P.; COLEMAN, D.C.; BLEDSOE, C.S.; SOLLINS, P. **Standard Soil Methods for Long-Term Ecological Research**. New York: Oxford University Press, p. 318-348, 1999.

SOIL SURVEY STAFF: Keys to soil taxonomy. Edition 12. Washington: USDA- Natural Resources Conservation Service, 2014.

VIABILIDADE DE UMA PROPRIEDADE ENGAJADA NO SISTEMA SILVIPASTORIL: ESTUDO DE CASO

Data de aceite: 01/11/2021

Data de submissão: 26/07/2021

Hadassa Landherr Friske

Mestranda em Ciências Contábeis e
Administração
FUCAPE

Débora Natália Brumati

Bacharela em Ciências Contábeis
FADAF

Jaine da Silva

Especialista em Auditoria Fiscal e Tributária
CEPAF

Marcos Adriano Martello

Bacharel em Engenharia Floresta
UNEMAT

RESUMO: O estudo busca verificar a viabilidade do sistema silvipastoril em uma propriedade rural no norte do Mato Grosso. A pesquisa se deu através de um estudo de caso com revisões bibliográficas, coleta e análise de dados, com entrevista e pesquisa de campo. Como resultado obteve-se diversos dados sobre todo processo, desde os insumos até a venda, sendo possível estruturar planilhas e compreender os gastos, receitas e resultados finais de cada modalidade de produção. Conclui-se ainda que tanto a sistema convencional quanto o silvipastoril são atividades com viabilidade rentável, porém o convencional em curto prazo e o silvipastoril a média-longo prazo. Além de gerar melhorias para os animais e plantas, gerando sustentabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Contabilidade rural; Silvipastoril; Viabilidade.

ABSTRACT: The study seeks to verify the viability of the silvopastoral system on a rural property in northern Mato Grosso. The research took place through a case study with bibliographic reviews, data collection and analysis, with interviews and field research. As a result, we obtained several data on the entire process, from inputs to sales, making it possible to structure spreadsheets and understand the expenses, revenues and final results of each production modality. It is concluded that both the conventional system and the silvopastoral are activities with profitable viability, however the conventional in the short term and the silvipastoril in the medium-long term. In addition to generating improvements for animals and plants, generating sustainability.

KEYWORDS: Rural accounting; Silvipastoral; Viability.

1 | INTRODUÇÃO

A região amazônica apresenta uma grande pressão contra o desmatamento de novas áreas de mata nativa. Assim a análise da viabilidade do sistema silvipastoril é considerada promissora por gerar benefícios ambientais e econômicos melhorando a oferta de produtos e conseqüentemente da geração de renda evidenciando e valorizando produtos oriundos de sistema sustentável.

Sustentabilidade através do conceito do *Triple Bottom Line (TBL)* trabalha com três

pilares *People, Planet e Profit*, (ELKINGTON, 1994), ou seja, pessoas, planeta e lucro. Para compreender melhor, Oliveira (2012, p. 73), separa e explica cada pilar:

Econômico, cujo propósito é a criação de empreendimentos viáveis, atraentes para os investidores; Ambiental, cujo objetivo é analisar a interação de processos com o meio ambiente sem lhe causar danos permanentes; e Social, que se preocupa com o estabelecimento de ações justas para trabalhadores, parceiros e sociedade.

Ou seja, os três se relacionam entre si e formam um tripé viável, justo e vivível (ALLEDI FILHO et al, 2003). Resultando no alcance da sustentabilidade que é ecologicamente correto, socialmente justo e economicamente viável.

O objetivo desse estudo é analisar a viabilidade econômica do sistema silvipastoril, comparando o com a viabilidade econômica da pecuária de corte convencional e a viabilidade econômica do manejo de florestas plantadas.

Surgindo a seguinte questão: qual a viabilidade no sistema silvipastoril, instaurado na fazenda Bacaeri, em 2017? E tendo como hipótese que o sistema de integração da pecuária e floresta possibilita a viabilidade gerando também o conforto e bem estar dos animais.

Assim, no capítulo 02 apresenta-se o referencial teórico com a discussão de conhecimentos de outros autores para o tema. O próximo capítulo aborda a metodologia utilizada para realização do trabalho e em seguida, em resultados e discussões, são relatados os dados obtidos na pesquisa. Então, no capítulo 05, tem-se as considerações finais sobre a pesquisa e finaliza-se com as referências

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistema Silvipastoril

O Sistema Silvipastoril é um sistema agro florestal onde árvores, animais e pastagens são colocados juntos para exploração. Permitindo assim a exploração floresta simultânea entre a atividade agrícola e a atividade pastoril (FASSIO et al., 2009). Dentre os sistemas chamados Sistema Agro Florestal - SAFs, temos a natureza de três componentes fundamentais: pastagem-animal-árvores. Ainda temos a forma de utilização dos recursos disponíveis, nos quais eles são intencionalmente utilizados simultaneamente em associação em uma mesma área.

Segundo Franke e Furtado (2001) apud Santos e Grzebieluckas (2014, p. 318).

os sistemas silvipastoris são uma boa alternativa para conciliar e garantir a produção simultânea de animais, madeira, frutos e outros bens e serviços. Consorciar reflorestamento com pecuária por meio do sistema silvipastoril tornou-se uma ótima alternativa de renda e uma prática ambientalmente correta para os produtores rurais.

Com este tipo de sistema o manejo de culturas diferentes é possível, fazendo com

que o produtor trabalhe em uma mesma área com animais e árvores possuindo uma renda de pequeno, médio e longo prazo.

“Os sistemas silvipastoris, são caracterizados por tecnologias de uso da terra em que atividades pecuárias e florestais são integradas em uma mesma área, de forma simultânea ou escalonadas no tempo” (MACEDO, 2000 apud SIQUEIRA, 2017, P. 5). Esta maneira de trabalhar com as culturas vem chamando muito a atenção de cientistas e técnicos bem como também de produtores rurais, pois a mesma se torna uma ótima alternativa sustentável do uso da terra.

“Esta diversificação promove novas opções de mercado, tornando-se uma estratégia contra possíveis entraves econômicos, podendo ser um diferencial competitivo do agronegócio brasileiro, tanto para o setor pecuário, quanto para o setor de base florestal” (SANTOS E GRZEBIELUCKAS, 2014, p. 318). No entanto, para que ocorra a implantação deste tipo de sistema deve ocorrer um acompanhamento minucioso e muito rigoroso, pois devem ser considerados aspectos como capital área disponível, microclima, características do solo, assistência técnica qualificada, a espécie arbórea a ser implantada e principalmente o retorno econômico financeiro

Quanto ao aspecto ambiental Araújo et al. (2011), salienta que as árvores consorciadas com a pastagem podem fornecer sombra para o gado, promover a fixação de nitrogênio a ciclagem de nutrientes entre outros serviços ambientais; e podem fornecer os produtos florestais, como: madeira, óleos, resina, etc. Assim o produtor alcança um maior nível de sustentabilidade na sua propriedade.

Os sistemas silvipastoris melhoram as condições ambientais e fornecem suprimento de madeira. (...) A densidade arbórea que mais favorece o crescimento da pastagem e a interação floresta-pecuária no longo prazo é de 500 indivíduos arbóreos por hectare. O material arbóreo resultante dessa densidade é mais adequado para fins de serraria. (SIQUEIRA, 2017, P. 7).

Desta forma “o solo não fica descoberto no sistema silvipastoril, o consórcio das espécies fornece um ambiente favorável à diminuição ou até à eliminação da erosão do solo, evitando-se prejuízos tanto na pastagem quanto ao ambiente” (ARAÚJO et al., 2011 apud SIQUEIRA, 2017, P. 5). Dentre os sistemas mais conhecidos, apresentam-se seis formas de implantação dos sistemas silvipastoris que influenciam diretamente na exposição do solo sendo: o plantio em linha simples, plantio em linha dupla, plantio em bosquete, plantio disperso na pastagem, plantio na cerca e condução da regeneração natural, como bem salienta Oliveira et al. (2003).

O plantio em linha simples é aquele realizado com espaçamentos iguais entre as linhas de árvores, já no plantio em linha dupla as linhas são plantadas próximas em pares e distantes dos outros pares de linhas. Faz-se isso para um desenvolvimento mais rápido das plantas e assim evitam-se possíveis danos causados pelos animais (SIQUEIRA, 2017).

O plantio em bosque planta-se os indivíduos arbóreos em pequenos aglomerados ao

longo do campo promovendo produção de um volume maior de produtos, havendo pouco desenvolvimento de pastagens próximo a eles. (SIQUEIRA, 2017).

O plantio disperso pode ser realizado pelo plantio aleatório das árvores no campo. Pode-se obter madeira das árvores, tendo como principal objetivo a proteção do solo, o sombreamento e a ciclagem de nutrientes. O plantio em cerca consiste em plantar árvores ao longo dos limites da propriedade e na condução da regeneração natural mantém as árvores que surgem espontaneamente no pasto, podendo estar em diferentes espaçamentos. (SIQUEIRA, 2017).

No sistema silvipastoril “os animais também são beneficiados, pois as árvores proporcionam sombra que tornam o ambiente mais fresco, gerando conforto térmico e uma condição propícia para que o animal manifeste todo seu potencial genético” (SILVA, 2017, P. 02).

No sistema silvipastoris as árvores reduzem a radiação solar e a relação de espectro de luz, tornando a temperatura mais amena, para Machado et al. (2014) apud Siqueira (2017, p. 06), “os espaçamentos de plantio maiores e a escolha por espécies arbóreas com copas que favoreçam a passagem da radiação solar são importantes para o sucesso dos sistemas silvipastoris”.

Assim, os animais ficam

protegidos do calor pastam por períodos mais longos, reduzem o consumo de água e apresentam melhor conversão alimentar, elevando a produção de carne e leite, entre outros benefícios, devido às condições ideais de aclimação e a redução do estresse térmico. No entanto, é importante destacar que os efeitos das interações que ocorrem com os diferentes componentes não podem ser visualizados e interpretados como fatores isolados, tendo em vista o caráter integrado desse ecossistema de produção. Muito ainda se tem que conhecer no manejo dos componentes de um sistema pela interatividade que é desenvolvida (SILVA, 2017, P. 02).

Ou seja, existem diversos benefícios conjuntos: econômicos ao produtor, para o bem-estar dos animais e nutrição das plantas. Sendo assim, o sistema se realimenta automaticamente gerando um ciclo vicioso de resultados positivos.

2.2 Contabilidade Rural

A Contabilidade Rural atualmente tem grande destaque, pois visa o aumento dos lucros, superando os obstáculos que existem na modernização.

A análise da viabilidade econômica do sistema silvipastoril se dá através da contabilidade rural, a qual segundo Crepaldi (2004, p.62), “é uma necessidade urgente no Brasil, porém ainda pouco utilizada, tanto pelos empresários quanto pelos contadores”. Contudo a contabilidade sempre foi reconhecida por sua capacidade de mensurar e de informar de forma objetiva os eventos, atividades e transações que são planejados e executados nas empresas rurais.

A Contabilidade Rural destaca-se como o principal instrumento de apoio às tomadas de decisões durante a execução e o controle das operações da empresa rural. Ela é desenvolvida dentro de um ciclo de coleta e processamento de dados que culmina com a produção e distribuição de informações de saída, na forma de relatórios contábeis (CREPALDI, 2004).

Assim, conceitua-se a Contabilidade Rural como uma ferramenta da área administrativa que tem por finalidade: “Controlar o patrimônio das entidades rurais, apurar o resultado das entidades rurais e prestar informações sobre o patrimônio e sobre o resultado das entidades rurais aos diversos usuários das informações contábeis” (CREPALDI, 2004 p.86).

Por isso a contabilidade desempenha um papel primordial, através de informações que auxiliam o planejamento, o controle e a tomada de decisão. Assim as propriedades rurais passam a ser entendidas como empresas que possuem capacidade para acompanhar os desdobramentos do setor. Também é possível o entendimento a todos que tenham o desejo e a necessidade da sua adoção para acompanhamento e controle das suas atividades agrícolas.

3 | METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

O estudo em questão foi realizado na Fazenda Bacaeri, que está localizada a cerca de 100 km do centro do município de Alta Floresta – MT. A área de estudo corresponde a 600 ha, sendo composta por pastagem (*Bachiaria Brizantha* e *Panicum Maximum*) e Teca (*Tectona Grandis*), considerando um sistema Silvipastoril (SSP), com espaçamento de 25 x 3,00 m.

A coleta de dados se deu através de aplicativo de mensagens e em uma visita in loco na propriedade, na qual houve a presença dos gerentes da parte da pecuária e da madeireira. Na visita foi realizado um tour pela fazenda e em cada ponto de parada foram coletadas informações relevantes ao estudo.

3.2 Metodologia

A pesquisa de campo, segundo Lakatos e Marconi (2010, p. 186) “é aquela utilizada com o objetivo de conseguir informações e/ou conhecimentos acerca de um problema, para o qual se procura uma resposta, ou de uma hipótese, que se queira comprovar, ou, ainda, descobrir novos fenômenos ou as relações entre eles”. Logo, as fases de pesquisa de campo são a revisão bibliográfica, a determinação de hipóteses e a elaboração de um modelo inicial de referencia para auxiliar na elaboração do projeto de pesquisa.

Baseado nisso o trabalho foi realizado através de um estudo de caso com revisões bibliográficas, coleta e análise de dados, com entrevista e pesquisa de campo, sobre as formas de implantação do sistema silvipastoril e da sua viabilidade econômica quando comparado ao sistema convencional de criação do gado de corte a curto e longo prazo.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema silvipastoril na fazenda Bacaeri segue o sistema de plantio em linha simples com plantação de Teca, os espaçamentos são variáveis entre as plantas e entre as linhas: 20 x 2,5 metros, 17,5 x 3 metros, 17 x 3 metros, 18 x 3 metros e 20 x 3 metros. Não existe um espaçamento certo, pois com o decorrer dos anos perceberam que o sombreamento era bom para o gado de corte trazendo conforto, mas em contrapartida a sombra era ruim para o pasto e não permitia seu crescimento (SILVA, 2017; SIQUEIRA, 2017).

A raça dos animais utilizado no sistema é o gado nelore, criado somente para engorda e abate. O sistema possui 600 hectares divididos em 12 talhões de 50 hectares cada. Os talhões possuem idades diferentes sendo de 9, 7, 6, 5, 4 e 2 anos, que vem evoluindo e expandindo seu espaço a cada ano.

O objetivo da fazenda com o silvipastoril é chegar a uma viabilidade ao completar o ciclo, de 50% do rendimento advindo da madeira e a outra metade do gado de corte. Para a análise, se fez necessário uma comparação entre os sistemas de produção de gado convencional e silvipastoril (tabelas 1, 2 e 3).

Receita do Gado de Corte - No Silvipastoril	
@/ha/ano	14
Área de há	600
@/ano	8.400
Valor @	R\$ 130,00
Valor do gado no ano	R\$ 1.092.000,00
Valor do gado (9 anos)	R\$ 9.828.000,00
Valor do gado (13 anos)	R\$ 14.196.000,00
Valor Total do Gado (22 anos)	R\$ 24.024.000,00

Tabela 1 – Receita do Gado de Corte no sistema silvipastoril.

Fonte: Tabela desenvolvida pelos autores do trabalho com base nos dados da pesquisa.

Receita do Gado de Corte - No Convencional	
@/ha/ano	18
Área de há	600
@/ano	10.800
Valor @	R\$ 130,00
Valor do gado no ano	R\$ 1.404.000,00
Valor do gado (9 anos)	R\$ 12.636.000,00
Valor do gado (13 anos)	R\$ 18.252.000,00
Valor Total do Gado (22 anos)	R\$ 30.888.000,00

Tabela 2 – Receita do gado de corte no sistema convencional.

Fonte: Tabela desenvolvida pelos autores do trabalho com base nos dados da pesquisa.

Custo do Gado de Corte	
Cabeça/mês	R\$ 35,00
Unidade Animal	19.800
Custo/mês rebanho (adubo, vacina...)	R\$ 693.000,00
Meses	12
Custo/anual rebanho	R\$ 8.316.000,00
Mão de Obra	R\$ 110.400,00
Custo total rebanho/anual	R\$ 8.426.400,00
Custo 9 anos	R\$ 75.837.600,00
Custo 13 anos	R\$ 109.543.200,00
Custo Total do Gado (22 anos)	R\$ 185.380.800,00

Tabela 3 – Estrutura de custo do gado de corte.

Fonte: Tabela desenvolvida pelos autores do trabalho com base nos dados da pesquisa.

Analisando as tabelas 1 e 2 pode-se observar que a produção animal anual no sistema convencional é de 18@ (arroba), já no sistema silvipastoril a produtividade é de apenas 14@, baseando-se em um preço médio do valor da arroba de R\$ 130,00 reais e determinando para ambos os sistemas o mesmo tamanho de área é possível visualizar que a receita no sistema convencional é maior que a da integração com a teca.

Conforme a tabela 3 a estrutura de custos para os dois sistemas é igual, ou seja, quando se analisa apenas a produção animal, o gado do sistema silvipastoril tem menos lucratividade que o do sistema convencional. Porém o objetivo da propriedade está na diversificação para aumentar o potencial competitivo e diminuir entraves econômicos (SANTOS E GRZEBIELUCKAS, 2014).

Receita da Teca		
Descrição	1º Desbaste	2º Desbaste
Quantidade de árvores	100	100
m³ /árvore	0,3	01
Área total há	600	600
m³	18000	60000
Valor m³	R\$ 945,00	R\$ 945,00
Valor total	R\$ 17.010.000,00	R\$ 56.700.000,00

Tabela 4 – Receita da produção da Teca

Fonte: Tabela desenvolvida pelos autores do trabalho com base nos dados da pesquisa.

Custo da Teca		
Descrição	1° Desbaste	2° Desbaste
Valor/muda	R\$ 3,00	-
Valor/adubo/árvore	R\$ 0,66	-
Glifosato/ árvore	R\$ 0,16	
Combustível/ árvore	R\$ 141,69	
Quantidades mudas	120.000	
Valor total de mudas	R\$ 439.200,00	-
Mão de Obra/anual	R\$ 6.480.000,00	R\$ 8.424.000,00
Valor total	R\$ 6.919.200,00	R\$ 8.424.000,00

Tabela 5 – Estrutura de custo da produção da Teca.

Fonte: Tabela desenvolvida pelos autores do trabalho com base nos dados da pesquisa.

Assim o silvipastoril além do gado contempla a teca e analisando as tabelas 4 e 5, respectivamente. sua receita e estrutura de custo obtêm-se que com a integração do gado e da madeira a médio e longo prazo o sistema silvipastoril apresentara uma lucratividade maior que o sistema convencional, o que o torna mais viável economicamente, ou seja, é “uma ótima alternativa de renda e uma prática ambientalmente correta para os produtores rurais” (Santos e Grzebieluckas, 2014, p. 318).

Receita do Sistema Silvipastoril			
Descrição	10 anos (1° Desbaste)	23 anos (2° Desbaste)	Total
Gado	R\$ 9.828.000,00	R\$ 14.196.000,00	R\$ 24.024.000,00
Teca	R\$ 17.010.000,00	R\$ 56.700.000,00	R\$ 73.710.000,00
Silvipastoril	R\$ 26.838.000,00	R\$ 70.896.000,00	R\$ 97.734.000,00

Tabela 6 – Receita do sistema silvipastoril.

Fonte: Tabela desenvolvida pelos autores do trabalho com base nos dados da pesquisa.

Custo do Sistema Silvipastoril			
Descrição	10 anos	23 anos	Total
Gado	R\$ 7.797.600,00	R\$ 11.263.200,00	R\$ 19.060.800,00
Teca	R\$ 6.919.200,00	R\$ 8.424.000,00	R\$ 15.343.200,00
Silvipastoril	R\$ 14.716.800,00	R\$ 19.687.200,00	R\$ 34.404.000,00

Tabela 7 – Custo do sistema silvipastoril

Fonte: Tabela desenvolvida pelos autores do trabalho com base nos dados da pesquisa.

As tabelas 6 e 7 demonstram as receitas e os custos do sistema por completo. Porém são estimativas, pois o ciclo ainda não foi concluído e existem fatores climáticos e biológicos

que podem alterar os resultados.

Margem de Contribuição			
Descrição	Gado de corte	Teca	
Pv 1,5 UA (PV unit)	R\$ 5.460,00	R\$ 945,00	
(-) Impostos	R\$ 355,17	R\$ 55,30	
Fethab	R\$ 29,89	R\$ 23,65	
Fabov	R\$ 3,20	-	
Famad	-	R\$ 4,72	
Fesa	R\$ 6,35	-	
GTA	R\$ 4,50	-	
FunRural	R\$ 311,22	R\$ 26,93	
Rec líq unit	R\$ 5.104,83	R\$ 889,70	
(-) CV unit	R\$ 2.840,00	R\$ 145,41	
MC unitq	R\$ 2.264,83	R\$ 744,29	
(X) UA/m ³	19.800	78.000	
MC Total	R\$ 44.843.659,03	R\$ 58.054.698,94	Total
MC média anual	R\$ 2.038.348,14	R\$ 2.524.117,35	R\$ 4.562.465,48
Porcentagem	45%	55%	Total
MC 10 anos (1º desbaste)	R\$ 18.345.133,24	R\$ 25.241.173,45	R\$ 43.586.306,69
Porcentagem	42%	58%	Total
MC 23 anos (2º desbaste)	R\$ 44.843.659,03	R\$ 58.054.698,94	R\$ 102.898.357,96
Porcentagem	44%	56%	
Empresa	R\$ 102.898.357,96		
(-) CDF	R\$ 17.332.800,00		
LAIR	R\$ 85.565.557,96		

Tabela 8 – Margem de Contribuição.

Fonte: Tabela desenvolvida pelos autores do trabalho com base nos dados da pesquisa.

Conforme a tabela 8, observar se que a estimativa da margem de contribuição total do sistema silvipastoril foi de R\$ 44.843.659,03 reais para o gado, correspondente a 44%, e para teca R\$ 58.054.698,94 reais, que equivale a 56%. Embora seja um resultado positivo e próximo ao esperado, ainda não corresponde às expectativas iniciais nas quais a madeira e o gado estariam em equilíbrio econômico.

É possível observar que o sistema além do lucro econômico-financeiro trás o bem-estar dos animais e a nutrição das plantas. Podendo ser considerado como sustentável por utilizar os três pilares: econômico, ambiental e social (OLIVEIRA, 2012). Ou seja, o sistema pode ser tido como sendo ecologicamente correto, socialmente justo e economicamente viável.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

No estado de Mato Grosso vem sendo adotado aos poucos a modalidade produtiva do sistema silvipastoril. O objetivo deste é adicionar renda sem perder a produtividade e a harmonia entre os três elementos do sistema: gado, pasto e floresta. As propriedades que adotam essa modalidade no estado, recebem diversas visitas para difundir o conhecimento do funcionamento do sistema e obter melhores informações sobre a implantação.

O estudo permitiu identificar que tanto a sistema convencional quanto o silvipastoril são atividades com viabilidade rentável, porém o convencional em curto prazo e o silvipastoril a média-longo prazo. Além da viabilidade gera também o conforto para os animais que pastam na sombra, o que diminui a distância que o animal se desloca no pasto, as menores temperaturas e menor radiação solar nesses sistemas melhoram o bem estar animal.

As arvores no sistema melhoram os nutrientes do solo por não permitir infiltração, e a estrutura do solo de forma que ocorra enxurradas, beneficiando a qualidade das gramíneas e diminuindo os impactos ambientais que o cultivo convencional causa.

Este sistema corresponde ao desenvolvimento sustentável, pois diminui os impactos negativos da atividade produtiva ao meio ambiente, diminuem os custos com recuperação de áreas degradadas, diversifica a produção e aumenta a receita da fazenda.

Para que o conhecimento seja difundido, sugere-se que sejam efetuados outros estudos em propriedades que apliquem o sistema silvipastoril e que já possuam ao menos um ciclo completo do sistema para informações mais apuradas.

REFERÊNCIAS

ALLEDI FILHO, C.; QUELHAS, O. L. G.; SILVA, E. N. C.; RODRIGUEZ, M. Melhoria Contínua baseada na capacidade de aprendizado da indústria de petróleo: guia visual para implementação do ambiente do conhecimento. **Revista Inteligência Empresarial**, COPPE/UFRJ, n. 13, 2003.

ARAÚJO, R. P. et al. Características dendrométricas do *Eucalyptusurophilla* em sistema silvipastoril com *Brachiariadecumbens* sob diferentes espaçamentos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, vol. 1, n.2, p. 39-44, 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/2635>>. Acesso em: 14 abr 2021.

CREPALDI, Silvio Aparecido. **Auditoria contábil**: Teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2004.

ELKINGTON, J. Triple bottom line revolution: reporting for the third millennium. **Australian CPA**, v. 69, p. 75, 1994. Disponível em: <<https://www.johnelkington.com/archive/TBL-elkington-chapter.pdf>>. Acesso em: 14 abr 2021.

FASSIO, P. O. et al. Sistema silvipastoril e ambiência animal. **II Semana de ciência e tecnologia do IFMG do campus Bambuí**, Bambuí, outubro, 2009. Disponível em: <https://www.bambui.ifmg.edu.br/jornada_cientifica/sct/trabalhos/Recursos%20Naturais/126-P_-1.pdf>. Acesso em: 13 abr 2021.

OLIVEIRA, Lucas Rebello de et al. Sustentabilidade: da evolução dos conceitos à implementação como estratégia nas organizações. **Prod.**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 70-82, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132012000100006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 13 abr. 2021.

OLIVEIRA, T. K. de; FURTADO, S. C.; ANDRADE, C. M. S. de; FRANKE, I. L. Sugestões para implantação de sistemas silvipastoris. Rio Branco, AC: **Embrapa Acre**, 2003. 28 p. (Embrapa Acre. Documentos, 84).

SANTOS, Sibeli da Silva; GRZEBIELUCKAS, Cleci. Sistema silvipastoril com eucalipto e pecuária de corte: uma análise de viabilidade econômica em uma propriedade rural em Mato Grosso/Brasil. **Custos e agronegócio online**, Brasil, v. 10, n. 3, p. 317 - 333, 2014. Disponível em: <<http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero3v10/Artigo%2014%20silvipastoril.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2021.

SILVA, Paulo Cesar Duarte da. SISTEMA SILVIPASTORIL: OS BENEFÍCIOS PARA O PRODUTOR E O MEIOAMBIENTE. **IX Sintangro – Simpósio Nacional de Tecnologia em Agronegócio**, Botucatu - SP, p. 1 - 14, 2017. Disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:4wVv_pRG0tkJ:www.sintangro.cps.sp.gov.br/2017/art/download.php%3Fid%3D115+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 13 abr. 2021.

SIQUEIRA, Tiago Nery de. **Os Sistemas Silvipastoris no Brasil**: uma revisão. Orientador: Anderson Marcos de Souza. 2017. 14 p. Trabalho de conclusão de curso (tcc) (Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2017. Disponível em: <https://bdm.unb.br/bitstream/10483/16591/1/2017_TiagoNerydeSiqueira_tcc.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2021.

CAPÍTULO 8

PRODUCCIÓN DE NARANJA ORGÁNICA Y AGROECOLÓGICA: DIFUSIÓN DE LA TECNOLOGÍA A PEQUEÑOS PRODUCTORES ORGANIZADOS EN VERACRUZ, MÉXICO

Data de aceite: 01/11/2021

Manuel Ángel Gómez Cruz

CIIDRI, Universidad Autónoma Chapingo
Chapingo, México

Laura Gómez Tovar

Depto. De Agroecología-CIIDRI
Universidad Autónoma Chapingo
Chapingo, México
<https://orcid.org/0000-0002-8588-4436>

Brisa Guadalupe Gómez Ochoa

CIIDRI, Universidad Autónoma Chapingo
Chapingo, México

Alejandro Hernández Carlos

CIIDRI, Universidad Autónoma Chapingo
Chapingo, México

RESUMEN: A partir del 2008, el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral, CIIDRI de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) en el municipio de Papantla, Veracruz, México comenzó a experimentar en una hectárea de naranja una serie de prácticas agroecológicas, encontrando opciones a la producción regional convencional que utiliza productos de síntesis química. Posteriormente estas prácticas se extendieron a toda una huerta de 16 ha, siendo hoy un faro agroecológico, que sirve de guía para otros productores. Se utilizó la metodología de Jara (2017) para la sistematización de la experiencia de cómo se ha realizado el proceso de difusión y transferencia de la innovación de naranja orgánica y agroecológica principalmente a pequeños productores. Se encontró que el

proceso de difusión tecnológica se ha hecho a través de 3 etapas, habiendo sobre todo el CIIDRI-UACH participado en los últimos 2 periodos con recorridos en la “Huerta Madre”, cursos, talleres, apoyo para la certificación de las organizaciones, información y organización para la fijación de precios para la comercialización con la industria del jugo, publicaciones, videos, servicios sociales, estancias profesionales y tesis. Este proceso de difusión tecnológica ha logrado que existan 8 organizaciones certificadas, 310 productores y 1340 hectáreas con naranja orgánica.

PALABRAS CLAVE: Adopción, agricultura orgánica, agroecología, organización.

ORGANIC AND AGROECOLOGICAL
ORANGE PRODUCTION: TECHNOLOGY
DIFFUSION TO ORGANIZED SMALL-
SCALE PRODUCERS IN VERACRUZ,
MEXICO”

ABSTRACT: Since 2008, the Interdisciplinary Research Center for Integral Rural Development, CIIDRI of the Chapingo Autonomous University (UACH) in the municipality of Papantla, Veracruz, Mexico began to experiment with a series of agroecological practices in one hectare of orange production, finding options for production that uses synthetic products. Afterwards, these practices were extended to an entire 16-hectare orchard, today being an agroecological lighthouse, which serves as a guide for other producers. The methodology of Jara (2017) was used to systematize the experience of how the process of diffusion and transfer of organic and agroecological orange innovation has been carried out, mainly to small scale producers.

It was found that the diffusion technology process has been done through 3 stages, with CIIDRI-UACH having participated in the last 2 periods with tours to the “Mother Orchard”, courses, workshops, support for the certification of cooperatives, information and organization for setting prices for marketing with the juice industry, publications, videos, social services, internships and theses. This process of technological diffusion has achieved that there are 8 certified organizations, 310 producers and 1,340 hectares with organic orange

KEYWORDS: Adoption, organic agriculture, agroecology, organization.

1 | INTRODUCCIÓN

En México, a partir de 1950, se inició un crecimiento importante en el cultivo de naranja valencia (*Citrus sinensis* L. Osbeck) volviéndose uno de los frutales más importantes por superficie y por volumen de producción. En 2019, el país ocupó el sexto lugar en producción a nivel mundial. Actualmente se tiene una superficie cosechada de 329,771ha (SIAP,2021). El rendimiento por ha es de 14.36 t arrojando un volumen de producción de 4,736,176t (SIAP, 2021). Veracruz es el principal estado productor con una aportación de 51%, seguido por San Luis Potosí con 10%, Tamaulipas con 9%, Nuevo León con 8%, Puebla con 7% y Yucatán con 4% los cuales en conjunto concentran el 89% de la producción nacional para 2019 (ver Cuadro 1).

Estado	Superficie cosechada (ha)	Producción Nacional %
Veracruz	168,858.00	51.20
San Luis Potosí	32,171.20	9.76
Tamaulipas	30,172.10	9.15
Nuevo León	25,353.50	7.69
Puebla	23,351.50	7.08
Yucatán	12,738.17	3.86
Otros	37,127.08	11.26
TOTAL	329,771.55	100

Cuadro 1. Principales estados productores de naranja en México, 2019.

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2021.

La Universidad Autónoma Chapingo a través del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI) diagnosticó los principales problemas de la citricultura en el Norte de Veracruz, a saber:

- 1) Baja productividad con tendencia a mantenerse estancada con rendimientos que oscilan entre 10 y 15 t/ha en función del clima y manejo.
- 2) Producción sostenida bajo un paradigma tecnológico convencional que contamina suelo, agua y planta, basado en un incremento continuo en los costos de los insumos de síntesis química, que además son nocivos para la salud de

trabajadores, productores y consumidores. Un uso importante de glifosato (declarado como posible carcinógeno por la OMS y con evidencias científicas en 1108 artículos por sus daños en la salud del ser humano, animales y al ambiente en general – Rossi, 2020-) en la mayor parte de las huertas, agroquímico del cual México ha prohibido sus importaciones en 2019 y se espera una prohibición de uso total para 2024.

3) El uso de planta no certificada, el empleo generalizado de naranjo agrio como portainjerto y la reciente aparición de tres enfermedades que ponen en riesgo el futuro de la citricultura: Huanglongbing (HLB) y Virus de la Tristeza (VTC) y una tercera enfermedad muy similar al HLB pero los análisis realizados demuestran que no es HLB, aunque también los árboles se tornan amarillentos, la naranja madura se ve verde, es de tamaño chico, y no es tan amarga como en HLB.

4) Caída de fruta por la presencia de diversos hongos que debilitan el pedúnculo del fruto en estado maduro, ocasionando pérdidas hasta del 20% de la producción.

5) Bajos precios obtenidos por los productores por sistemas de comercialización con una fuerte participación de intermediarios y de las industrias del jugo de naranja.

6) Falta de asesoría con técnicos formados bajo una orientación agroecológica.

La alternativa que la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) propuso ante dicha problemática es la producción de naranja agroecológica y orgánica.

El desarrollo de la agricultura orgánica en el Norte de Veracruz se puede describir en tres grandes períodos; el primero, a finales de los años 90, principios del 2000 promovido por la industria del jugo, para exportar a Suiza. Este mercado fue auspiciado por la demanda de la cooperativa KOP de Suiza donde buscó conseguir jugo orgánico, ubicando en México y en el Norte de Veracruz, contratos que ofrecían 50% más de sobreprecio en comparación con el jugo convencional. Muchos productores se interesaron en esa forma de producir, pero ante el incumplimiento de los contratos y los compromisos contraídos por la industria los productores se desanimaron. El error de la industria fue tratar a los productores orgánicos de la misma forma que a los productores convencionales (un trato abusivo), un aspecto que también influyó fue la confusión de la agricultura orgánica con la agricultura natural pues suspendieron la utilización de agroquímicos y herbicidas, presentándose un desmejoramiento de las huertas, este elemento fue decisivo. También es de mencionar que muchos agricultores tomaron una actitud deshonesto, vendieron naranja convencional como orgánica y algunos aplicaron herbicidas y fertilizantes químicos. Durante este período, no había claridad por parte de la industria y tampoco por parte de los agricultores, nadie conocía los lineamientos de la producción orgánica y lo riguroso de la aplicación de la normatividad.

El segundo período, se inicia a finales de la primera década del siglo XXI con el papel

que desempeñó la Universidad Autónoma Chapingo a través del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI). Había muchos productores que ya tenían una producción agroecológica y orgánica, pero no contaban con la certificación. Se inicia un importante trabajo de impartir cursos, talleres, elaboración de bitácoras, instalación de barreras de amortiguamiento para dividir las huertas orgánicas de las convencionales y desarrollo tecnológico, investigación y difusión de las prácticas agroecológicas en el cultivo de naranja en toda la zona Norte del Estado de Veracruz concluyendo con la certificación de varias organizaciones de productores.

En el tercer período, finales del año 2017 y principios del año 2018, hay más industrias jugueras interesadas en fruta de naranja orgánica, y más productores interesados en incorporarse en esta nueva forma de producir y se cuenta también con otros grupos y cuadros técnicos, líderes del primer periodo que continúan la promoción de lo orgánico en la región.

En este proceso de ampliación y desarrollo de la citricultura orgánica en dicha región se presentan tres tendencias: 1) la producción orgánica con orientación agroecológica caracterizada por fomentar la biodiversidad, elaboración de insumos preferentemente con recursos locales; manejo ecológico *in-situ* de plagas y enfermedades; 2) la agricultura orgánica empresarial caracterizada como industrial, monocultivo, compra de insumos externos, y su objetivo central es la obtención de ganancias; y 3) productores que son atraídos por el precio que pueden orientarse a trabajar bajo un enfoque agroecológico y requieren de un proceso importante de capacitación y concientización.

2 | MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la metodología de sistematización de experiencias propuesta por Jara (2017). La metodología permite organizar la información de una o varias experiencias de forma ágil, puede considerar aspectos técnicos, de desarrollo organizativo, etc. La metodología permite indagar sobre las causas de lo encontrado, identificando las contradicciones centrales, además se busca comprender las interrelaciones e interdependencias entre los distintos elementos analizados. La metodología se empleó para organizar, analizar y sistematizar la experiencia de difusión y transferencia de tecnología de la naranja orgánica y agroecológica en el norte de Veracruz.

Jara (2017) identifica a la sistematización de experiencias como un proceso de reflexión individual y colectivo; en torno a una práctica realizada o vivida, que realiza una reconstrucción ordenada de lo ocurrido de ella; que provoca una mirada crítica sobre la experiencia; y que produce nuevos conocimientos. El proceso de sistematización permite mejorar las propias experiencias analizadas y por otro lado brinda elementos que valoran otras experiencias. Además de que recopila de forma ordenada la información de cada experiencia.

El proceso de difusión, capacitación y seguimiento para la producción orgánica de

naranja se realizó mediante pláticas de inducción a la agricultura orgánica, visitas, recorridos, parcelas demostrativas, publicaciones, etc. que se precisan en los siguientes puntos: a) Recorridos en la “Huerta Madre”, ubicada en el Ejido San Pablo, Papantla, Veracruz por productores organizados, no organizados e interesados en general en conocer la innovación para la producción de naranja orgánica y agroecológica; b) Cursos-talleres básicos en prácticas y elaboración de insumos agroecológicos con materiales locales; c) Cursos-talleres avanzados para productores y técnicos; d) Atención a técnicos de programas gubernamentales, como “Sembrando Vida” y “Jóvenes Construyendo el Futuro”, e) Recorridos de inspección interna a organizaciones y capacitación a personal del sistema de control interno de las organizaciones certificadas como orgánicas; e) establecimiento de parcelas demostrativas; instalación y seguimiento; f) reuniones con organizaciones orgánicas y empresas del jugo para la comercialización de naranja orgánica; g) Consolidación de nuevas organizaciones certificadas como orgánicas; h) atención de servicios sociales, estancias profesionales y tesis; i) presentación de resultados, ponencias y publicaciones; y j) videos difundidos en medios de difusión regional y nacional.

3 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 La innovación de la naranja orgánica y agroecológica

El abordaje y prueba de las técnicas agroecológicas se desarrollaron en el faro agroecológico Huerta Madre Grupo Los Gómez con los científicos del CIIDRI-UCh y se ha trabajado bajo los siguientes apartados; 1) Diversificación, 2) manejo de arvenses, 3) manejo de la nutrición, 4) manejo ecológico de plagas y enfermedades, 5) podas y 6) otras prácticas (Gómez, et. al., 2021).

3.1.1 Diversificación

La biodiversidad se refiere a todas las especies de plantas y animales y microorganismos existentes dentro de un ecosistema que interactúan optimizando procesos ecológicos claves. En los agroecosistemas es posible distinguir 4 tipos de biodiversidad; 1) productiva (cultivos, especies animales); 2) destructiva (plagas, malezas, enfermedades, etc); 3) neutral (herbívoros que no son plagas que sirven de alimento a predadores; por ejemplo, insectos que sirven de alimento a catarinitas) y 4) benéfica o funcional (enemigos naturales, lombrices, microorganismos del suelo que cumplen roles importantes en procesos como el control natural de plagas, polinización, reciclaje de nutrientes, etc) (Altieri et. al., 2014).

Se propone diversificar las huertas desde el inicio de la plantación tanto al interior de la huerta como en sus colindancias, esto puede hacerse incluyendo distintas especies en diferentes áreas: al interior de la huerta en las hileras de la naranja, en los callejones (leguminosas, arvenses de hoja ancha u otros cultivos), en las barreras de amortiguamiento y

áreas de los alrededores. Se busca promover una diversidad funcional que reactive el control biológico en el sitio (*in situ* o por conservación); es decir, que los insectos benéficos presentes hagan la regulación de aquellos que tienden a convertirse en plaga.

La diversidad también incluye a las arvenses, en los conteos realizados en la Huerta Madre se han logrado encontrar hasta 155 arvenses, comparado con una huerta convencional vecina que presentó 55 arvenses distintas (Santiago, 2020). Otro estudio realizado en 2011 encontró 117 arvenses (López, 2012), notándose un incremento en el número de años con el manejo orgánico. En el estudio realizado por López, 2012 se llegó a la conclusión de que la diversidad de arvenses garantiza la sobrevivencia de distintos insectos, incluyendo a depredadores de *Diaphorina citri*, vector de la bacteria que transmite el greening o Huanglongbing (HLB).

3.1.2 Manejo de Arvenses

El manejo de arvenses se hace de varias formas dependiendo de las condiciones climáticas; con corte alternado manual en la zona de goteo, uso de desbrozadoras, tractor (segadora, chapeadora y en menor proporción rastra), motocultor, chapeo manual y combinando en diferentes partes de la parcela con el uso de coberteras de leguminosas, las cuales a su vez fijan N atmosférico

Las coberteras más utilizadas son: crotalaria (*Crotalaria juncea*), canavalia (*Canavalia ensiformes*); mucuna (*Mucuna pruriens* ó *Stizolobium deeringianum*), crotalaria silvestre (*Crotalaria cajanifolia*), Glicine (*Glycine sp*) y frijol gandul (*Cajanus cajan*), principalmente.

3.1.3 Manejo de la Nutrición

La nutrición se lleva a cabo a través de las siguientes técnicas agroecológicas:

1) Composta, bocashi o lombricomposta y harina de rocas local. Se aplican 2kg de composta, bocashi o lombricomposta por cada 50kg de producción de naranja por árbol, mezclado con la harina de rocas local (roca amarilla de las peñas, la cual se ha analizado y muestra una riqueza mineral interesante -más de 20 nutrientes-, incluyendo la presencia de sílicio que ayuda a incrementar el sistema de defensas de las plantas, lo que evita el ataque de plagas y enfermedades). Se ha encontrado que la proporción de 2 partes de abono orgánico por 1 parte de harina de rocas funciona mejor.

2) Microorganismos benéficos. Se recomienda aplicar Microorganismos de Montaña (MM) o Microorganismos Efectivos del 5-10% a partir de 30cm de distancia del tronco cubriendo toda el área sombreada del árbol, usando 2 litros por árbol. Las aplicaciones deben hacerse mensualmente.

3) Foliare orgánicos. Magro sencillo, sin minerales de síntesis química, caldo ceniza y caldo sulfocálcico. a) Magro sencillo del 4-8% aplicado de forma foliar, la aplicación puede hacerse cada dos meses vía foliar del 4-8%; más aplicaciones en épocas críticas (p.e. sequía

en mayo-junio, y canícula en agosto). b) Caldo ceniza se recomienda aplicar al 2% junto con el Magro en la misma época. c) Mezcla sulfocálcica, ayuda en la nutrición al proporcionar azufre y calcio, a una dosis del 4% de forma foliar, tres veces, una cada semana cuando hay problemas de deficiencias de nutrición, siendo útil también contra ácaros y algunas enfermedades. Se puede combinar con magro cada vez que éste se aplique, a una dosis de 0.5%.

4) Micorrizas. Aplicar una dosis de micorrizas en 200 litros de agua. Se aplica al área de goteo, 1 litro por cada árbol en el mes de octubre.

3.1.4 Manejo ecológico de plagas y enfermedades

En los cuadros 2 y 3 se especifican las prácticas y materiales que se usan para el manejo de plagas y enfermedades. Cabe mencionar que hay ciclos que sólo se presentan algunas, y otros donde hay mayor abundancia de éstas, lo importante es dar un monitoreo continuo en la huerta que permita detectar de forma temprana, y usar materiales locales para su manejo, además de considerar los ciclos de vida de los organismos que se presentan.

Plaga	Manejo y control
Pulgón verde (<i>Aphis citricola</i> Van der Goot), pulgón café (<i>Toxoptera aurantii</i> Fons) y mosquita blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)	Utilización de Microorganismos de montaña o Microorganismos eficientes al 5% con jabón neutro al 1% Combinación de tres hongos entomopatógenos; <i>Beauveria bassiana</i> , <i>Metarhizium anisopliae</i> y <i>Lecanicillium lecanii</i> al 5% Extracto acuoso de paraíso (<i>Melia azedarach</i>) al 10% Macerado de ajo del 1-3%
Psílido asiático (<i>Diaphorina citri</i> Kuwayama)	Microorganismos efectivos al 5% de forma foliar, con dos aplicaciones, una cada semana Manejo de la biodiversidad de arvenses para promover entomófagos del psílido. Por ejemplo, dejar asemillar el mozote blanco y amarillo (<i>Bidens pilosa</i>) pues promueve la presencia de <i>Tamarixia radiata</i>
Chinche negra (<i>Acanthocephala terminalis</i>)	<i>Lecanicillium lecani</i> en forma acuosa, al 5%, con 2 aplicaciones, una cada semana Microorganismos efectivos al 5%, aplicar 2 veces, 1 cada semana
Mosca de la fruta (<i>Anastrepha ludens</i> Loew)	Colocación de trampas McPhail, 8 por hectárea con melaza y agua; y picado en cruz con machete de la fruta caída
Araña roja (<i>Tetranychus urticae</i> C.L. Koch)	Caldo sulfocálcico al 4%
Tuza (<i>Geomys tropicalis</i> Goldman)	Siembra de frijol ayocote (<i>Phaseolus coccineus</i> L.) Contiene ácido cianogénico
Hormiga arriera (<i>Atta cephalotes</i>) y hormiga común	Aplicaciones de Microorganismos Efectivos en los hormigueros, repitiendo diariamente durante 3 días Caldo bordelés al 2% para los troncos de los árboles

Cuadro 2. Manejo agroecológico y orgánico de plagas en naranja valencia tardía.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Enfermedad	Manejo y control
Hongo letal o Cáncer basal (Ustilina deusta Hoffm)	Microorganismos Eficientes al 100% al cuello del árbol, cada mes, durante 3 meses, repitiendo en caso de nueva brotación
Gomosis (Phytophthora parasitica Dastur)	Mezcla sulfocálcica al 5%, bañando todo el tronco hasta 1.5 m de altura, 2 veces al año
Antracnosis (Colletotrichum acutatum Simmonds)	Agua de vidrio al 1.25% de forma foliar Microorganismos efectivos al 5% de forma foliar Oxigenar el suelo en las épocas de la caída de naranja con el uso de azadón en el área de goteo del árbol

Cuadro 3. Manejo agroecológico y orgánico de enfermedades en naranja valencia tardía.

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.1.5 Podas

Se debe hacer poda normal, poda cariño o desmamonado, poda de ramas secas, poda de ramas improductivas, quitado de bejucos, enredaderas, poda de formación y poda de rejuvenecimiento considerando las etapas de la luna, realizándolas en luna recia.

3.1.6 Otras prácticas

Se requiere realizar otras prácticas como acolchados, atención especial a los árboles enfermos, retiro de basura inorgánica, reproducción artesanal de microorganismos locales, reforzar barreras de amortiguamiento, etc.

3.1.7 Comercialización

Los resultados de la producción orgánica se expresan en rendimientos por arriba de 35 t/ha frente a 14t/ha como promedio nacional y regional en 2021. La comercialización se realiza principalmente por contrato con la industria juguera y mercado nacional a tianguis y mercados orgánicos y otras empresas. Los rangos de precio *premium* en los últimos años han rebasado el 50% del precio convencional.

3.2 Proceso de difusión y transferencia de la tecnología a pequeños productores

Los resultados del presente trabajo de difusión y transferencia durante el periodo reciente 2018-2021 se concentran en una gran diversidad de actividades, una significativa atención a productores y de forma preferencial a organizaciones y la capacitación de técnicos que van a continuar capacitando a nuevos productores.

Los impactos a nivel local, regional y nacional del proyecto de naranja orgánica-agroecológica a través de la investigación-capacitación-acción y de difusión y transferencia, más sobresalientes que ha desarrollado la UACH a través del CIIDRI en el Norte de Veracruz, son:

1. Papel relevante en el desarrollo de la producción de naranja orgánica en el Norte

de Veracruz, pues la Universidad Autónoma Chapingo, a través del CIIDRI, ha desempeñado un destacado papel que representa para el 2020, pasar de 1 productor a 310 productores, de cero organizaciones orgánicas a 8 organizaciones certificadas, de 16 ha a 1,339 hectáreas de naranja orgánica y de 300 toneladas a 12,716 toneladas de fruta certificada

2. Liderazgo en la organización para la comercialización de 8 organizaciones orgánicas en torno al trabajo del CIIDRI-UACH, con la firma de contratos de organizaciones-industrias del jugo, fijando un precio mínimo de venta por tonelada de naranja orgánica.

3. Coordinación de reuniones con otras experiencias exitosas en el Norte de Veracruz en “Reuniones de Faros Agroecológicos”.

4. Propuesta de una nueva guía para la producción de naranja orgánica y agroecológica, actualizando los trabajos del 2017, incluyendo tecnologías nuevas que se han desarrollado de 2018-2021.

5. La recomendación para la utilización de micorrizas, tecnología agroecológica que a la fecha nadie ha promovido en la región, a pesar de lo valioso de sus aportes en el fortalecimiento radicular y en la nutrición, como fijación de fósforo y otros minerales, y resistencia a la sequía.

6. Presentación de una propuesta de un conjunto de prácticas agroecológicas para reducir la caída de la fruta en proceso de maduración, de un 20% a solo 5% – 6%, evitando pérdidas económicas a los citricultores del Norte de Veracruz.

7. Participación activa en los trabajos que condujeron a la construcción de la primer biofábrica de insumos agroecológicos en el Norte de Veracruz, ubicada con la cooperativa Citricultores Tihuatecos Asociados S.C. de R.L. de C.V. Inaugurada el día 27 de noviembre de 2020, en la comunidad Sebastián Lerdo de Tejada, Tihuatlán, Veracruz.

8. Propuesta de capacitación y colaboración para el programa Sembrando Vida, iniciativa presentada, personalmente, ante el Secretario de la Secretaría del Bienestar, C. Javier May Rodríguez, Subsecretario Lic. Hugo Raúl Paulín Hernández y el Subsecretario de Autosuficiencia Alimentaria – Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, SADER, Ing. Víctor Suárez Carrera. La propuesta se titula “Curso-taller intensivo para la producción de naranja agroecológica”.

9. Participación importante en coordinación con el Departamento de Agroecología, de una propuesta de normatividad para transitar de la producción orgánica a la producción agroecológica certificada considerando 12 indicadores agroecológicos, presentada ante el Secretario de Bienestar, C. Javier May Rodríguez y Subsecretario de la SADER Ing. Víctor Suárez García. También discutida en el pleno del Consejo Nacional de Producción Orgánica (tesis profesional, Lazcano, 2020).

10. Elaboración del proyecto de investigación sobre glifosato “Sistematización de las experiencias de la sustitución de glifosato en la producción de naranja orgánica en el Norte de Veracruz”, prioridad nacional de investigación según Decreto Presidencial del 31 de diciembre de 2020, publicado en el Diario Oficial de la Federación. En dicho proyecto

asumimos, en la medida de lo posible, propuestas que permitan la erradicación del herbicida que tiene como ingrediente activo al glifosato. Para tal efecto, el CIIDRI plantea sistematizar las experiencias de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), de más de una década de trabajos en la citricultura orgánica del Norte de Veracruz.

11. Presentación y aprobación del proyecto ante el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología “Capacitación con compromiso agroecológico, ecocondicionalidad y desbrozadoras para la sustitución del glifosato en naranja valencia (*Citrus sinensis* L. Osbeck) en el Norte de Veracruz” en proceso de instrumentación.

Los factores que retrasan los procesos de adopción de nuevas tecnologías se deben a que no son promovidos “desde abajo o por los actores locales”, la tecnología que se genera no está adecuada a las condiciones del productor, la política de precios es inadecuada, existe escasez de la fuerza de trabajo, y abasto deficiente de insumos (Castro, 2002; Altieri, 2009), por ello el CIIDRI continúa difundiendo en la región la innovación de naranja orgánica cubriendo las enseñanzas y las experiencias de otros procesos de transferencia tecnológica similares como el Grupo Vicente Guerrero en Tlaxcala, la Red de Alternativas Sustentables Agropecuarias de Jalisco (RASA) en Jalisco (Grupo Vicente Guerrero, 2011 y Morales 2011; citados por Reyes-Rosales et. al. (2014). Adicionalmente el éxito de la transferencia en la innovación de naranja orgánica se debe a que la investigación incluye el interés compartido por parte de los productores, una creencia en el poder/acción colectiva y un compromiso con la participación, la práctica de la humildad y el establecimiento de la confianza y la responsabilidad; lo anterior permite se pueda adoptar un nuevo esquema de producción visualizando los beneficios y replicándolos en parcelas de los mismos productores o generando faros agroecológicos para que se puedan realizar estas experiencias en parcelas específicas (González y Guzmán, 2016)

4 | CONCLUSIONES

La propuesta de la UACH se enfoca en poner al alcance de pequeños y medianos citricultores la innovación tecnológica de producir naranja orgánica con base agroecológica, con el uso prioritario de insumos locales.

El plan de manejo agroecológico de las huertas no lo adoptan los productores en forma completa porque solo inician con las prácticas que tienen mayor impacto y luego continúan adoptando otras prácticas.

Cualquier propuesta de transferencia de innovación, requiere de un trabajo de la mano entre quien la promueve y de los productores, además de que debe tener continuidad.

La mayor importancia de la experiencia del proceso de difusión de la transferencia a pequeños productores radica en la conformación de nuevos faros agroecológicos, buscando que la producción de naranja agroecológica se extienda en todo el estado de Veracruz.

Es necesario para el escalonamiento de la agroecología mostrar y documentar las

experiencias exitosas.

En los procesos de innovación, difusión y transferencia de tecnología influyen de forma importante las características culturales de los productores para que se logre la aceptación y adopción; así mismo es importante como se instrumentan los procesos de enseñanza-aprendizaje y difusión.

REFERENCIAS

Altieri M. 2009. El estado del arte de la agroecología: Revisando avances y desafíos. En: Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. Vertientes del pensamiento agroecológico: Fundamentos y aplicaciones. SOCLA. Medellín, Colombia. pp. 69-94.

Altieri M.; Nicholls C. I. y R. Montalba. 2014. El papel de la biodiversidad en la agricultura campesina en América Latina. En: LEISA. Vol. 30. No. 1. Marzo, 2014. Lima, Perú. pp. 5-8.

Castro R. V. M. 2002. Manual para establecer parcelas demostrativas agrícolas y pecuarias. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Publicación especial núm. 19. 33p.

Gómez C. M. A.; Gómez T. L., Schwentesius R. R. Rodríguez N. O., Reyes R. R; Villatoro López M. O. 2021. Guía agroecológica para la producción de naranja orgánica. CIIDRI-PEVU-Patronato Universitario-CLAC-Fair Trade-REDAC. Segunda edición. Chapingo, Estado de México.

González de Molina M. y Guzmán G. 2016. Sobre los orígenes andaluces de la agroecología en España y su contribución a la formación del pensamiento agroecológico. En: Agroecología. No. 11. 2016. Sevilla, España. pp. 105-116.

Jara, O. 2017. La sistematización de experiencias: práctica y teoría para mundos posibles. Centro de Educación y Desarrollo Humano. Primera edición, Bogotá, Colombia. 258p.

Lazcano Quintero D.M. 2020. Norma técnica para la certificación agroecológica de productos orgánicos. Tesis de Ingeniería en Agroecología. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.

López López R. 2012. Entomófagos asociados a *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en cítricos con diferentes sistemas de manejo de arvenses en Papantla, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Departamento de Agroecología. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.

Reyes Rosales R.; Gómez C. M. A., Gómez T. L., Schwentesius R. R. 2016. Sistematización agroecológica sostenible como propuesta de desarrollo rural en Loxicha, Oaxaca, México. En: Agro productividad 9 (5). pp. 22-28.

Rossi. 2020. Antología toxicológica del glifosato. Naturaleza de derechos. 5ta Ed. Argentina. Disponible en: <https://surcosdigital.com/wp-content/uploads/2020/04/Antologia-toxicol%C3%B3gica-del-glifosato-5-ed.pdf>

Santiago Mendoza J. M. 2020. Primer Informe de Servicio Social en San Pablo, Papantla, Veracruz. CIIDRI. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. México. Mimeo.

SIAP. 2021. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la producción agrícola 2019. Consultado el 25 de febrero de 2021. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/>

O CRÉDITO E OS TÍTULOS DE CRÉDITO RURAL COMO INSTRUMENTO DE VIABILIZAÇÃO ECONÔMICA E SOCIAL DA PROPRIEDADE

Data de aceite: 01/11/2021

Domingos Benedetti Rodrigues

Pós-Doutorando em Direito pela URI Campus de Santo Ângelo RS - Brasil. Doutor em Educação nas Ciências pela UNIJUI de Ijuí. Mestre em Direitos Sociais e Políticas Públicas pela UNISC de Santa Cruz do Sul. Graduado em Ciências Jurídicas e Sociais pela FADISA de S. Ângelo. Graduado na Licenciatura em Artes Práticas Habilitação em Técnicas Agrícolas pela UNIJUI. Professor do Programa de Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural e do curso de Direito da Universidade de Cruz Alta - UNICRUZ. Integrante do Grupo de Pesquisa GPJUR do curso de Direito da UNICRUZ, Advogado
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8864047874239071>
orcid.org/0000-0002-7305-710x

Tamara Silvana Menuzzi Diverio

Pós-Doutora em Economia pela Universidade de Évora - Portugal. Doutora em Desenvolvimento Rural pela UFRGS. Graduada em Ciências Econômicas pela UFSM. Gradua em Direito pela URI Campus de Frederico Wesphalen. Docente da Universidade Federal Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI/FW), Brasil.
<http://lattes.cnpq.br/4786820523118317>

RESUMO: Esta pesquisa visa compreender os aspectos jurídicos que envolvem o crédito e os títulos de crédito rural, como sendo um instrumento para a viabilização econômica e social da propriedade rural. As reflexões sobre

o assunto foram amparadas no método dedutivo como métodos de abordagem e pesquisas bibliográficas como método de pesquisa. Ressalta-se que o crédito rural é o elemento propulsor da economia e do desenvolvimento social, cuja dependência aos financiamentos é notada no Brasil, desde o seu período colonial, imperial até os dias atuais, a fim de que a atividade econômica voltada a propriedade rural possa produzir, industrializar, investir e comercializar seus produtos. Diante disso, o direito e a economia tem a tarefa de fortalecer estrutura legal que garanta a proteção da ação econômica, sendo que a adoção da legislação adequada neste meio pode reduzir riscos, diminuir os custos de transação e promover a circulação de riqueza no país.

PALAVRAS-CHAVE: Agronegócio. Título de Crédito. Agricultura.

CREDIT AND RURAL CREDIT BONDS AS INSTRUMENT VIABILITY ECONOMIC AND SOCIAL PROPERTY

ABSTRACT: This research aims to understand the legal aspects involving credit and rural credit securities, as an instrument for the economic and social viability of rural property. The reflections on the subject were supported by the deductive method as approach methods and bibliographical research as the research method. It is noteworthy that rural credit is the driving force of the economy and social development, whose dependence on financing has been noted in Brazil, from its colonial, imperial to the present day, so that economic activity directed to rural property can

produce, industrialize, invest and market their products. Given this, the law and the economy have the task of strengthening the legal structure that ensures the protection of economic action, and the adoption of appropriate legislation in this environment can reduce risks, reduce transaction costs and promote the circulation of wealth in the country.

KEYWORDS: Agribusiness. Credit title. Agriculture.

1 | CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O crescimento da economia rural no Brasil tornou-se um assunto de suma importância, uma vez que, é reconhecido como uma das principais causas do motor do desenvolvimento econômico e social do País. Ultimamente se tornou um dos setores mais competitivos em escala internacional regional e mundial. Sendo assim, este trabalho tem como objeto identificar a importância do crédito rural e seus títulos de crédito como instrumento de desenvolvimento e viabilização econômica e social da propriedade rural. Como situação problema advinda da escolha do tema é, constatar em que sentido o crédito rural e seus títulos de crédito, que são regulamentados pela legislação constitucional e infraconstitucional brasileira, se constituem em instrumentos de desenvolvimento e viabilização da economia e social da propriedade rural.

Justifica-se que, a opção do estudo pelo viés econômico e social da propriedade rural, se fundamenta, especialmente, em dois importantes princípios do Direito Agrário¹, quais sejam, o princípio do progresso social e econômico e o da função social da propriedade rural.

A agricultura é responsável por boa parte dos empregos gerados no Brasil nos últimos tempos, tendo um saldo positivo em 2017, gerando aproximadamente 36.827 postos de trabalho, segundo números cadastrados no Cadastro Geral de Empregos e Desempregos (CAGED, 2017). O agronegócio, no ano de 2017, foi responsável por cerca de 23,5% do produto interno bruto (PIB), sendo que em 13 anos, esta foi a melhor participação, segundo a Associação Brasileira do Agronegócio (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO AGRONEGÓCIO, 2017).

Assim, entre os instrumentos que podem e ser utilizados estão os contratos jurídicos e os títulos de crédito rural. Cabe destacar que, são inúmeras as discussões e consequências jurídicas que merecem estudo e reflexão em relação a estes elementos. Então, os negócios rurais são compostos por inúmeras atividades, de diversas características, integradas na economia, que vão desde o fornecimento de insumos da produção, industrialização, armazenamento, comercialização e logística.

¹ Segundo Barros (2015) o Direito Agrário fundamenta-se, especialmente, no princípio da função social da propriedade, da justiça social, da prevalência do interesse coletivo sobre o individual, da reformulação da estrutura fundiária e do progresso econômico e social.

2 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

No desenvolvimento do estudo em sua vertente conceitual deverá ser realizada uma revisão de literatura a respeito do crédito rural e o agronegócio brasileiro e por fim a legislação constitucional e infraconstitucional voltada ao crédito rural e seus respectivos títulos de crédito. Assim, o método de abordagem dedutivo se faz como ideal para proposição de soluções para questões contemporâneas pertinentes a problemática da pesquisa, que busca levar em consideração a economia e as peculiaridades do direito agrário brasileiro no tocante ao tema objeto da presente pesquisa.

A pesquisa será qualitativa, pois os procedimentos utilizados para este estudo deverão ser descritivos, com análises que permitem uma abordagem mais ampla do problema, podendo assim, interpretá-lo de forma precisa. O estudo deverá se caracterizar como pesquisa exploratória e também descritiva, que possibilitam aprofundar os conhecimentos com base em relatórios, doutrinas e artigos científicos, fazendo análises que darão sustentação e clareza a respeito do objeto do estudo. Segundo Beuren (2013), a pesquisa descritiva é um estudo intermediário entre uma pesquisa exploratória e a explicativa, ou seja, não é muito inicial e nem muito aprofundada, ela está em um meio termo.

Quanto ao tipo de pesquisa, está será realizada mediante pesquisa bibliográfica, pelo fato de melhor favorecer a coleta de informações e esclarecimentos sobre as questões do problema da pesquisa, tendo em vista que “[...] a pesquisa bibliográfica não é mera repetição do que já foi dito ou escrito sobre certo assunto, mas propicia o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras” (LAKATOS; MARCONI, 2009, p. 182). Por fim, na realização deste trabalho pretende-se ainda utilizar como metodologia a pesquisa exploratória, explicativa, bibliográfica, documental e a análise e interpretação de dados.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os mercados agrícolas possuem um importante formato de transações econômicas, pois neste espaço se encontram e se relacionam os ofertantes e demandantes, apresentando assim, um conjunto de institutos jurídicos que permite, garante e gera segurança as negociações, especialmente no que tange os negócios oriundos da propriedade rural, especialmente, o crédito

Rural, nas suas diversas modalidades e seus respectivos títulos, que é o objeto desta pesquisa. Assim, entende-se que a área intitulada como “direito dos negócios rurais” regula o conjunto de normas que comanda as atividades econômicas vinculadas ao meio rural e seus mercados. Importa saber que, a definição de agronegócio, para propósito deste trabalho, está associada ao conceito definido por Buranello (2005, p. 1)

O mercado agropecuário ou agronegócio pode ser definido como conjunto de atividades compreendidas entre a fabricação e suprimento de insumos, da formação e produção nas unidades agropecuárias, até o processamento, acondicionamento, armazenamento, distribuição e consumo dos produtos in natura ou industrializados. Dessa forma, uma visão sistemática do negócio agrícola envolve fundamentalmente também as formas de financiamento, as bolsas de mercadorias e as políticas públicas.

Por este viés, a economia ligada à propriedade rural é constituída pelo mercado agropecuário, que envolve as atividades de produção, fabricação, insumos em geral, processamento, armazenamento, distribuição e consumo. Para funcionamento desta cadeia econômica, a Constituição Federal de 1988 regulamentou a denominada política agrícola, ou seja, a ação governamental em prol do fomento e do desenvolvimento das atividades econômicas oriundas da propriedade rural.

Importa ressaltar que, a Constituição Federal Brasileira de 1998, especialmente, em seu artigo 187 as diretrizes constitucionais para a política agrícola a ser levada a cabo em todo o Brasil. São medidas e instrumentos de proteção à propriedade rural, com o objetivo de conduzir as atividades agropecuárias, equilibrando-as com outras atividades, como as industriais, as comerciais, de armazenamento e transportes. Dessa forma, ela estabelece em seu art. 187:

Art. 187. A política agrícola será planejada e executada na forma da lei, com a participação efetiva do setor de produção, envolvendo produtores e trabalhadores rurais, bem como dos setores de comercialização, de armazenamento e de transportes, levando em conta, especialmente: I - os instrumentos creditícios e fiscais; II - os preços compatíveis com os custos de produção e a garantia de comercialização; III - o incentivo à pesquisa e à tecnologia; IV - a assistência técnica e extensão rural; V - o seguro agrícola; VI - o cooperativismo; VII - a eletrificação rural e irrigação; VIII - a habitação para o trabalhador rural. § 1º - Incluem-se no planejamento agrícola as atividades agroindustriais, agropecuárias, pesqueiras e florestais. § 2º - Serão compatibilizadas as ações de política agrícola e de reforma agrária (BRASIL, 1988).

O dispositivo constitucional antes mencionado regulamenta as ações e instrumentos que vão caracterizar a política agrícola brasileira mediante a participação governamental neste

setor da economia. Diante deste regulamento, destaca-se o conteúdo do inciso I, que menciona os instrumentos creditícios e fiscais. Trata-se dos instrumentos de crédito rural voltado ao financiamento das atividades oriundas da propriedade rural, que será colocado a disposição dos proprietários, arrendatários ou parceiros agrícolas, que manifestarem desejo de tomar as linhas de crédito para fomentar o custeio da atividade, as instalações, a comercialização e a industrialização.

Como o próprio artigo 187 da Constituição de 1988, estabeleceu a necessidade de ser editada norma infraconstitucional regulamentadora, foi sancionada, especialmente, a Lei nº 8.171 de 17 de janeiro de 1991. Ela dispõe sobre a política agrícola a ser implantada

no Brasil e, ao mesmo tempo, a participação governamental no setor.

Primeiramente é necessário ressaltar o conceito jurídico de atividade agrícola a ser desenvolvida na propriedade rural. O artigo 2º caput da Lei antes mencionada (BRASIL, 1991) estabelece que a atividade agrícola envolve todos “[...] os processos físicos, químicos e biológicos, onde os recursos naturais envolvidos devem ser utilizados e gerenciados, subordinando-se às normas e princípios de interesse público, de forma que seja cumprida a função social e econômica da propriedade.”

Por sua vez, o mesmo artigo 2º inciso II positiva o conceito de setor agrícola, como sendo aquele que envolve os segmentos da “[...] insumos, agroindústria, comércio, abastecimento e afins, os quais respondem diferentemente às políticas públicas e às forças de mercado.”

Entende-se que a atividade dos negócios rurais compreende além das atividades vinculadas a produção agropecuária. Também é extensiva a área do crédito rural, como estabelece o artigo 4º inciso XI da Lei em comento. Assim, cabe salientar que, um dos elementos fundamentais para o desenvolvimento e financiamento da atividade agrícola no Brasil é o crédito rural, uma vez que, a política de crédito brasileira passou a ser um fator de extrema relevância para o crescimento econômico do país.

A Lei que regulamenta a política agrícola em todo o Brasil, em seu art. 48 estabelece que o crédito rural constitui-se em mecanismo de “[...] financiamento da atividade rural, será suprido por todos os agentes financeiros sem discriminação entre eles, mediante aplicação compulsória, recursos próprios livres, dotações das operações oficiais de crédito, fundos e quaisquer outros recursos [...]”. Este mesmo artigo estabeleceu os objetivos a serem alcançados pelos instrumentos de política agrícola, dentre eles, as diversas linhas de crédito rural a serem concedidas. São eles:

- I - estimular os investimentos rurais para produção, extrativismo não predatório, armazenamento, beneficiamento e instalação de agroindústria, sendo esta, quando realizada por produtor rural ou suas formas associativas;
- II - favorecer o custeio oportuno e adequado da produção, do extrativismo não predatório e da comercialização de produtos agropecuários;
- III - incentivar a introdução de métodos racionais no sistema de produção, visando ao aumento da produtividade, a melhoria do padrão de vida das populações rurais e à adequada conservação do solo e preservação do meio ambiente;
- V - propiciar, através de modalidade de crédito fundiário, a aquisição e regularização de terras pelos pequenos produtores, posseiros e arrendatários e trabalhadores rurais;
- VI - desenvolver atividades florestais e pesqueiras.

O crédito rural destinado a financiar as atividades rurais antes mencionadas, precisa cumprir com sua função social. O artigo 2º inciso IV desta Lei determina que, toda ação ou instrumento de política agrícola deve ter como pressuposto o “[...] adequado abastecimento alimentar é condição básica para garantir a tranquilidade social, a ordem pública e o processo de desenvolvimento econômico-social.” Razão pela qual, a grande parte dos recursos são de origem do Governo Federal, diretamente ao tomador do empréstimo, ou, por meio da iniciativa

privada que, em muitos casos, busca junto ao Governo tais recursos a serem oferecidos ao proprietário, arrendatário ou parceiro agrícola.

Marques (2015, p. 153 e 154) afirma que, todas as espécies de crédito rural desenvolvem “[...] um papel relevantíssimo no contexto das medidas governamentais consideradas de Política Agrícola. Tão importante é sua função, que se pode dizer, sem receio da crítica especializada, que ele está para a Política Agrícola, como a função social está para o Direito Agrário”, devendo, pois, ser universalizado a todos os produtores, independente da sua condição, mediante a obrigatoriedade de ser investido nas atividades, a fim de que promova o desenvolvimento econômico e social.

O cumprimento da função social do crédito vai impactar positivamente no cumprimento das funções sociais da propriedade, especialmente, no requisito do artigo 186, inciso I da Constituição de 1988 (BRASIL, 1988), que diz respeito ao aproveitamento racional e adequado da propriedade rural, que é o grau de utilização e o grau de eficiência da mesma. Assim, o crédito rural, se bem aplicado, trará melhores condições ao produtor utilizar de forma racional e adequada sua propriedade, obtendo índices satisfatórios de produção e de produtividade na sua produção.

A legislação regulamentadora do crédito rural, como um mecanismo de desenvolvimento dos negócios rurais, o Governo Federal ao planejar tais políticas agrícolas, deve levar em consideração todos os estabelecimentos rurais, sejam eles, propriedades patronais ou os estabelecimentos familiares. Porquanto, a Lei 11.326 de 2006 (BRASIL, 2006) regulamentou as finalidades essenciais do crédito rural a ser destinado ao proprietário que se declara familiar.

§ 1º Quando destinado a agricultor familiar ou empreendedor familiar rural, nos termos do art. 3º da Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006, o crédito rural terá por objetivo estimular a geração de renda e o melhor uso da mão-de-obra familiar, por meio do financiamento de atividades e serviços rurais agropecuários e não agropecuários, desde que desenvolvidos em estabelecimento rural ou áreas comunitárias próximas, inclusive o turismo rural, a produção de artesanato e assemelhados. § 2º Quando destinado a agricultor familiar ou empreendedor familiar rural, nos termos do art. 3º da Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006, o crédito rural poderá ser destinado à construção ou reforma de moradias no imóvel rural e em pequenas comunidades rurais (Acrescentado (a) pelo (a) Lei 11.718/2008).

A legislação federal antes mencionada, cujo objeto é regulamentar as políticas agrícolas de crédito rural, estabelece uma condição: que todas as linhas criadas pelos Governos devem ter o caráter universal, ou seja, serem disponibilizadas a todos os proprietários independentemente da sua condição, a todos os arrendatários, parceiros agrícolas ou comodatários rurais.

As linhas de crédito rural a serem planejadas e colocadas a disposição de exerce toda e qualquer atividade rural estabelecida em norma, devem contemplar todas as linhas de crédito. Segundo Marques (2015, p. 156), a partir dos objetivos que a legislação

regulamentadora do crédito rural, especialmente a Lei nº 4.829/1965 e a Lei nº 8.171/1991, foram regulamentados os tipos de crédito rural. São eles:

a) O crédito de custeio se destina a cobertura das despesas normais de um ou mais períodos de produção, seja agrícola ou pecuária, compreendendo estas despesas todos os encargos, desde o preparo da terra até o beneficiamento primário da produção e seu armazenamento; b) o crédito de investimento destinado à formação de capital fixo e semifixo; c) crédito de comercialização, que se destina a facilitar aos produtores rurais a colocação de seus produtos colhidos ao mercado.

A respeito dos tipos de crédito rural mencionados importa salientar que, Barros (2015) ainda destaca que existe a linha de crédito industrialização. “É o crédito rural destinado à transformação da matéria prima diretamente pelo produtor rural. Por exemplo, é considerado crédito rural para a industrialização a destinação de recursos para o beneficiamento do arroz, formação de sementes etc.” Sendo assim, para efeitos deste trabalho, os tipos de crédito rural a serem considerados são: o custeio, o investimento, a comercialização e a industrialização.

Nesse sentido, destaca-se que a viabilidade da liberação dos recursos para os tipos de crédito antes mencionados como meio de política agrícola, é consolidado mediante emissão de um título de crédito correspondente ao crédito tomado pelo produtor rural. Entretanto, ressalta-se que, o meio para contratar os empréstimos rurais devem ser por intermédio de contrato particular, escritura pública ou outros títulos previstos na legislação regulamentadora. Após a constituição do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), no ano de 1966, o funcionamento do crédito rural passou a ser realizado por meio de títulos de financiamento rural. Eles foram constituídos, especialmente, pelo Decreto - Lei 167 de 14 de fevereiro de 1967 (CARDOSO, 2011).

Marques (2015) ressalta que a Lei nº 4.829/1965 no seu artigo 36, parágrafo único, “[...] atribui competência ao Conselho Monetário Nacional para regularizar a utilização de títulos cambiais em operações de crédito rural, certamente como consequência dos resultados satisfatórios da nova forma de contratar os financeiros rurais.”

Por sua vez, Fernando e Toledo (2014) lembram que autores, como Ascarelli e Vivante, possibilitaram o conhecimento da teoria clássica e da definição dos títulos de crédito. Para os referidos autores, a definição de título de crédito é “[...] o documento necessário para o exercício do direito literal e autônomo nele mencionado.” Importa ressaltar que, parte dos títulos de créditos estão positivados no Código Civil de 2002. Para Ascarelli (2013, p. 12) “[...] os títulos de crédito possuem como objetivo principal a facilitação da circulação de direitos, o que em certa medida, viabiliza o crédito, pois sua mobilização remete aos três princípios informadores do regime jurídico cambial: cartularidade, literalidade e autonomia.”

O mesmo autor (2013) menciona que, os títulos de crédito expressam a existência de documento essencial para que se cumpra o direito expresso nele. Assim, os princípios que regem os títulos de crédito dos negócios rurais são a cartularidade, pois os títulos de crédito estão constituídos de base física, ou seja, constituem o crédito. A literalidade, princípio em

que não pode existir título de crédito sem descrever a relação jurídica que se cria entre as partes. A autonomia, que embora todo tipo de crédito tenha uma base oculta, nem sempre é debatida e, por último a unilateralidade, que estabelece não ser necessária ter concordância do beneficiado para a constituição do título de crédito. O referido autor afirma que, o endosso do título de crédito é uma figura parecida do direito literal e autônomo nele contido, somente produz efeito quando preencha os requisitos da lei.” com a cessão de crédito civil, bem como é aplicável somente aos títulos de crédito.

Para Ávila (2017), o título de crédito é o documento necessário para o exercício do direito literal e autônomo nele mencionado, que vai regular a relação estabelecida entre o credor e o tomador do empréstimo, que é o produtor rural. Ressalta-se que os títulos de crédito circulam por meio de endosso, que é a transferência da propriedade do título de crédito para um beneficiário novo, por meio de uma simples assinatura no seu verso ou no seu *anverso*.

A mesma norma determina em seu artigo 888 e 889, “[...] que a omissão de qualquer requisito legal, que tire ao escrito a sua validade como título de crédito, não implica a invalidade do negócio jurídico que lhe deu origem.” Além disso, determina “[...] que no título de crédito deva conter a data da emissão, a indicação precisa dos direitos que confere, e a assinatura do emitente.”

No que se refere à fundamentação jurídica dos títulos de crédito rural menciona-se, especialmente, a Lei nº 4.829 de 1965, que regulamenta o crédito rural, o Decreto nº 167 de 14 de fevereiro de 1967, que dispõe sobre títulos de crédito rural. Na sequência, a Lei nº 8.171 de 1991 da política agrícola brasileira, a Lei nº 8.929 de 22 de agosto de 1994, que institui a cédula de produto rural, e por fim, a Lei nº 11.076, de 30 de dezembro de 2004, que dispõe sobre o certificado de depósito agropecuário - CDA, o warrant agropecuário - WA, o certificado de direitos creditórios do agronegócio - CDCA, a letra de crédito do agronegócio - LCA e o certificado de recebíveis do agronegócio - CRA, sobre a nova redação à dispositivos da Lei nº 8.929 de 22 de agosto de 1994, que institui a cédula de produto rural - CPR.

Nesse contexto, o Decreto nº 167 de 14 de fevereiro de 1967 (BRASIL, 1967) reorganizou e simplificou o lançamento desses títulos de crédito, que possuem o propósito de incentivar o financiamento das atividades rurais. Além disso, estabelece especialmente a cédula de crédito rural e a nota de crédito rural. Elas tratam de títulos de característica civil, resultantes de financiamento à cooperativa, organização ou produtor rural. As duas equivalem a uma expectativa de pagamento com a seguinte diferença: a cédula de crédito rural tem garantia real incorporada à respectiva cártula. A nota de crédito comercial, por sua vez, não possui garantia real. Os demais títulos de crédito rural apontados neste Decreto é a nota promissória rural e a duplicata rural. Elas tratam de títulos usados em negociações de compra e venda de característica rural, contratadas a prazo, não constitutivas de financiamento no ambiente do crédito rural.

A Lei nº 8.929 de 22 de agosto de 1994 (BRASIL, 1994) estabeleceu a cédula de produto rural (CPR), esta que se trata de um título de característica causal, difundido por

produtor ou cooperativa rural, como expectativa de entrega de mercadorias rurais, podendo incluir garantia hipotecária, pignoratícia ou fiduciária. A CPR é um título de crédito particular auferido, pode ser utilizada, por exemplo, em negociações em que um agricultor adquire insumos - fertilizantes ou defensivos agrícolas - e se compromete a pagá-los entregando certa quantidade de produto em data previamente combinada. Neste caso, trata-se de um título de crédito multifuncional, bem como vantajoso ao agronegócio, na medida em que permite ao produtor rural, sem despendar haveres, financiar sua produção, assumindo somente a disposição futura de entregar a participação da safra aos seus fornecedores de insumos.

Na sequência a Lei nº. 11.076 de 30 de dezembro de 2004 (BRASIL, 2004) instituiu outros títulos destinados às negociações financeiras do agronegócio por meio dos seguintes eixos: certificado de depósito agropecuário, 'warrant' agropecuário, certificado de direitos creditórios do agronegócio, letra de câmbio do agronegócio e o certificado de recebíveis do agronegócio, foco deste estudo.

Portanto, cabe ressaltar que, em conformidade com o exposto, o agronegócio é um dos segmentos fundamentais para a economia brasileira, conforme dados apontados no trabalho. Dessa forma acredita-se que é de grande importância o entendimento das operações com os títulos do agronegócio, como os títulos de crédito do agronegócio, ressaltando que, o crédito rural a ser disponibilizado, segundo a legislação vigente, tem obrigatoriedade de cumprir com sua função social. A sua função social é uma responsabilidade de quem destina as linhas de crédito e do produtor rural, que assume o compromisso de realizar sua aplicabilidade correta naquilo que foi contratado, a fim de desenvolver suas atividades rurais e proporcionar o desenvolvimento da economia, atendendo os interesses e as necessidades da sociedade.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao tecer as considerações finais da presente pesquisa, constatou-se que o direito e a economia são duas ciências, que vêm se consolidando e se complementando interdisciplinarmente, no que tange as questões relacionadas às inúmeras exigências e demandas oriundas da propriedade rural. A primeira atua, principalmente, na regulamentação das atividades rurais e na garantia para que elas se desenvolvam a partir dos parâmetros jurídicos. Já, a segunda, atua no sentido de proporcionar condições técnicas e gerenciais para a produção, a comercialização, a transformação de tudo que é produzido e a gestão da propriedade como unidade de produção, a fim de que a economia advinda dos negócios rurais se desenvolva, atendendo os interesses do produtor rural e de toda a sociedade.

No entanto, para que ocorra a viabilidade econômica e social da propriedade rural, é necessário que o crédito rural na sua forma de custeio, de investimento, de comercialização e de industrialização, bem como seus respectivos títulos de crédito, como instrumentos que, especialmente no Brasil, são necessários para o desenvolvimento da economia advinda dos negócios rurais.

Assim, o aspecto jurídico constitucional e infraconstitucional aplicáveis ao crédito rural, seus títulos de crédito e a própria relação existente entre as áreas do direito e da economia, são fatores necessários para se pensar o desenvolvimento econômico e social da propriedade rural. Ao se conhecer os aspectos jurídicos do crédito e dos títulos de crédito rural, é possível avançar no entendimento das normas que regem as relações conflituosas entre o produtor rural, o Estado, e o Sistema Financeiro Nacional, as empresas fabricantes de bens de consumo ligados ao agronegócio, as comercializadoras dos insumos e os compradores dos produtos rurais, as seguradoras, as cooperativas, as empresas armazenadoras e o sistema de transporte.

Pelos estudos até aqui realizados, toda linha de crédito, seja custeio, investimento, comercialização ou industrialização que o Governo regulamenta em norma e coloca disposição do produtor rural, deve cumprir com sua função social. Por tais razões, o crédito rural cumpre com suas funções sociais, quando atinge seus objetivos previstos na Lei 4.829 de 1965 e no artigo 48 da Lei 8.171 de 1991 já mencionados no trabalho, como sendo de responsabilidade do Governo. De outra forma, o cumprimento da função social é de responsabilidade do produtor rural, quando toma os empréstimos colocados a sua disposição, mediante o encaminhamento de projetos de custeio, de investimento, de comercialização ou de industrialização ao órgão financiado, executando na prática a totalidade dos projetos financiados.

O crédito rural, que é constituído basicamente com recursos governamentais e, por isso, é produzido pela sociedade como um todo, como por exemplo, mediante o recolhimento de seus tributos, que formarão os recursos financeiros do caixa único do Estado, constituindo-se assim, numa das fontes para os financiamentos rurais. É neste sentido que o crédito rural é assunto de interesse geral da sociedade e, por conseguinte, o Governo e o produtor rural tem obrigatoriedade de atender o bem comum de todos. Da mesma forma, o cumprimento da função social deve ocorrer, quando as linhas de financiamento são oriundas de empresas privadas, que operam com recursos próprios ou recursos obtidos junto ao Governo, para financiar o produtor no seu interesse de produzir.

Então, toda linha de crédito rural deve ser regulamentada por norma, segundo o artigo 187 da Constituição Federal de 1988 e a legislação infraconstitucional antes mencionada. No entanto, como toda linha de crédito é um instrumento de política agrícola, este dispositivo da Constituição determina que, ela deverá ser “[...] planejada e executada na forma da lei, com a participação efetiva do setor de produção, envolvendo produtores e trabalhadores rurais, bem como dos setores de comercialização, de armazenamento e de transportes [...]”. Dessa forma, o crédito é considerado constitucional. Do contrário, quando as linhas de crédito não são definidas em conformidade com o disposto constitucional, serão consideradas inconstitucionais e perderão sua eficácia jurídica.

Sendo assim, o cumprimento da função social do crédito rural colocado a disposição pelas entidades financeiras e contraído pelo produtor, bem como seus respectivos títulos

de crédito como garantia de um empréstimo realizado, se constituem num importante instrumento de desenvolvimento e viabilização econômica da propriedade rural, contribuindo de forma decisiva para a economia brasileira tornar-se sustentável e competitiva no mercado interno e internacional de toda cadeia dos negócios rurais.

Portanto, se toda espécie de crédito rural previsto pela legislação brasileira tem obrigatoriedade de cumprir com a função social, todavia, especialmente, aquele que é liberado pelo Governo, como sendo recursos oriundos da sociedade em geral, deve ser liberado apenas ao produtor rural, que cumprir simultaneamente os requisitos da função social da sua propriedade nos termos do artigo 186 da Constituição de 1988 (BRASIL, 1988), ou seja, ao proprietário que promove o aproveitamento racional e adequado da propriedade; que realiza a utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e a preservação do meio ambiente; que observa as disposições que regulam as relações de trabalho e a exploração que favoreça o bem-estar dos proprietários e dos trabalhadores.

REFERÊNCIAS

ASCARELLI, Tullio. **Teoria Geral dos Títulos de Crédito**. Campinas - SP: Editora Servanda, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO AGRONEGÓCIO - ABAG. **Agronegócio**. Disponível em: <<http://www.abagr.org.br/agronegocioConceito.php>>. Acesso em: 11 set. 2019.

ÁVILA, Carlos Alberto Rosal de. **A estruturação jurídica das operações de barter do agronegócio brasileiro**. Monografia apresentada à Banca Examinadora da Faculdade de Direito da Universidade de Brasília. Orientador: Prof. Dr. Antônio Augusto Brandão de Aras. Brasília, 2017.

BARROS, Wellington Pacheco. **Curso de Direito Agrário**. Vol. 1. Doutrina, jurisprudência e exercícios. 9. ed. Porto Alegre; Livraria do advogado Editora, 2015.

BEUREN, I. M. **Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2013.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília: Presidência da República, 1988. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/consti/1988/constituicao-1988-5-outubro-1988-322142-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 23 Fev. 2021.

BRASIL. **Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991**. Dispõe sobre a política agrícola. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCivil_03/Leis/L8171.htm>. Acesso em: 11 set. 2019.

BRASIL. **Decreto-lei nº 167, de 14 de fevereiro de 1967**. Dispõe sobre títulos de crédito rural e dá outras providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/De10167.htm>. Acesso em: 11 set. 2019.

BRASIL. **Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil Brasileiro. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/110406.htm>. Acesso em: 11 set. 2019.

BRASIL. **Lei nº 8.929, de 22 de agosto de 1994**. Institui a Cédula de Produto Rural, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1994/lei-8929-22-agosto-1994-349613-norma-atualizada-pl.html](http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1994/lei-8929-22-agosto-1994-349613-norma-1994-349613-norma-atualizada-pl.html)>. Acesso em: 11 set. 2019.

BRASIL. **Lei nº 11.076, de 30 de dezembro de 2004**. Dispõe sobre o Certificado de Depósito Agropecuário – CDA, o Warrant Agropecuário – WA, o Certificado de Direitos Creditórios do Agronegócio – CDCA, a Letra de Crédito do Agronegócio – LCA e o Certificado de Recebíveis do Agronegócio – CRA, dá nova redação a dispositivos das Leis nos 9.973, de 29 de maio de 2000, que dispõe sobre o sistema de armazenagem dos produtos agropecuários, 8.427, de 27 de maio de 1992, que dispõe sobre a concessão de subvenção econômica nas operações de crédito rural, 8.929, de 22 de agosto de 1994, que institui a Cédula de Produto Rural – CPR, 9.514, de 20 de novembro de 1997, que dispõe sobre o Sistema de Financiamento Imobiliário e institui a alienação fiduciária de coisa imóvel, e altera a Taxa de Fiscalização de que trata a Lei no 7.940, de 20 de dezembro de 1989, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L11076.htm>. Acesso em: 11 set. 2019.

BURANELLO, Renato. **Novos títulos de crédito rural são opção para maximizar recursos**. 2005. Disponível em: <https://www.migalhas.com.br/dePeso/16,MI11820,21048-Novos+titulos+para+financiamento+do+Agronegocio> . Acesso em: 11 set. 2019.

BURANELLO, M. R. **Sistema Privado de Financiamento do Agronegócio**. 2. ed. São Paulo: Quartier Latin, 2011.

CARDOSO, Amilde Adílio. As cédulas de crédito rural e a função social do crédito rural. Universidade do sul de Santa Catarina (UNISUL). Tubarão, 2011. Monografia apresentada ao Curso de Direito da Universidade do Sul de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Direito. Orientadora: Prof. Keila C. Alberton Esp. Disponível em: < http://pergamum.unisul.br/pergamum/pdf/106210_Amilde.pdf>. Acesso em: 11 de set. 2019.

FERNANDES, J. C.; TOLEDO, A. M. Desmaterialização e Imaterialização dos Títulos de Crédito do Agronegócio e a sua Executividade. **Revista da AJURIS**. v. 41, n. 135, setembro 2014.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MARQUES, Benedito Ferreira. Colaboração de Carla Regina Silva Marques. **Direito Agrário Brasileiro**. 11. ed. Revista ampliada. São Paulo: Editora Atlas, 2015.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO - MTE. **Cadastro Geral de Empregados e Desempregados - CAGED**. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/caged/default.asp>>. Acesso em: 11 de set. 2019.

WAQUIL, P. D.; MIELE, M.; SCHULTZ, G. **Mercados e Comercialização de Produtos Agrícolas**. Universidade Aberta do Brasil - UAB/UFRGS, Curso de Graduação Tecnológica.

- Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2010.

VERGARA, S.C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2006.

WAQUIL, P. D. **Mercado e comercialização de produtos agrícolas**. Marcelo Miele e Glauco Schultz. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil - UAB/UFRGS e pelo curso de graduação tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2010.

ZYLBERSZTAJN, D.; NEVES, M. F. **Economia e Gestão dos Negócios Agroalimentares**. Editora: Pioneira Publicação, 2010.

CAPÍTULO 10

POTENCIAL DE USO DO FUNGO ENTOMOPATHOGENICO *Isaria Spp.*

Data de aceite: 01/11/2021

Data da Submissão: 05/08/2021

Ingrid de Araujo Reis

Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/8099653255073086>

Edna Antônia da Silva Brito

Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/0665174127405480>

Thayná da Cruz Ferreira

Universidade Federal Rural da Amazônia.
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/8199864715946638>

Lorene Bianca Araújo Tadaiesky

Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/1141977095515845>

Diego Lemos Alves

Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/4202542830478566>

Gleiciane Rodrigues dos Santos

Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/4808482618610598>

Alice de Paula de Sousa Cavalcante

Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/6975802869007506>

Josiane Pacheco de Alfaia

Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/5286442594691074>

Gledson Luiz Salgado de Castro

Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/7980739792448566>

Alessandra Jackeline Guedes de Moraes

Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/1929662872746023>

Gisele Barata da Silva

Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/7941075213053812>

Telma Fatima Vieira Batista

Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/8251281115341075>

RESUMO: Os fungos entomopatogênicos são microorganismos que oferecem múltiplos serviços aos sistemas agroecológicos. Entre os quais destaca-se a capacidade de controlar pragas e mantê-las em níveis de equilíbrio no meio ambiente. Objetivou-se descrever o fungo entomopatogênico *Isaria ssp.*, através da eficiência de controle, produção massal e produtos comerciais disponíveis no mercado Brasileiro. O fungo *Isaria ssp.* como biopesticida é uma opção viável, prática, segura e ecologicamente correta, para auxiliar na diminuição dos danos e impactos negativos ambientais, que podem ser causados

pelas aplicações sistemáticas de inseticidas químicos, tradicionalmente utilizados em áreas agrícolas e florestais

PALAVRAS-CHAVE: Entomopatógeno, Controle biológico, Pragas

POTENTIAL USE OF THE ENTOMOPATHOGENIC FUNGUS *ISARIA SPP*

ABSTRACT: Entomopathogenic fungi are microorganisms that offer multiple services to agroecological systems. Among which stands out the ability to control pests and keep them at equilibrium levels in the environment. The objective was to describe the entomopathogenic fungus *Isaria spp.*, through the efficiency of control, mass production and available commercial products in the Brazilian market. The fungus *Isaria spp.* as a biopesticide, it is a viable, practical, safe and ecologically correct option to help reduce the damage and negative environmental impacts that can be caused by the systematic application of chemical insecticides, traditionally used in agricultural and forestry areas.

KEYWORDS: Entomopathogen, Biological Control, Pests.

INTRODUÇÃO

Os fungos entomopatogênicos possuem a capacidade de controlar espécies pragas em todas as fases da vida, exceto os ovos, e se manter no ambiente pelo desenvolvimento de epizootias naturais (ALVES, 1998), sendo assim, facilmente produzidos em escala massal, “*in vitro*” e podem ser utilizados no desenvolvimento de bioprodutos (ALVES; LOPES, 2008).

Dentro do Filo Ascomycota, a ordem Hypocreales é dividida em três famílias de fungos entomopatogênicos: família Cordycipitaceae estão os gêneros de maior importância agrícola, tais como *Beauveria*, *Isaria*, *Lecanicillium* e *Simplicillium* (HUMBER, 2012).

Dentre os fungos entomopatogênicos da família Cordycipitaceae se destaca o gênero *Isaria* (anteriormente denominado *Paecilomyces*), que tem sido considerado um dos mais promissores, pois causam epizootias naturais nas ordens Lepidoptera, Coleoptera, Hemiptera e Orthoptera (ALVES, 1998).

O uso de microorganismos no controle de pragas é uma prática segura e ecológica, e cerca de 80% dos microorganismos utilizados são fungos. Os fungos entomopatogênicos considerados com os melhores resultados no controle de insetos são os dos gêneros *Metarhizium*, *Beauveria*, *Verticillium*, *Nomuraea*, *Isaria* e *Entomophthora*. No gênero *Isaria*, existem espécies que são utilizadas como fungos entomopatogênicos como a *I. farinosa*, *I. javanica* e *I. fumorosa* (ALVES, 1998; ONOFRE *et al.*, 2002).

A espécie *Isaria farinosa* possui colônia de aspecto cotonoso, com coloração esbranquiçada, além de parasitar várias espécies de insetos, sendo isolado de larva, pupa e pupário, esta espécie coloniza o inseto hospedeiro, onde originam numerosos conidióforos com conídios ou surgem sinêmios no corpo do inseto. A *Isaria javanica* apresenta colônia de aspecto flocoso a cotonoso, cor branca ao creme, quando cultura

envelhecida, e após a morte de insetos há a formação do micélio cotonoso de cor branca, com numerosos conidióforos formados por fiáldes globosas, sobre os cadáveres da praga. A *Isaria fumosorosea* possui colônia de aspecto flocoso ou pulverulento, com variação de coloração, esbranquiçada em culturas novas, a tons de rosa quando produz conídios em abundância (SAMSON, 1988).

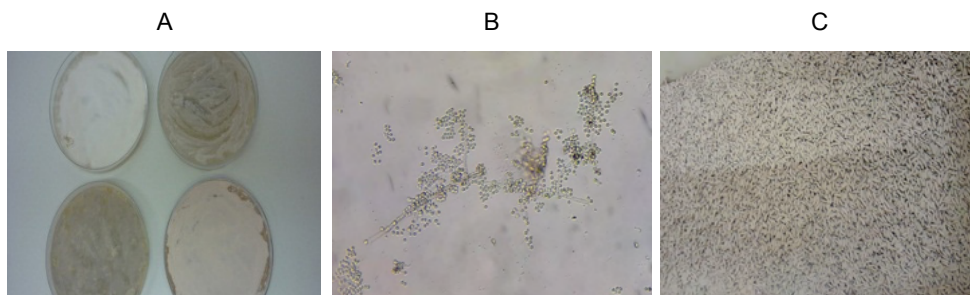


Figura 1: *Isaria fumosorosea* - A – Placas com colônias puras. B – Conídios. C – Produção massal em arroz. Fonte: Os Autores, 2021.

Os conídios são geralmente de cor hialina, unicelular e produzidos em cadeias basípetas. Representantes do gênero *Isaria* foram, por mais de 30 anos, incluídos na seção *Isarioidea* do gênero de *Paecilomyces* que, posteriormente foi reconhecido como sendo polifilético. Estudos filogenéticos reportaram que *Isaria* é um grupo monofilético dentro da família *Cordycipitaceae*, apresentando no seu clado as espécies *I. amoenerosea*, *I. cateniannulatus*, *I. cateniobliquus*, *I. cicadae*, *I. farinosa*, *I. fumosorosea*, *I. ghanensis*, *I. javanica* e *I. tenuipes* (LUANGSA-ARD *et al.*, 2005; SUNG *et al.*, 2007; ZIMMERMANN, 2008).

EFICIÊNCIA DE CONTROLE

O sucesso do controle de pragas por fungos entomopatogênicos está diretamente relacionado com as primeiras etapas do ciclo de infecção do patógeno sobre o tegumento do inseto hospedeiro. A adesão dos conídios sobre a cutícula dos insetos é um evento complexo que ocorre por mecanismos físicos e químicos entre o patógeno e o hospedeiro (ALVES, 1998) e causam distúrbios em vários órgãos e a morte dos insetos.

O fungo *Isaria* spp. é utilizado de forma global para o manejo integrado de mosca-branca, pulgões, cigarrinhas, cochonilhas e ácaros (FARIA & WRAIGHT, 2007).

Possui como principal alvo espécies da família *Aleyrodidae* (Hemiptera) especialmente *B. tabaci* (FARIA & WRAIGHT, 2007; CABANILLAS *et al.*, 2013). Diversos estudos têm revelado a eficiência sobre *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Psyllidae), vetor da doença Greening (Huanglongbing), podendo ser utilizado como uma estratégia complementar no manejo integrado de praga (AVERY *et al.*, 2013; HOY *et al.*, 2010; MEYER *et al.*, 2008).

A eficiência dos fungos entomopatogênicos é influenciada por vários fatores bióticos e abióticos que interferem diretamente na sobrevivência e propagação dos mesmos. Entre os fatores bióticos, para haver epizootia, é necessário que a população da praga esteja elevada para favorecer a disseminação do patógeno na área, pois apresenta alta virulência, alta capacidade de reprodução e persistência no ambiente (ALVES, 1998). Entre os fatores abióticos a temperatura, a umidade relativa e a radiação ultravioleta são os mais importantes e que afetam a viabilidade do conídio e o crescimento do micélio, assim como a estabilidade de estocagem e patogenicidade no campo (LANZA *et al.*, 2009).

Segundo Passos *et al* (2014), os isolado de *I. farinosa*, *I. javanica* e *I. fumosorosea* foram eficientes no controle do cupim *Conitermes gestroi*, com mortalidade superior a 70%, também sobre os operários e soldados de *Nasutitermes corniger*, sendo a *I. farinosa* a mais patogênica (LOPES, 2013).

Os fungos *I. fumerosa* e *I. javanica*, produzem conídios em meios sólidos, os quais são fáceis e baratos (DUNLAP *et al.*, 2012), podendo ser produzidos principalmente nas formulações pó seco PS e suspensões concentradas SC, (DUNLAP *et al.*, 2007). Mas atualmente também são produzidos nas formulações dispersão a óleo (OD) e concentrado solúvel (SL).

PRODUÇÃO MASSAL DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS

Segundo Faria & Wraight (2007), os bioprodutos que utilizam fungos entomopatogênicos são o foco nos programas de manejo integrado de pragas, já que são produtos confiáveis e reconhecidos no mercado mundial fitossanitário

A formulação refere-se à mistura do ingrediente ativo (propágulo vivo do fungo), diluente, dispersor, agente molhante, aderente, protetores contra radiação ultravioleta e fatores promotores de virulência ou sinérgicos (LATGÉ & MOLETTA, 1988; MOORE & CAUDWELL, 1997; JONES & BURGESS, 1998).

A utilização de fungos entomopatogênicos no controle biológico é uma alternativa altamente viável, devido à facilidade de produção, aplicação e eficácia. Podem ser usados isoladamente ou integrados com outros métodos, como os inseticidas naturais de origem vegetal, feromônios, variedades de plantas resistentes a insetos (LOURENÇÃO *et al.*, 1993).

As estruturas mais comercializadas e utilizadas dos fungos entomopatogênicos, são os conídios, desta forma há a manutenção rotineira das produções para comercialização junto com testes de eficiência em campo (ALMEIDA & BATISTA FILHO, 2006). Um fator negativo é quando produzido em grande número e ter a manutenção da viabilidade, o que se faz necessário criações de melhores formulações (McCLATCHIE *et al.*, 1994).

A *I. fumosorosea* já foi produzida por fermentação líquida, mostrando que alguns isolados são mais eficazes no manejo de ácaros e insetos, outras a algum inseto específico, como por exemplo a mosca-branca. Existem estudos que mostram a diferença na duração

e velocidade de germinação de esporos quanto a inseticidas (ZIMMERMANN, 2008; ALTRE *et al.*, 1999). Muitos dos produtos com base *I. fumosorosea* são associados a outros fungos entomopatogênicos, também patogenicidade contra por exemplo à *Ceratohiripoide claratis*, alcançando a mortalidade de 80 a 93% (PANYASIRI *et al.*, 2007), e grande maioria dos estudos demonstraram que não é prejudicial para seres humanos e aves (DALLEAU-CLOUET *et al.*, 2005).

Após selecionar isolados fúngicos, o próximo passo é a produção massal de esporos, propágulo preferido para uso no controle biológico. Três técnicas principais são descritas para alcançar diferentes biomassas fúngicas e envolvem a fermentação sólida, fermentação líquida e fermentação bifásica. Em todas as técnicas, a ênfase é dada à otimização de meios de cultura sólidos ou líquidos, com o objetivo de maximizar a produção de biomassa fúngica e alcançar alta sobrevivência após a dessecação e armazenamento (JACKSON, 1997).

As estruturas mais produzidas e comercializadas em todo o mundo são os esporos assexuados conhecidos como conídios (FARIA & WRAIGHT, 2007), que são naturalmente formados pela maioria dos fungos entomopatogênicos. Esse propágulo infeccioso, normalmente, é produzido em meio de cultura sólido (ALVES, 1998). As técnicas de produção de fungos para controle de pragas devem ter baixo custo e permitir a obtenção de alta concentração e formas viáveis e virulentas do patógeno, que possam ser formuladas e utilizadas (ALVES, 1982). A seleção de um meio de cultivo e o conhecimento das espécies ou linhagem são dois fatores importantes na produção massal de fungos entomopatogênicos (VERHAAR & HIJWEGEN, 1993; KHALIL *et al.*, 1985).

Segundo Mascarin & Quintela (2013), a produção de fungos entomopatogênicos seguem como base a seguinte técnica: para um kg de arroz parboilizado, adiciona 2 L de água deionizada para umidificar o arroz, por um período de 1 hora à temperatura ambiente. O excesso de água é retirado, assim o arroz úmido é transferido para um saco plástico de polipropileno (39,5×25,0 cm), preenchendo cerca de 1/3 do volume. A abertura do saco precisa ser dobrada duas vezes e grampeada para poder levar a autoclave por 25 minutos a 120°C. Após a autoclavagem desses sacos, são retirados e espalhados sobre uma bancada higienizada pelo tempo de aproximadamente 1 hora, com o intuito de resfriarem. Assim, o arroz estará pronto para a inoculação da suspensão de conídios do fungo.

Os principais objetivos no preparo de formulação de produtos biológicos são: aumentar a atividade biológica; melhorar a persistência no campo; auxiliar o manejo e aplicação do produto; fornecer biossegurança; e estabilizar a vida das células durante a distribuição e armazenamento (BURGES, 1998; BRAR *et al.*, 2006).

Um dos fatores limitantes à utilização em maior quantidade de fungos entomopatogênicos é a dificuldade de na manutenção da viabilidade dos conídios por longos períodos (MCCLATCHIE *et al.*, 1994). Para o maior sucesso de tempo de prateleira os biopesticidas requerem de 12-18 meses de vida útil, mas na maioria dos produtos têm apenas de 6 a 12 meses de armazenamento em temperatura ambiente (DEVI *et al.*, 2005;

KIM *et al.*, 2010).

Segundo Marrone (2019), os produtos biopesticidas se tornaram mais eficientes ao longo dos anos, além de serem baseados em melhores formulações, fabricações de novas cepas/espécies, como também mais investimentos e educação sobre a utilização e implementação no MIP levando em consideração demonstrações “*on-farm*”, para comparação dos resultados com os produtos tradicionais.

PRODUTOS BIOLÓGICOS COMERCIAIS A BASE DE *ISARIA* SPP.

No Brasil, existe o registro de cinco produtos que utilizam o fungo *Isaria*, esses produtos, são fabricados pelas empresas Kopper Biological System, VitalForce, Simbiose e Agrobiológica Sustentabilidade. Os produtos relacionados para manejo de pragas são da espécie *Isaria fumosorosea*, cepas: ESALQ-1296, ESALQ-3422, ESALQ 4778 e CCT 7769 (AGROFIT, 2021) (Tabela 1).

Espécie	Nome comercial	Fabricantes
<i>Isaria Fumosorosea</i>	Octane®	Kopper Biological Systems
	Challenger®	Kopper Biological Systems
	Biolsa®	VitaForce
	IsaControl®	Simbiose
	Álaabo®	Agrobiológica Sustentabilidade

Tabela 1. Biopesticidas brasileiros a base do fungo entomopatogênico *Isaria fumosorosea*.

Octane®, formulação suspensão concentrada (SC), mínimo de $2,5 \times 10^9$ conídios viáveis/mL, recomendado para controle de *Helicoverpa armigera*, com dosagem de 1.000 a 1.500 mL p.c./ha, 2 aplicações e intervalo de 7 dias. Para *Diaphorina citri* (Psilídeo), a dosagem é de 100 a 400 mL/100L de calda, com 7 aplicações com intervalo de 7 dias. Quanto a *Dalbulus maidis* (cigarrinha-do-milho) a dosagem é de 0,5 a 0,8 L p.c./ha, 2 aplicações com intervalo de 7 dias (KOPPER, 2021).

Challenger®, formulação suspensão concentrada (SC), possui de $2,5 \times 10^9$ conídios viáveis/mL, indicado para controle da *Helicoverpa armigera*, na dosagem de 1.000 e 1.500 mL p.c./ha, com 2 doses de intervalo de 7 dias. A *Diaphorina citri* (Psilídeo-asiático-dos-citros), a dose é de 100 a 400 mL p.c./100L água, com 2 doses de intervalo de 14 dias (KOPPER, 2021).

Biolsa®, formulação suspensão concentrada (SC) contendo 5×10^9 conídios/ml, indicado para o controle da *Bemisia tabaci* raça B (Mosca-branca) com eficiência nas culturas de milho e soja. Recomendação de 150 a 300 mL/ha com 3 aplicações e intervalo de 7 a 14 dias (VITALFORCE, 2021).

IsaControl®, possui dosagem de 100 mg/l, formulação a dispersão a óleo (OD) sendo indicado para controle da *Bemisia tabaci*, recomendação de 100 a 500 ml p.c./ha, máximo de 3 aplicações com intervalo de 14 dias. Para *Diaphorina citri* (Psilídeo) a dosagem é de 200 a 1000 ml p.c./ha, com máximo de 3 aplicações e intervalo de 14 dias (SIMBIOSE, 2021).

Álaabo®, formulação concentrado solúvel (SL) indicado ao controle de *Bemisia tabaci* raça B (Mosca branca), dosagem de 1,5 a 2L p.c/ha, máximo de 2 a 3 aplicações e intervalo de 7 dias, calda de 100 a 200 L/ha e calda aérea de 30 a 50 L/ha (AGROBIOLÓGICA SUSTENTABILIDADE, 2021).

Com a qualidade no controle e com a legislação vigente, o controle biológico de pragas, com o uso de fungos entomopatógenos é uma realidade comercial, com grande aplicabilidade e eficiência de campo (GUIMARÃES *et al.*, 2019), desde que aplicado no início de infestação da praga e nos horários menos quentes do dia.

CONCLUSÃO

O fungo Isaria que antigamente era conhecido como *Paecilomyces*, é encontrado em solos tropicais de várias partes do mundo, podendo infectar naturalmente várias espécies de insetos-pragas. É um fungo com facilidade de produção massal *on farm* ou industrial. O Brasil possui produtos comerciais de diferentes formulações com eficiência comprovada em campo, podendo ser incorporado e utilizado em programas de manejo integrado de pragas principais, em várias culturas, visando a redução do uso intensivo de inseticidas químicos, que podem provocar sérios problemas ambientais aos agroecossistemas de cultivo.

REFERÊNCIAS

AGROBIOLÓGICA SUSTENTABILIDADE, AGROBIOLÓGICA SUSTENTABILIDADE S.A.. **Bula: Álaabo**. 11 p. Disponível em: https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files_documento/2021-04/alaabo.pdf. Acesso em: 7 jul. 2021.

AGROFIT; **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Pesquisa de produtos formulados com ingrediente ativo: Isaria. URL: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons data de acesso: 07/07/2021.

ALMEIDA, J. E. M.; BATISTA FILHO, A. **Controle biológico da cigarrinha-da-raiz da canade-açúcar com o fungo *Metarhizium anisopliae***. São Paulo: Instituto Biológico, 2006. 19p. (Boletim Técnico).

ALTRE, J.; VANDENBERG, J.; CANTONE, F. **Pathogenicity of *Paecilomyces fumosoroseus* to diamondback moth, *Plutella xylostella*: Correlation with spore size germination speed, and attachment to cuticle**. Journal of Invertebrate Pathology. San Diego, v. 73, p. 332 – 338. 1999.

ALVES, S. B. Fungos entomopatogênicos. In: **Controle microbiano de insetos** (Ed.). 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 289-370.

ALVES, S.B.; LOPES, R.B. **Controle microbiano de pragas na América latina: Avanços e desafios**. Piracicaba: FEALQ, 2008. 414 p.

AVERY, P.B.; HUNTER, W.B.; HALL, D.G.; JACKSON, M.A.; POWELL, C.A.;

CABANILLAS, H. E.; LEON, J.H.; HUMBER, R.A.; MURRAYA, K.D.; JONES, W.A. ***Isaria poprawskii* sp. nov. (Hypocreales: Cordycipitaceae), a new entomopathogenic fungus from Texas affecting sweet potato whitefly**. *Mycoscience*, Tokyo, v. 54, n. 2, p. 158–169, 2013.

BRAR, S.K.; VERMA, M.; TYAGI, R.D.; VALÉRO, J.R. **Recent advances in downstream processing and formulations of *Bacillus thuringiensis* based biopesticides**. *Process Biochemistry*, Oxford, v. 41, p. 323-342, 2006.

BURGES, H.D. (Ed.). **Formulation of microbial biopesticides: beneficial organisms, nematodes and seed treatments**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1998. 412 p.

DALLEAU-CLOUET, C.; GAUTHIER, N.; RISTERUCCI, M.; BONS, C.; FARGUES, J. **Isolation and characterization of microsatellite loci from the entomopathogenic hyphomycete, *Paecilomyces fumosoroseus***. *Molecular Ecology Notes*, Oxford, v. 5, p. 496 – 498, 2005.

DEVI, K.U.; SRIDEVI, V.; MOHAN, CH.M.; PADMAVATHI, J. **Effect of high temperature and water stress on in vitro germination and growth in isolate of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin**. *Journal of Invertebrate Pathology*, San Diego, v. 88, p.181-189, 2005.

DUNLAP, C.A.; JACKSON, M. A.; WRIGHT, M. S. **A foam formulation of *Paecilomyces fumosoroseus*, an entomopathogenic biocontrol agent**. *Biocontrol Science Technology*, v.17, n.9, p.709-719, 2007.

DUNLAP, C.A.; JACKSON, M. A.; WRIGHT, M.S. **Compositions of keratin hydrolysate and microbes for pest control applications**. US Patent 8263526. 2012.

FARIA, M.R.; WRAIGHT, S.P. **Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types**. *Biological Control*, Orlando, v. 43, p. 237-256, 2007.

FARIA, M.; WRAIGHT, S.P. **Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi**. *Crop Prot...*, 20:767–778, 2001.

FARIA, M.; WRAIGHT, S.P. **Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types**. *Biol. Control*, 43:237–256, 2007.

GUIMARÃES, R., SILVA, J. C. P., MEDEIROS, F. **Mercado de produtos biológicos: uma visão atual da aplicação no território brasileiro**. XIX International Symposium on Plant Disease Management Plant Health in Tropical Agribusiness: The Numbers of the Giant. 2019.

HOY, M.A.; SINGH, R.; ROGERS, M.E. **Evaluations of a novel isolate of *Isaria fumosorosea* for control of the asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae)**. *Florida Entomologist*, Gainesville, v. 93, n. 1, p. 24–32, 2010.

HUMBER, R.A. Hurricane warning! How changed nomenclatural rules affect fungal entomopathogens. In: **Annual meeting of the society for invertebrate Pathology**, 2012, Buenos Aires. Proceedings... 2012. Buenos Aires: SIP, 2012. p. 106-106.

JACKSON, M.A. **Optimizing nutritional conditions for the liquid culture production of effective fungal biological control agents**. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, Hampshire, v. 19, p. 180-187, 1997.

JONES, K.A.; BURGESS, H.D. Technology of formulation and application. In: BURGESS, H.D. (Ed.). **Formulation of microbial pesticides: beneficial microorganisms, nematodes and seed treatments**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1998. p. 7-30.

KHALIL, S.K.; SHAH, M.A.; NAEEM, M. **Laboratory studies on the compatibility of the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii* with certain pesticides**. Agriculture, Ecosystems and Environment, Amsterdam, v. 13, p. 329-334, 1985.

KIM, J.S.; JE, Y.H.; ROH, J.Y. **Production of thermotolerant entomopathogenic *Isaria fumosorosea* SEP-198 conidia in corn-corn oil mixture**. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, Hampshire, v. 37, p. 419-423, 2010.

KOPPERT, KOPPERT DO BRASIL HOLDING LTDA. **Bula: Challenger**. 9 p. Disponível em: file:///C:/Users/55919/Downloads/F1755495505_Challenger%2012.01.2018.pdf. Acesso em: 7 jul. 2021.

KOPPERT, KOPPERT DO BRASIL HOLDING LTDA.. **Bula: Octane**. 11 p. Disponível em: https://www.koppert.com.br/content/brasil/Documents/Octane/Octane_Bula_-_COD.195.01.111120_AGROFIT.pdf. Acesso em: 7 jul. 2021.

LANZA, L.M.; MONTEIRO, A.C.; MALHEIROS, E.B. **Sensibilidade de *Metarhizium anisopliae* à temperatura e umidade em três tipos de solos**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 6-12, 2009.

LATGÉ, J.P.; MOLETTA, R. Biotechnology. In: SAMSON, R.A.; EVANS, H.C.; LATGÉ, J.P. **Atlas entomopathogenic fungi**. Berlin: Springer-Verlag, 1988. p. 152-164.

LOURENÇÃO, A.L. et al. **Controle de *Sitophilus zeamais* em Milho com *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Pirimifos Metil***. Ecosistema, Pinhal, v.18, p.69-74, 1993.

LOPES, R.S. **Avaliação do Efeito Bioinseticida de Linhagens de *Isaria farinosa* e dos Extratos Naturais de *Caesalpinia ferrea* SOBRE *Dactylopius opuntiae* (HEMIPTERA: DACTYLOPIIDAE) praga da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*)**. Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

LUANGSA-ARD, J.J.; HYWEL-JONES, N.L.; MANOCH, L.; SAMSON, R.A. **On the relationships of *Paecilomyces* sect. *Isarioidea* species**. Mycological Research, Cambridge, v. 109, n. 5, p. 581-589, 2005.

MASCARIN, G. M.; QUINTELA, E. D. **Técnica de produção do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* para uso em controle biológico**. Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2013.

MARRONE, P. G. **Pesticidal natural products – status and future potential**. Pest Management Science. 2019.

- McCLATCHIE, G.V.; MOORE, D.; BATEMAN, R.P.; PRIOR, C. **Effects of temperature on the viability of the conidia of *Metarhizium flavoviridae* in oil formulations.** Mycological research, Cambridge, v. 98, p. 749–756, 1994.
- MEYER, J.M.; HOY, M.A.; BOUCIAS, D.G. **Isolation and characterization of an *Isaria fumosorosea* isolate infecting the Asian citrus psyllid in Florida.** Journal of Invertebrate Pathology, San Diego, v. 99, n. 1, p. 96–102, 2008.
- MOORE, D.; CAUDWELL, R.W. **Formulation of entomopathogens for the control of grasshoppers and locust.** Memoirs of the Entomological Society of Canada, Ottawa, v. 171, p. 49-67, 1997.
- ONOFRE, S.B.; VARGAS, L.R.B.; ROSSATO, M.; BARROS, N.M.; BOLDO, J.T.; NUNES, A.R.F.; AZEVEDO, J.L. **Controle biológico de pragas na agropecuária por meio de fungos entomopatogênicos.** In: SERAFINI, L.A.; BARROS, N.M.; AZEVEDO, J.L. (Eds.). Biotecnologia: avanços na agricultura e na agroindústria. Caxias do Sul: EDUCS, 2002. cap. 10, p. 295-317.
- PANYASIRI, C.; ATTATHOM, T.; POEHLING, H. M. **Pathogenicity of entomopathogenic fungi potencial candidates to control insect pests on tomato under protected cultivation in Thailand.** Journal of Plant Diseases and Protection, Stuttgart, v. 114, p. 278 – 287, 2007.
- PASSOS, E. M.; ALBUQUERQUE, A. C.; MARQUES, E. J.; TEIXEIRA, V. W.; SILVA, C. C. M.; OLIVEIRA, M. A. P. **Efeitos de isolados do fungo *Isaria (Persoon)* sobre o cupim subterrâneo *Coptotermes gestroi (Wasmann)* (Isoptera: Rhinotermitidae).** Arquivos do Instituto Biológico, v. 81, n. 3, p. 232-237, 2014.
- SAMSON, R.A. (Ed.). **Atlas of Entomopathogenic Fungi.** Belin: Springer-Verlag, 1988.
- SIMBIOSE, SIMBIOSE INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE FERTILIZANTES E INSUMOS MICROBIOLÓGICOS LTDA.. **Bula: IsaControl.** 9 p. Disponível em: https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2021-06/isacontrol.pdf . Acesso em: 7 jul. 2021.
- SUNG, G.H.; HYWEL-JONES, N.L.; SUNG, J.M.; LUANGSA-ARD, J.J.; SHRESTHA, B.; SPATAFORA, J.W. **Phylogenetic classification of *Cordyceps* and the clavicipitaceous fungi.** Studies in Mycology, Utrecht, v. 57, p. 5–59, 2007.
- VERHAAR, M.A.; HIJWEGEN, T. **Efficient production of phialoconidia of *Verticillium lecanii* for biocontrol of cucumber powdery mildew, *Sphaerotheca fuliginea*.** Netherlands Journal of Plant Pathology, Wageningen, v. 99, n. 2, p. 101-103, 1993.
- VITALFORCE, VITAL BRASIL CHEMICAL IND. E COM. PROD. QUÍMICOS LTDA. **Bula: BioIsa.** 9 p. Disponível em: https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2021-02/bioisa.pdf. Acesso em: 7 jul. 2021.
- ZIMMERMANN, G. **Effect of high temperatures and artificial sunlight on the viability of conidia of *Metarhizium anisopliae*.** Journal of Invertebrate Pathology. New York, v. 40, n.1, p. 36 – 40, 1982.
- ZIMMERMANN, G. **The entomopathogenic fungi *Isaria farinosa* (formerly *Paecilomyces farinosus*) and the *Isaria fumosorosea* species complex (formerly *Paecilomyces fumosoroseus*): biology, ecology and use in biological control.** Biocontrol Science and Technology, Oxford, v. 18, n. 9, p. 865–901, 2008.

CAPÍTULO 11

MERCADO DE PRODUTOS BIOLÓGICOS PARA CONTROLE DE PRAGAS NO BRASIL

Data de aceite: 01/11/2021

Data da Submissão: 22/07/2021

Thayná da Cruz Ferreira

Universidade Federal Rural da Amazônia.
Belém-Pará.
<http://lattes.cnpq.br/8199864715946638>

Lorene Bianca Araújo Tadaiesky

Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/1141977095515845>

Edna Antônia da Silva Brito

Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/0665174127405480>

Indyra Ingrid de Araújo Reis

Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/8099653255073086>

Diego Lemos Alves

Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/4202542830478566>

Gleiciane Rodrigues dos Santos

Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/4808482618610598>

Alice de Paula de Sousa Cavalcante

Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/6975802869007506>

Josiane Pacheco de Alfaia

Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/5286442594691074>

Gledson Luiz Salgado de Castro

Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/7980739792448566>

Alessandra Jackeline Guedes de Moraes

Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/1929662872746023>

Gisele Barata da Silva

Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/7941075213053812>

Telma Fatima Vieira Batista

Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém-Pará
<http://lattes.cnpq.br/8251281115341075>

RESUMO; O uso contínuo de agrotóxicos tem proporcionado diversos impactos negativos ao meio ambiente, como a poluição do solo, ar, água, alimentos e pressão de seleção sobre os insetos que ocasiona o surgimento de resistência as pragas. Além disso, o desafio de cultivar alimentos para a população mundial em expansão, gerou a necessidade de diminuição de perdas, e maior controle sobre os insetos-praga, a fim de melhorar o rendimento e a qualidade das safras mundiais. Os biopesticidas são uma das alternativas considerada viável, ecológica,

prática e muitas vezes sustentável na substituição ou diminuição do uso de inseticidas químicos. No Brasil, a utilização de agentes de controle biológico para a proteção de plantas contra pragas tem aumentado significativamente, nos últimos anos o mercado desses produtos cresceu mais de 70%. O mercado de defensivos biológicos movimentou total de R\$ 1,033 bilhões na safra 2019/2020, apesar do crescimento o consumo de produtos biológicos no Brasil, corresponde a apenas a 2% do faturamento total do mercado de defensivos. Assim, a aprovação de novos produtos biológicos é importante, porque ampliam a oferta de tecnologias e também a concorrência de mercado, resultando em comércio mais justo e redução nos custos de produção para a agricultura brasileira.

PALAVRAS-CHAVE: Defensivos biológicos; Mercado; Inseto-praga; Proteção de plantas.

BIOLOGICAL PRODUCTS MARKET FOR PESTS CONTROL IN BRAZIL

ABSTRACT; The continuous use of pesticides has caused several negative impacts on the environment, such as the pollution of soil, air, water, food and selection pressure on insects, which causes the emergence of resistance to pests. In addition, the challenge of cultivating food for the world's expanding population, created the need to reduce losses, and greater control over insect pests, in order to improve the yield and quality of the world's crops. Biopesticides are one of the alternatives considered viable, ecological, practical and often sustainable in replacing or reducing the use of chemical insecticides. In Brazil, the use of biological control agents to protect plants against pests has increased significantly, in recent years the market for these products has grown by more than 70%. The biological pesticide market moved a total of R\$ 1.033 billion in the 2019/2020 harvest, despite the growth in the consumption of biological products in Brazil, it corresponds to only 2% of the total sales of the pesticide market. Thus, the approval of new biological products is important, as they increase the offer of technologies and also market competition, resulting in fairer trade and a reduction in production costs for Brazilian agriculture.

KEYWORDS: Biological defensives; Marketplace; Insect pest; Plant protection.

INTRODUÇÃO

Devido ao aumento populacional, tem-se a previsão que até 2050 a população humana mundial alcance cerca de 10 bilhões, e a produção global de alimentos precisará aumentar em até 70% para corresponder a esse crescimento (FAO, 2011). O aumento na produção agrícola é baseado em fertilizantes recomendados, variedade de cultivo melhorada, controle eficaz no manejo das pragas. Para isso, o mercado global do agronegócio, avaliado em quase US \$ 78 bilhões, inclui o uso de inseticidas, herbicidas e fungicidas, bem como produtos de biotecnologia (MAIENFISCH E STEVENSON, 2015). No entanto, o uso indiscriminado desses produtos químicos vem ocasionando diversos problemas como poluição do solo, água e fontes de alimentos, além da geração de pressão seletiva ocasionando o surgimento de resistência a pragas (JALLOULI et al., 2020).

O desafio de cultivar alimentos suficientes para alimentar a população mundial em expansão, gerou a necessidade de maior controle sobre uma ampla gama de insetos-praga,

a fim de melhorar o rendimento e a qualidade das safras (SPARKS, 2013). Os pesticidas são considerados produtos químicos potencialmente perigosos para a saúde humana e o consumo devem ser cuidadosamente monitorados. Em todo o mundo, o ataque contínuo de pragas como larvas de insetos, são responsáveis pela destruição de safras e enormes perdas monetárias para as comunidades de agricultores (CERDA et al., 2017). Além das larvas, os danos as plantas podem ser causadas também por ninfas e adultos, fases em que os insetos são considerados de grandes atividades.

Os biopesticidas são alternativas modernas que vem ganhando espaço no mercado, apresentando taxa composta de crescimento anual de 14,7%. Estes são bem representados pelos pesticidas microbioanos, só a bactéria entomopatogênica, *B. thuringiensis* representa cerca de 90% dos biopesticidas (THAKUR et al. 2020). Ou seja, os microrganismos como pesticidas biológicos são opção para substituir ou minimizar a adoção de pesticidas químicos. O uso de pesticidas microbianos é bastante adequado e apropriado para pesquisadores e agricultores, pois é um método ecologicamente correto para o controle de populações de pragas na indústria agrícola.

A América do Sul é responsável por cerca de 12% do mercado de biopesticidas no mundo, apresentando-se como quarto maior produtor (MARKETSANDMARKETS 2020). Nos últimos anos, o mercado de produtos biológico cresceu mais de 70% no Brasil. Em 2020, o mercado de defensivos biológicos movimentou um total de R\$ 1,033 bilhões na safra 2019/2020. Dentre os países da América do Sul, o Brasil é o país com maior potencial para desenvolvimento de bioprodutos devido a presença de enorme gama de microrganismo nos solos brasileiros, o que caracteriza alta biodiversidade local.

Objetivou-se nesse capítulo descrever a evolução do mercado do controle de pragas com o uso de bioprodutos, no que se refere a produção comercial, potencial de controle e avanços no Brasil.

MERCADO GLOBAL: INSETICIDAS QUÍMICOS E BIOPESTICIDAS

Os produtores são constantemente desafiados a suprir a crescente demanda global por alimentos, ao mesmo tempo em que reduzem o impacto negativo das práticas de proteção à lavoura nos consumidores, trabalhadores agrícolas e no meio ambiente. As tecnologias dominantes para proteção de lavouras são pesticidas químicos convencionais. Entretanto, o uso indiscriminado desses produtos sintéticos, pode levar à poluição e contaminação do solo tão quanto apresentar efeitos nocivos na cadeia alimentar (MARKETSANDMARKETS 2020). Com essa preocupação, tem havido crescente conscientização sobre alimentos livres de resíduos, por isso, é dada grande importância aos produtos biológicos.

Há séculos os inseticidas químicos têm sido usados mundialmente para controlar insetos praga, sendo amplamente usados na agricultura, horticultura e silvicultura (GUPTA et al., 2019). Em 2014, os defensivos agrícolas contribuíram com US \$ 56,7 bilhões do

agronegócio, para os quais US\$ 16,2 bilhões (42,6%) foram por vendas de inseticidas; já no mercado de agroquímicos não agrícolas, os inseticidas contribuíram com 37,4% (\$ 2,45 bilhões) de total de vendas de \$ 6,6 bilhões (MAIENFISCH E STEVENSON, 2015). De acordo com projeções de 2016, o mercado global de inseticidas crescerá com taxa anual de 5,27%, atingindo US \$ 20,82 bilhões em 2022 devido ao aumento das exportações globais e perdas de safra causadas por infestação de insetos (AGRONEWS, 2017).

Com crescimento populacional global e necessidade crescente de produção de alimentos de forma mais sustentável, a demanda por produtos de base biológica para proteção de cultivos continua a aumentar. Em 2014, os biopesticidas representaram aproximadamente US \$ 2-3 bilhões do mercado de US \$ 56 bilhões dos pesticidas (MARRONE 2014). Segundo Marrone (2014), a empresa de pesquisa de mercado, Lux Research, estimou que o mercado de biopesticidas chegaria a US \$ 4,5 bilhões ou cerca de 7% do mercado de pesticidas em 2023. No mercado global, os biopesticidas, incluindo bioquímicos, é dominado por produtos à base de bactérias, contribuindo com 76,2% do total de US \$ 3,300 bilhões, seguido pelos produtos a base de fungos (8,8%), predadores (7,5%), vírus (4,7%) e outros (2,8%) (LEHR, 2010).

A empresa MarketsandMarkets (2020) estimou que o mercado global de biopesticidas seria avaliado em US \$ 4,3 bilhões em 2020, valor próximo do que era estimado para 2023 (US \$ 4,5 bilhões). Segundo a mesma fonte, o mercado global de pesticidas está projetado para crescer a taxa composta de crescimento anual de 14,7%, podendo atingir US \$ 8,5 bilhões em 2025. Com isso, foi possível observar que os valores reais dos respectivos anos podem estar superando projeções futuras de mercado elaboradas em anos anteriores. A América do Norte domina o mercado global de biopesticidas, responsável por aproximadamente 40% da demanda global de 2011-2020 e projeções futuras (2025), seguidos da Europa (~33%), Ásia Pacífico (~14%), Sul da América (~12%) e outros (~1%) (MARKETSANDMARKETS 2012, 2020). Até então, cerca de 90% dos biopesticidas são derivados de apenas uma única bactéria entomopatogênica, *Bacillus thuringiensis* (THAKUR et al. 2020), sem contar a porcentagem de contribuição de demais bactérias e outros microrganismos, como fungos, vírus e nematóides. Demonstrando que o desenvolvimento de pesquisas e produtos a base de microrganismos, ou biopesticidas microbianos, podem alavancar o mercado futuro e promissor dos inseticidas biológicos.

MERCADO DE DEFENSIVOS BIOLÓGICOS NO BRASIL

Nos últimos anos a utilização de Agentes de Controle Biológico para a proteção de plantas contra pragas e doenças tem aumentado significativamente no Brasil. Tal fato pode ser atribuído a alguns fatores, dentre eles a busca da sociedade por alimentos mais saudáveis e com menor quantidade de resíduos tóxicos ao ser humano (HALFELD-VIEIRA et al., 2016).

Os defensivos biológicos têm como objetivo controlar pragas por meio da utilização de inimigos naturais, que podem ser predadores, parasitóides, microrganismos ou quaisquer outros organismos que atuam de forma benéfica. O objetivo é o mesmo com relação aos defensivos químicos: alcançar o controle de pragas agrícolas em velocidade ideal que não atinja níveis de dano econômico. Nos últimos anos, o mercado de produtos biológicos cresceu mais de 70% no Brasil, segundo a Associação Brasileira das Empresas de Controle Biológico (ABCBio). Em 2020, o mercado de defensivos biológicos movimentou total de R\$ 1,033 bilhões na safra 2019/2020. Mesmo com esse crescimento, o consumo de produtos biológicos no Brasil correspondeu a apenas 2% do faturamento total do mercado para a proteção de plantas.

Desse modo, é possível observar o crescente número de produtos registrados, porém esse valor ainda é muito inferior quando se comparado com defensivos químicos, o mais tradicionalmente utilizado, por muitas décadas. A aprovação de novos produtos biológicos de controle é considerável pois ampliam a oferta de novas tecnologias e também a concorrência de mercado, o que resulta no comércio mais justo e em menores custos de produção para a agricultura brasileira. O número de bio defensivos disponíveis para os agricultores brasileiros mais que dobrou nos últimos três anos. Em 2020 a quantidade de produtos biológicos aprovados foi de 95, superando todos os anos anteriores (MAPA, 2020).

DISPONIBILIDADE DE BIODEFENSIVOS NO MERCADO BRASILEIRO

O Brasil é o país com a maior área de cultivo do mundo, entretanto, ocupa apenas 64 milhões dos 845 milhões de hectares disponíveis, o que representa apenas área de 7,5% (FAO, 2020), demonstrando o potencial da demanda por produtos à base de agentes de biocontrole, caso se expanda essas áreas futuramente.

Por ser um país de clima tropical, o Brasil apresenta elevado aparecimento de pragas na agricultura, o que proporcionou até o momento, o desenvolvimento de um grande mercado consumidor de agrotóxicos.

O número de produtos biológicos comercializados no Brasil, inicialmente, começou a crescer em taxas modestas. As empresas produtoras de bioinseticidas no Brasil eram pequenas e com baixo capital para maiores investimentos em pesquisa, o que proporcionou lentidão no desenvolvimento de novos produtos a cada ano. Entretanto, nos últimos anos, multinacionais tem se interessado na produção de bioinseticidas. Apesar das dificuldades encontradas, o controle microbiano de pragas é uma das áreas de pesquisa que mais cresceu na entomologia, atingindo os setores de produção agrícola e industrial (ALMEIDA et al. 2019). Além disso, a necessidade imediata das empresas tradicionais de químicos de aproveitarem esses novos nichos de mercado fez com que elas iniciassem registros de produtos de baixa toxicidade e buscar novas tecnologias, como o mercado dos biológicos.

Dessa forma, tem aumentado o portfólio das empresas e fortalecido a posição e discurso de alinhamento à sustentabilidade vinculados aos produtos agrícolas (HALFELD-VIEIRA *et al.*, 2016).

O número de produtos registrados tendo como base os agentes de biocontrole tem aumentado consideravelmente. Bettiol (2011) relatou que em outubro de 2011 existiam 1.352 agrotóxicos químicos registrados no Brasil e somente 26 produtos à base de agentes de biocontrole. Em 2013, os biológicos passaram para 50 produtos registrados, para uso em agricultura orgânica e convencional, em 2020 o número de produtos biológicos registrados chegou a 95 de acordo com o MAPA (2020) e diversos novos produtos estão em análise para registro. Além desses, deve-se considerar a existência de vários produtos que estão sendo indevidamente comercializados como inoculantes e outros, sendo vendidos sem registro junto aos órgãos competentes. Desses, destacam-se os de base dos fungos *Trichodermas sp.*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Isaria sp.* e da bactéria *Bacillus thuringiensis*, que somam mais de 50 produtos no mercado. Também são comercializados em menor número *Clonostachys rosea*, *Pythium oligandrum*, *Hansfordia pulvinata*, *Cladosporium* e *Pseudomonas*, dentre outros. Esses dados mostram claramente os esforços dos órgãos competentes (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ibama e Anvisa), dos pesquisadores, das indústrias, dos agricultores e outros segmentos da sociedade em alterar o quadro de disponibilidade de produtos biológicos para o manejo de pragas e doenças no Brasil. Considerando-se os diversos aspectos da evolução do uso de agentes de biocontrole e produtos alternativos ou biocompatíveis (BETTIOI, 2011)

O ambiente institucional estabelecido proporciona o registro dos biodefensivos compondo banco de informações disponibilizadas junto à ABCBIO (Associação Brasileira das Empresas de Controle Biológico) e ao Sistema AGROFIT do MAPA, que também agrega o registro dos agrotóxicos. No exame das informações sobre os biodefensivos é possível verificar o registro de quase 300 itens para vários alvos biológicos e aptos para utilização em todos os cultivos agrícolas. Ao se considerar o registro dos biodefensivos por classe é possível notar que os produtos disponíveis ao controle de insetos se destacam, com 65% de bioinseticidas e 7% de inseticidas microbiológicos (Figura 01) (IEA, 2018).

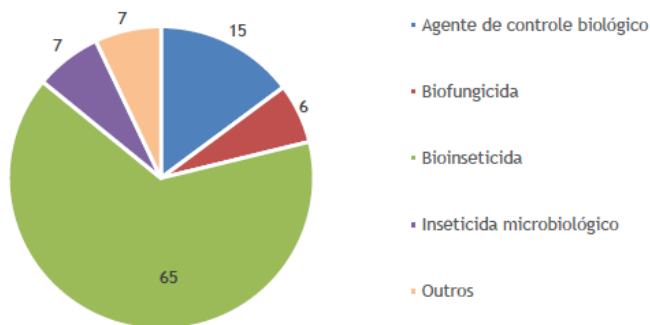


Figura 1 - Biodefensivos Registrados por Classe de Produto, Brasil, 2018.

Dentre os bioinseticidas destacam-se ingredientes ativos como a bactéria *B. thuringiensis* e seus alvos como as lagartas, principalmente as do gênero *Helicoverpa* sp. e brocas que respondem por 38% do total de registros, além dos fungos *B. bassiana* para moscas, ácaros, brocas e *M. anisopliae* para cigarrinhas das pastagens e de raízes, que representam, respectivamente, 9% e 11% do total de produtos registrados (IEA, 2018).

Conforme a CropLife, os agentes de controle biológico poderão representar mercado de US\$ 11 bilhões, sendo atualmente US\$ 110 milhões. O comércio mundial de bioinseticidas pode fechar em US\$ 5 bilhões em 2021, sendo o principal agente comercializado, a bactéria *B. thuringiensis*, porém os fungos também seguem como alternativa muito importante no controle de pragas (CROPLIFE, 2020).

REGISTRO DE PRODUTOS BIOLÓGICOS NO BRASIL

O registro de produtos para tratamento fitossanitário de culturas agrícolas é regulamentado no Brasil pela Lei 7.802 / 1989 e pelo Decreto 4.074 / 2002. Segundo essas normas, os produtos biológicos são classificados como produtos Afins dentro das regras que regulamentam o registro dos defensivos químicos; alguns progressos exclusivos para os produtos biológicos foram atingidos posteriormente, com a publicação da Instrução Normativa Conjunta n°. 3, de 2006, que definiu especificamente o que é um agente biológico de controle (FARIAS JR, 2016).

Outro avanço de regulamentação significativo ocorreu alguns anos após a publicação das normas de produtos de origem biológica. Onde foram publicados três atos normativos que permitiram o registro de produtos das categorias semioquímicos, agentes biológicos de controle (inimigos naturais) e microrganismos, por alvo biológico (BRASIL, 2010; 2011; 2014). Isso expressa que os produtos comerciais à base desses ativos podem ser usados

em quaisquer tipos de cultivos onde ocorra o alvo biológico para o qual o produto tenha sido registrado. Devido a isso, houve considerável aumento do espectro de produtos registrados para uso em determinadas culturas, para as quais poucos produtos eram registrados (JORGE, et al., 2016).

Atualmente o processo de registro, talvez seja, o maior dos entraves ao uso dos produtos biológicos. Além dos custos serem altos, os trâmites do processo são lentos e dependem da avaliação colegiada que envolve o MAPA, a ANVISA e o IBAMA. Com demanda insuficiente de técnicos e falta de treinamento específico para a avaliação de biológicos, os processos frequentemente param com pedidos de exigências sobre assuntos já devidamente esclarecidos pela pesquisa. Mesmo que a legislação determine prazo máximo de 120 dias para a manifestação do MAPA a partir da submissão do pedido de registro, este prazo nunca é cumprido. Dificilmente um registro é aprovado em prazo inferior a 3 anos, porque 1 ano é utilizado apenas com ensaios de eficiência agrônômica (FARIAS JR, 2016).

Um grande interesse tem sido mostrado pelos três órgãos reguladores no sentido de agilizar os prazos de registro, mas por enquanto os efeitos ainda não foram observados. É indispensável que a necessidade de registro é inquestionável, para evitar desregulamentação do mercado que teria efeitos devastadores sobre a credibilidade dos produtos biológicos, mas já passa da hora de ser publicada uma norma específica para os produtos biológicos (FARIAS JR, 2016).

BENÉFICOS DA UTILIZAÇÃO DE DEFENSIVOS BIOLÓGICOS

O controle biológico de pragas é a técnica que promove o equilíbrio entre as pragas e seus inimigos naturais, o que reduz ou até mesmo suprime o uso de defensivos agrícolas nas lavouras, sendo uma das alternativas altamente viável na busca pela agricultura sustentável. Esse tipo de controle, pode ser feito em qualquer cultura com as seguintes vantagens: menor risco de atingir organismos que não são o alvo do controle; não deixa resíduos tóxicos na lavoura, nas águas, ar e no solo e, por consequência, também não causa intoxicação ao homem (PROSA RURAL, 2011), polinizadores, peixes, animais silvestres entre outros.

O emprego de bioinseticidas também pode ser alternativa preventiva e também curativa, se aumentando a quantidade e eficiência dos insetos. Contudo, o chamado, equilíbrio biológico, estará em função da variedade de insetos presentes na área. (VENZON, 2016). Os estudos do habitat e predação dos inimigos naturais são de grande importância, para que o controle biológico seja eficiente na disseminação. Dessa forma, este manejo alternativo observa as inter-relações desses ciclos naturais, buscando fortalecer a sustentabilidade do ambiente (OLIVEIRA et al., 2019).

O controle através de bioprodutos apresenta uma série de interações antagônicas assim como o parasitismo, predação e competição, havendo então o restabelecimento do

balanço da natureza (BASTOS; TORRES, 2006). Um dos primeiros passos para exercer o manejo biológico com uso de predadores é identificar os inimigos naturais já presentes na área (LANDERS; OLIVEIRA, 2018). Os inimigos naturais são representados em 3 grupos, sendo o grupo de predadores e o grupo dos parasitóides que são classificados em entomófagos, enquanto que o grupo dos patógenos são chamados de entomopatógenos (COSTA et al., 2006).

Diversos meios de combate ao dano econômico como a rotação de culturas, uso de hormônios como atrativos ou repelentes, uso da genética para indução de resistência e implantação da cultivar em períodos adequados, são abrangidos pelo uso de produtos biológico (CARVALHO; BARCELLOS, 2012).

Com o avanço da tecnologia, a aplicação de **biodefensivos**, ocorre em cerca de 10 milhões de hectares. A soja, a cana-de-açúcar e o café correspondem às culturas com maior área tratada e maior consumo do mercado. O uso desses produtos chega a 20% (soja e café) e 40% (cana-de-açúcar) nas principais regiões produtoras do Brasil (CROPLIFE, 2020).

Cerca de 50% das áreas de cana-de-açúcar brasileiras, utilizam produtos biológicos com resultados satisfatórios, sendo este, o maior programa de controle biológico do mundo, onde a broca *Diatraea saccharalis*, que é a principal praga da cultura, é controlada basicamente com as vespas *Cotesia flavipes* (parasitóide larval) e *Trichogramma galloi* (parasitóide de ovos). Outro programa importante no Brasil, é na cultura da soja, o uso do parasitóide *Trissolcus basalís* para o controle de percevejos fitófagos e de *Baculovirus anticarsia* para a largarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*) vem sendo bastante utilizados como método de controle biológico (GHINI et al., 2000; SIMONATO et al., 2014). Destaca-se que existe no mercado vários produtos comerciais a base de *B. anticarsia*, em formulação Pó Molhável, os quais utilizados em mais de 2 milhões de ha/ano de soja, preferencialmente nas regiões Centro Sul do Brasil, onde encontram-se as maiores áreas comerciais da cultura.

DESAFIOS NA PESQUISA E NO MANEJO BIOLÓGICO DE PRAGAS

Em termos de conceituação, vale destacar que, como os ingredientes ativos dos biopesticidas variam de organismos vivos inteiros a moléculas quase sintéticas, dificulta a definição desta categoria, o que levou ao surgimento de várias terminologias como bioinseticidas, inseticidas ecosmart, inseticidas de risco reduzido (BARBOSA et al., 2015; GEUDES et al., 2016) A Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos usa o termo biopesticidas, que vai além dos bioinseticidas, subdivididos em três classes: bioquímicos, protetores incorporados em plantas e microbianos.

Outras organizações internacionais, incluindo a International Biocontrol Manufacturer's Association (IBMA) e a International Organization for Biological Control usam

o termo “agentes de biocontrole” subdividida em quatro grupos: macrobiano, microbiano, natural e semioquímico (IOBC, 2021; IBMA, 2021). Adicionalmente, o termo bioracionais, compostos de produtos naturais ou derivados da natureza (animais, plantas, micróbios e minerais), também tem sido usado para se referir a biopesticidas (HADDI et al., 2020). Mundialmente, um consenso ainda não foi definido, o que dificulta estudos de mercados para termos mais específicos como bioinseticidas

Na prática, a maior barreira para a adoção e o crescimento de biopesticidas é o fato de que muitas vezes não são testados com base em seus modos de ação e geralmente são testados isoladamente. Geralmente, os testes de inseticida de contato na estufa e no campo são projetados para matar em 48 horas (MARRONE, 2014). Muitos são os casos em que inseticidas biológicos são aplicados e avaliados como produtos químicos, apesar de que o biopesticida mais bem-sucedido até hoje é o a base de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), que controla com eficiência larvas pequenas por ingestão e não por contato, ao longo de vários dias (JALLOULI et al., 2020; BISHOP, 2014).

Na silvicultura, o Brasil é reconhecido globalmente o sucesso dos programas de controle biológico, onde a alta produtividade das plantações florestais brasileiras é afetada pela ocorrência de pragas e doenças. Das plantações florestais brasileiras, 72% são formados com eucalipto e estas, desde 2003, são atacadas por pragas exóticas ou invasoras, que causam perdas de 10% a 30% no volume de madeira produzida. No que diz respeito ao controle de insetos-praga, bioinseticidas a base de bacillus são destaques no setor florestal (WILCKEN, 2017). Um bom exemplo é o controle de lagartas do eucalipto, como a lagarta das folhas (*Eupseudosoma involuta*) e a Lagarta de cor parda (*Thyrinteina arnobia*), ambas provocam o desfolhamento da planta e ambas podem ser controladas **de forma eficiente por** inseticidas biológicos à base de *Bacillus thuringiensis* (AGROLINK, 2021a,b).

Atualmente, há quatro empresas florestais que montaram laboratórios próprios para atender a suas demandas no controle das principais pragas. Além disso, há, no Brasil, empresas privadas, nacionais e multinacionais, de produção comercial de inimigos naturais para controle de pragas agrícolas e que vêm atendendo pontualmente a alguns produtores florestais. O mercado do controle biológico vem crescendo substancialmente no mundo (WILCKEN, 2017). Esse crescimento é devido à pressão da sociedade e dos mercados consumidores de produtos agrícolas e florestais por sistemas de produção mais sustentáveis. No setor florestal, essa pressão é sentida pelos produtores certificados pelo selo FSC. A principal questão para a implementação efetiva do controle biológico é o custo. No entanto, atualmente a relação custo-benefício se tornou vantajosa devido o maior número de empresas produtoras de inimigos naturais no mercado, aumentando a competição e reduzindo os preços. Além disso, os inseticidas químicos modernos estão mais caros com a maior exigência das agências reguladoras quanto aos testes toxicológicos e de segurança ambiental (WILCKEN, 2017).

Diante dos atuais dados, é notório que os bioprodutos são uma pequena parte do mercado de defensivos agrícolas e não são avaliados adequadamente com base em seus modos de ação. Além disso, os regulamentos estão aumentando em complexidade e custos em algumas regiões e não existe harmonização regulatória global (MARRONE, 2014).

As atividades que podem impulsionar a adoção dos bioprodutos são a inovação no desenvolvimento da formulação (novos inertes) com novos produtos, pré-misturas de produtos químicos, pré-misturas de vários ingredientes ativos, mais educação e treinamento sobre o funcionamento de cada produto, suporte da extensão universitária e empresas de pesquisas e mais parcelas demonstrativas para visitação (MARRONE, 2014). Essas atividades podem favorecer a consistência, eficácia e funcionalidade do produto no campo, com mais experiência prática ao produtor sobre o manejo do produto, além de aproximar o setor produtivo e os setores da pesquisa científica

CONCLUSÃO

O mercado que os bioprodutos vêm ocupando espaço, está presente na futura expansão do setor de proteção de plantas, que movimentam empresas nacionais e multinacionais que produzem defensivos químicos e biológicos, ou até naquelas que atuam e dominam parte do mercado somente dos agroquímicos. Porque a atual Agricultura 4.0, vem da exigência dos consumidores, que não toleram mais tecnologias que agridem o meio ambiente, portanto, busca desafios e soluções para redução ou substituição do uso de agroquímicos em áreas agrícolas e florestais. Dentre os desafios, pode-se apontar a necessidade de maior disponibilidade de produtos biológicos, os quais se destacam pela demanda do desenvolvimento de pesquisas científicas, que envolvem identificação de novos agentes e interações com eficiência de controle com pragas importantes das culturas exploradas pela agricultura brasileira. Além disso, o governo tem grande importância na atuação de implementação de programas de controle biológico, ao criar políticas que utilizam boas práticas agrícolas e florestais e que estabelecem sistemas de assistência técnica mais eficazes

REFERÊNCIAS

AGROLINK. Lagarta dos eucaliptos. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/problemas/lagarta-dos-eucaliptos_1481.html. Acesso em: 07 de Jul. de 2021(a)

AGROLINK. Lagarta dos eucaliptos. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/problemas/lagarta-dos-eucaliptos_1482.html. Acesso em: 07 de Jul. de 2021(b)

AGRONEWS, 2017. Global Insecticides Market to Reach \$20.82 Billion by 2022. Disponível em: <http://news.agropages.com/News/NewsDetail---21014.htm>. Acesso em: 20 de jun. de 2021.

ALMEIDA JEM, LEITE, LG, BATISTA FILHO A. Entomopathogenic Fungi. Cap. 19. p. 223-233. Souza, B, Vasquez, LL, Marucci, RC. (ed.) Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems – **Biological Control and Functional Biodiversity**. Springer: Switexerland. 546 p.2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE CONTROLE BIOLÓGICO - ABCBIO. Biodefensivos registrados. São Paulo: ABCbio. Disponível em: <http://www.abcbio.org.br/biodefensivos-registrados/>. Acesso em: Jun 2021.

BARBOSA, W. F; SMAGGHE, G; GUEDES, R. N. C. Pesticides and reduced-risk insecticides, native bees and pantropical stingless bees: pitfalls and perspectives. **PestManagSci**, v. 71, p. 1049–1053, 2015.

BASTOS, C. S.; TORRES, J. B. Controle biológico e o manejo de pragas do algodoeiro. EmbrapaAlgodão-**Circular Técnica** (INFOTECA-E), 2006.

BETTIO, W. Biopesticide use and research in Brazil. **Outlooks on Pest Management**, Hemel Hempstead, v. 22, n. 6, p. 280-283, 2011.

BISHOP, A. H. Expression of prtA from *Photobacterium luminescens* in *Bacillus thuringiensis* enhances mortality in lepidopteran larvae by sub-cutaneous but not oral infection. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 121, p. 85-88, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jip.2014.07.001>

BRASIL. Decreto nº 7.794, de 20 de agosto de 2012. Institui a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica. Brasília: Congresso Nacional, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ato nº7, de 12 de março de 2010. Brasília: Mapa; Imprensa Nacional, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ato nº29, de 7 de julho de 2011. Brasília: Mapa; Imprensa Nacional, 2011.

CARVALHO, N. L; BARCELLOS, A. L. Adoção do manejo integrado de pragas baseado na percepção e educação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 5, n. 5, p. 749-766, 2012.

CERDA, R; AVELINO, J; GARY, C; TIXIER, P; LECHEVALLIER, E; ALLINNE, C. Primary and Secondary Yield Losses Caused by Pests and Diseases: Assessment and Modeling in Coffee. **PLOS ONE**, v. 12, n. 1, e0169133, 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169133>

COSTA, V. A; BERTI FILHO, E; SATO, M. E. Parasitóides e predadores no controle de pragas. Controle biológico de pragas: na prática, 2006.

CROPLIFE. Croplife International. Disponível em: <http://www.croplife.org>. Acesso em: 20 de jun. de 2021.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW). 2011.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO no Brasil. 2020

FARIA JR, P.A.J. Desafios para o mais amplo uso do controle biológico no Brasil. Presidente da ABCBio – Associação Brasileira das Empresas de Controle Biológico. 2016.

GHINI, R.; BETTIOL, W. Proteção de plantas na agricultura sustentável. Cadernos de Ciência & Tecnologia, 2000. Disponível em Acesso em: 15 Jun. 2021.

GUEDES, R; SMAGGHE, G; STARK, J; DESNEUX, N. Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. **Annu Rev Entomol**, v. 61, p. 43–62, 2016.

GUPTA, R. C; MUKHERJEE, I. R. M; MALIK, J. K; DOSS, R. B; DETTBARN, W-D; MILATOVIC, D. Chapter 26 – Insecticides. **Biomarkers in Toxicology** (Second Edition), p. 455-475, 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814655-2.00026-8>

HADDI, K; TURCHEN, L. M; JUMBO, L. O. V; GUEDES, R. N. C; PEREIRA, E. J. G; AGUIAR, R. W. S; OLIVEIRA, E. E. Rethinking biorational insecticides for pest management: unintended effects and consequences. **Peste Management Science**, v. 76, n. 7, p. 2286-2293, 2020. <https://doi.org/10.1002/ps.5837>

HALFELD-VIEIRA, B. A; MARINHO-PRADO, J.S; NECHET, K.L; MORANDI, M.A.B; BETTIOL, W. Defensivos agrícolas naturais, uso e perspectivas. 1 ed. Brasília, 2016.

IBMA. International Biocontrol Manufacturer's Association. What are biocontrol Technologies?. Disponível em: <https://ibma-global.org/what-is-biocontrol>. Acesso em: 20 de jun. de 2021.

IOBC. International Organisation for Biological Control. Disponível em: <https://www.iobc-global.org/>. Acesso em: 20 de jun. de 2021.

JALLOULI, W; DRISS, F; FILLAUDEAU, L; ROUIS S. Review on biopesticide production by *Bacillus thuringiensis* subsp. *Kurstaki* since 1990: Focus on bioprocess parameters. **Process Biochemistry**, v. 98, p. 224-232, 2020.

JORGE, D.M; SOUZA, C.A.V. Papel da regulamentação dos produtos de origem biológica no avanço da agroecologia e da produção orgânica no Brasil. Capítulo 7. 2016.

KUMAR, M; SAXENA, R; RAI, P. K; TOMAR, R. S; YADAV, N; RANA, K. L; et al. Genetic diversity of methylotrophic yeast and their impact on environments. In: YADAV, A. N; SINGH, S; MISHRA, S; GUPTA, A. (Eds.), **Recent Advancement in White Biotechnology Through Fungi**, v. 3: Perspective for Sustainable Environments. Springer International Publishing, Cham, pp. 53–71, 2019. <https://doi.org/>

org/10.1007/978-3-030-25506-0_3

LANDERS, J. N; DE OLIVEIRA, H. N. Controle biológico: o próximo pulo do gato. Embrapa Agropecuária Oeste-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2018.

LEHR, P. **Biopesticides: the Global Market**, Reportcode CHM029B, BCC Research; 2010.

MAIENFISCH, P; STEVENSON, T. M. Modern Agribusiness - Markets, Companies, Benefits and Challenges. **Discovery and Synthesis of Crop Protection Products**, Chapter 1, p. 1-13, 2015. <https://doi.org/10.1021/bk-2015-1204.ch001>

MAPA (2020). <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/Mapa-registra-recorde-de-95-defensivos-biologicos-em-2020>. Acesso em 16 de jun. de 2021.

MARKETSANDMARKETS (2020). Biopesticides Market worth \$8.5 billion by 2025. <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/biopesticide.asp>. Acesso dia 16 de junho de 2021.

MARKETSANDMARKETS. **Global Biopesticides Market – Trends & Forecasts (2012 – 2017)**, Report Code: CH 1266, 2012.

MARRONE, P. G. The Market and Potential for Biopesticides. **Biopesticides: State of the Art and Future Opportunities**, Chapter 16, p. 245-258, 2014. <https://doi.org/10.1021/bk-2014-1172.ch016>

MORANDI, M. A. B; BETTIOL, W. Controle biológico de doenças de plantas no Brasil. **Embrapa Meio Ambiente-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2009.

OLIVEIRA, A. A., COSTA, A. F., LAZZARINI, A., FORNAZIER, M., SOUZA, I. D. M. et al. Manejo agroecológico de pragas: alternativas para uma agricultura sustentável, 2019.

PROSA RURAL. Benefícios do controle biológico de pragas.- **1ª semana - Regiões Norte, Centro-Oeste/Sudeste e Sul. 2011. Disponível em:** <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2378422/prosa-rural---beneficios-do-controle-biologico-de-praga> . **Acesso em: 17 de jun. 2021.**

SIMONATO, J.; GRIGOLLI, J. F. J.; OLIVEIRA, H. N. Controle Biológico de Insetos Praga na Soja. Tecnologia e Produção. Capítulo 08. **Anuário Fundação MS**. 2014.

SPARKS, T. C. Insecticide Discovery: An Evaluation and Analysis. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 107, n. 1, p. 8-17, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2013.05.012>

THAKUR, N; KAUR, S; TOMAR, P; THAKUR, S; YADAV, A. N. Chapter 15 - Microbial biopesticides: Current status and advancement for sustainable agriculture and environment. Trends of Microbial Biotechnology for Sustainable Agriculture and Biomedicine Systems: Diversity and Functional Perspectives. **New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering**. 2020, p. 243-282.

VENZON, M. Manejo agroecológico das pragas das fruteiras. **Embrapa Clima Temperado-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2016.

WILCKEN, F. C. Controle biológico de pragas florestais. Disponível em: <https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/14-controle-biologico-de-pragas-florestais/> . Acesso em: 07 de agosto de 2021

CAPÍTULO 12

NANOTECNOLOGIA VERDE E SUAS APLICAÇÕES NO ECOSISTEMA AGRÍCOLA

Data de aceite: 01/11/2021

Micheline Thais dos Santos

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Morfologia e Fisiologia
Animal
Recife – PE
<https://orcid.org/0000-0002-7675-2554>

Tale Lucas Vieira Rolim

Universidade Federal de Pernambuco
Laboratório de Imunopatologia Keizo Asami –
LIKA
Recife – PE
<https://orcid.org/0000-0001-8450-9805>

Viviane Ferreira Araújo

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Morfologia e Fisiologia
Animal
Recife – PE
<https://orcid.org/0000-0002-0667-8934>

Maria Ercilia Lima Barreiro

Universidade Federal de Pernambuco
Laboratório de Imunopatologia Keizo Asami –
LIKA
Recife – PE
<https://orcid.org/0000-0001-5756-4681>

Elizabeth Simões do Amaral Alves

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Morfologia e Fisiologia
Animal
Recife – PE
<https://orcid.org/0000-0001-5078-4104>

Breno Araújo de Melo

Universidade Federal de Alagoas

Rede Nordeste de Biotecnologia – RENORBIO
<https://orcid.org/0000-0002-2277-4125>

Sybelle Georgia Mesquita da Silva

Universidade Federal de Alagoas
Rede Nordeste de Biotecnologia – RENORBIO
<https://orcid.org/0000-0002-9318-0332>

Romero Marcos Pedrosa Brandão – Costa

Universidade de Pernambuco
Instituto de Ciências Biológicas
Recife – PE
<https://orcid.org/0000-0001-7045-2975>

Juanize Matias da Silva Batista

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Morfologia e Fisiologia
Animal
Recife – PE
BFP 0087-5.05/20

Ana Lúcia Figueiredo Porto

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Morfologia e Fisiologia
Animal
Recife – PE
<https://orcid.org/0000-0001-5561-5158>

Data de submissão: 06/08/2021

RESUMO: Com a crescente busca dos consumidores por empresas que praticam agricultura sustentável, o mercado agrícola tem buscado novas possibilidades promissoras nesse segmento. Diante disso, a bionanotecnologia apresenta-se como uma nova alternativa a ser inserida no sistema agrícola promovendo alta aplicabilidade, elevados rendimentos e

principalmente *eco-friendly*. Desta forma, este trabalho aborda de forma geral o campo da síntese de nanopartículas metálicas por micro-organismos aplicados no ecossistema agrícola. Foi realizado uma busca nas principais bases de dados científicos, logo após desenvolvido uma revisão narrativa a qual aborda tópicos relacionados à utilização dos microrganismos como fonte biossintética de nanopartículas metálicas na agricultura, sua biossíntese e campo de aplicação. Nesse capítulo conclui-se que as nanopartículas possuem uma atuação de extrema importância no campo da agricultura sustentável, visto que é uma área de inovação, desafiadora e verde, podendo contribuir no setor de gestão de pragas agrícolas, micronutrientes e fertilizantes no solo e em plantas.

PALAVRAS-CHAVE: Nanopartículas metálicas. Nanotecnologia ambiental. Sustentabilidade. Agricultura verde.

GREEN NANOTECHNOLOGY AND ITS APPLICATIONS IN THE AGRICULTURAL ECOSYSTEM

ABSTRACT: With the growing consumer search for companies that practice sustainable agriculture, the agricultural market has been looking for promising new alternatives in this segment. Therefore, bionanotechnology presents itself as a new alternative to be inserted in the agricultural system, promoting high applicability, high yields and mainly eco-friendly. In this way, this work approaches in general the field of the synthesis of metallic nanoparticles by microorganisms applied in the agricultural ecosystem. A qualitative survey of the information obtained was carried out, among which topics related to the use of microorganisms as a biosynthetic source of metallic nanoparticles in agriculture, their biosynthesis and field of application were addressed. In this chapter it is concluded that nanoparticles have an extremely important role in the field of sustainable agriculture, since it is an area of innovation, challenging and green, being able to contribute in the sector of management of agricultural pests, micronutrients and fertilizers in the soil and in plants.

KEYWORDS: Environmental nanotechnology. Metallic nanoparticles. Sustainability. Green Agriculture.

1 | INTRODUÇÃO

A prática agrícola intensiva, juntamente com o rápido crescimento da população humana, exige melhorias na produção de alimentos bem como um aumento no rendimento geral. Os agricultores em todo o mundo são obrigados a produzir mais rendimento, seja para ampliar as terras agrícolas ou para adotar novos métodos de agricultura sustentável com o objetivo de preencher esse espaço entre a produção de alimentos e o consumo (El-Ramady et al., 2017).

Um dos grandes questionamentos que envolve esse setor é a fertilização aplicada, a aplicação de herbicidas e inseticidas que são obrigatórios para a produção bem sucedida de safras, frutas e vegetais, enquanto seu mau uso se tornou um dos principais problemas de conteúdo excessivo de poluentes no solo e como consequência da aplicação excessiva de fertilizantes e herbicidas na prática agrícola, várias substâncias residuais perigosas

permanecem no ecossistema e representam uma fonte significativa de poluição do solo e água (Rawtani et al., 2018).

A nanotecnologia verde está associada ao aumento da sustentabilidade ambiental dos processos, a fim de minimizar os custos e os riscos ambientais de externalidades negativas produzidas na agricultura (Debashree e Borkha, 2021). Portanto, a nanotecnologia verde representa um novo esforço dos pesquisadores para empregar a capacidade da natureza de remover ou diminuir os riscos ambientais e à saúde humana causados pelo uso de nanomateriais, substituindo produtos existentes por novos nanoprodutos que são ecologicamente corretos ao longo de sua vida (Nasrollahzadeh et al., 2019). Posto isso, essa breve revisão tem por objetivo enfatizar o uso da nanotecnologia verde e sua aplicação dentro de uma agricultura sustentável.

2 | METODOLOGIA

Essa breve revisão foi baseada em artigos científicos publicados nos últimos anos. O processo de coleta do material foi realizado de forma não sistemática em bases de dados científicas, tais como nas principais bases internacionais e nacionais (*Science direct, Pubmed e Scielo*), utilizando-se dos descritivos (*green nanotechnology or Bionanotechnology*) and (*Sustainable Agriculture*) and (*application of green nanoparticles*), estes materiais foram lidos na íntegra e analisados criticamente.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Nanotecnologia verde

Nanotecnologia é o campo da ciência que lida com uma variedade de nanoestruturas úteis na indústria da saúde, eletrônica, manufatura, meio ambiente, agricultura e diferentes indústrias biomédicas. As nanopartículas (NPs) são partículas em escala nanométrica que variam entre 1 a 100 nanômetros de tamanho e ou menor dimensão (EFSA, 2009). A nanotecnologia está relacionada a diversos métodos biológicos (não tóxicas e ambientalmente seguras), a chamada bionanotecnologia, explorando uma variedade de micróbios, como algas, bactérias, fungos e extratos de plantas (Iravani et al., 2017). Assim, as NPs são de matéria à base de metal, com capacidade de se tornar um sistema integrado de vários princípios ativos consistindo de partículas (Baker et al., 2015) (Figura 1).

A utilização de plantas para a síntese verde de nanopartículas metálicas ganhou destaque rapidamente devido a facilidade de manuseio, protocolo de baixo custo, *eco friendly* e com baixa toxicidade. Entende-se que as folhas, caules, cascas, flores, sementes e seus derivados podem ser utilizadas para esse processo, porém a concentração do extrato, temperatura, sal metálico e pH são os principais parâmetros de influência para a síntese. Outro ponto que merece ser estudado é o agente ativo responsável pela síntese, que

permite estabilização e redução, e as biomoléculas que criam NPs estáveis. Biomoléculas, por ex. aminoácidos, polissacarídeos, alcalóides e proteínas são os principais compostos que afetam a redução e a estabilidade das NPs (Alabdallah & Hasan, 2021).

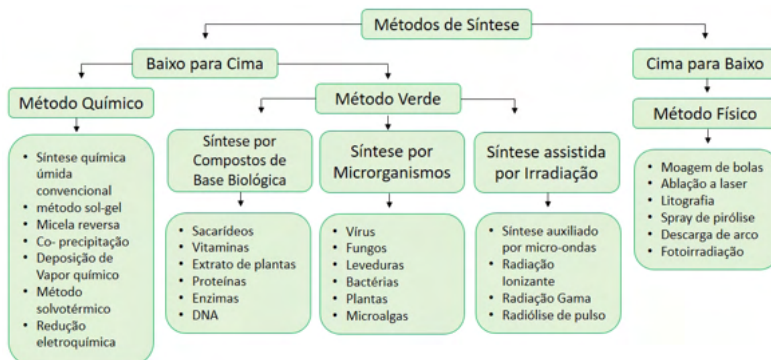


Figura 1: Classificação das metodologias de síntese física, química e verde de nanoestruturas de prata com relação ao tipo de agente redutor, instrumentos e processos (Kaabipour & Hemmati, 2021) (adaptado).

A síntese microbiana de nanopartículas de metal pode ocorrer tanto por via intracelular quanto extracelular (Jain et al., 2011). As NPs têm propriedades físico-químicas importantes como forma, tamanho e distribuição de partículas e rugosidade, topografia pureza, estabilidade, dispersão, reatividade e hidrofobicidade (Kumar e Dixit, 2017).

Algumas condições como pH, teor de sal, temperatura (Fatemi et al., 2018), alteram a natureza dos microrganismos usados, compostos secretados por eles, condições nutricionais e a presença de doadores e aceitadores de elétrons podem afetar a biossíntese das NPs, suas propriedades biológicas, químicas e físicas são amplamente determinadas pelo tamanho e forma (Singh e Singh, 2019).

3.2 Aplicação das nanopartículas metálicas no meio ambiente

O rápido desenvolvimento da nanotecnologia tem causado efeitos benéficos na agricultura e no meio ambiente com a sintetização das nanopartículas de base metálica, podendo ser aplicadas por caminhos diretos e indiretos no sistema de otimização entre solo e planta.

A nanotecnologia oferece alternativas ecológicas para o manejo de doenças de plantas, que podem desempenhar um papel fundamental na produção global de alimentos e na segurança alimentar. Recentemente, várias NPs metálicas (como Ag, Au, Zn, Ni e Ti) têm sido usadas como agentes antimicrobianos para o manejo de fitopatógenos. As formulações de nanopesticidas oferecem vantagens adicionais em relação aos pesticidas convencionais, aumentando a solubilidade de ingredientes ativos pouco solúveis (Narware et al., 2019).

O solo agrícola tem como grande característica a abundância de material orgânico dissolvida no solo, o qual pode ter um impacto significativo no destino e transporte das

NPs à base de metal. As plantas, por sua vez, participam como componentes-chave na prática agrícola por mostrarem interações complexas e dinâmicas com NPs metálicas (Hao Chen, 2018). A maioria das investigações existentes sobre o impacto ambiental dessas nanopartículas consideram o ambiente do solo agrícola e o sistema vegetal separadamente, no entanto faz-se necessário que haja um estudo que enfatiza o sistema integrado solo - planta, assim obtendo criticamente a análise do ecossistema agrícola.

3.3 Nanotecnologia x produtividade agrícola

As aplicações baseadas em nanotecnologia têm o potencial de aumentar a produtividade da cultura, permitindo um melhor manejo das plantas. O papel da nanotecnologia no desenvolvimento da produção agrícola pode ser classificado como, (I) nanopesticidas/ nanoherbicidas, (II) nanofertilizantes, (III) biossensores para detectar patógenos e contaminantes, entre outros (Achary & Pal, 2020).

3.3.1 Desenvolvimento de nanopesticidas/ nanoherbicidas

O uso de pesticidas é uma prática regular na agricultura comercial e o desenvolvimento de pesticidas novos, eficientes e específicos para um alvo específico é um processo contínuo (Usmann et al., 2020). Os biopesticidas reduzem os efeitos perigosos dos pesticidas sintéticos, mas seu uso é limitado por sua eficiência lenta e dependente do ambiente contra pragas, já os nanopesticidas apresentam potencial viável para superar essas limitações.

A degradação lenta e a liberação controlada de ingredientes ativos na presença de nanomateriais adequados podem oferecer um controle eficaz de pragas por muito tempo (Chhipa, 2017). Sendo os nanopesticidas de grande importância para o manejo eficaz e sustentável de diferentes pragas e com potencial para minimizar o uso de produtos químicos sintéticos e os riscos ambientais associados (Usman et al., 2020).

Os nanopesticidas se comportam de maneira diferente dos pesticidas convencionais para aumentar sua eficácia (Kah et al., 2019). As partículas nanométricas podem ser transportadas nos estados dissolvido e coloidal e este tipo de mecanismo está subjacente a comportamentos diferentes dos solutos convencionais das mesmas partículas (Kumpiene et al., 2008) A solubilidade dos ingredientes ativos pode aumentar a mobilidade e a degradação dos microrganismos que habitam o solo. Como os pesticidas à base de nanopartículas aumentam a solubilidade do AI, também são considerados como tendo menos impacto prejudicial ao meio ambiente em comparação com os pesticidas convencionais (Kah e Hofmann, 2014).

Através dessa intervenção nanotecnológica, é possível também melhorar a eficácia dos herbicidas, visando especificamente os receptores nas raízes/ partes do solo das ervas daninhas. Espera-se que esses nanoherbicidas forneçam novas rotas para entrar e translocar para diferentes partes do rizoma e, finalmente, impedir a glicólise do backup de alimentos no sistema radicular (Chinnamuthu e Kokiladevi, 2007).

3.3.2 Nanofertilizantes

Um dos grandes contribuintes para o aumento da safra é decorrente do aumento no uso de fertilizantes. No entanto, o uso de fertilizantes químicos torna-se limitado por sua baixa eficiência de uso devido à perda de fertilizante (por volatilização e lixiviação) que contamina o meio ambiente e aumenta o custo de produção (FAO, 2017).

As formulações de nanofertilizantes podem aumentar substancialmente a produtividade da cultura, aumentando a eficiência, a matéria orgânica do solo, juntamente com a redução da fertilização desequilibrada e deficiências de multi-nutrientes, assim como foram observados os aumentos significativos na produção de feijão e milho com a aplicação foliar de partículas de nanofósforo como fertilizantes em ambiente árido (Tarafdar, 2012). Podem ser usados alguns conceitos nanotecnológicos para aumentar a eficiência do uso de nitrogênio de fertilizantes convencionais, reduzindo a perda de nitrogênio e aumentando a absorção através de partes porosas em nanoescala das plantas (Acharya & Pal, 2020).

Pesquisas relacionadas aos nanofertilizantes, relatam a aplicação de algumas moléculas a exemplo do Fe (Rui et al., 2016; Askary et al., 2017; Bastani et al., 2018), ZnO (Tarafdar et al., 2012), quitosana (Corradini et al., 2010) mostraram resultados positivos tornando-se promissoras no setor agrícola.

3.3.3 Nanobiossensores

Biossensores são dispositivos que convertem a resposta biológica em uma resposta elétrica para análise quantitativa de dados por meio de um microprocessador (Acharya & Pal, 2020). Eles apontam um sistema híbrido de receptor-transdutor que é usado para detectar as propriedades físicas e químicas de um meio na presença de elemento de reconhecimento biológico ou orgânico para detectar o analito biológico específico presente (Sun et al., 2006).

Os nanobiossensores é a geração de biossensores que são mais compactos e ligados ao elemento sensibilizado para detectar analito seletivo em concentração ultrabaixa, por meio de um transdutor físico-químico. A tecnologia de nanobiossensores pode ajudar na detecção precoce e na decisão rápida para aumentar o rendimento das safras por meio do manejo adequado de água, solo, fertilizantes e pesticidas (Scognamiglio, 2013), também para monitorar o crescimento das plantas, resistência a antibióticos, estresse na colheita, condição do solo, teor de nutrientes ou qualidade dos alimentos (Tarafdar et al., 2013; Teodoro et al., 2010).

3.4 Vias de entrada de NPs metálicas no solo

O método de entrada das nanopartículas metálicas no solo podem ocorrer por meio de duas vias: via direta e via indireta.

3.4.1 Via indireta

Uma das principais fontes de NPs metálicas é a aplicação de lodo de esgoto em terras. Após a aplicação dos produtos nanoparticulados, as NPs são facilmente liberadas da matriz de produtos e, em seguida, entram no sistema de estampagem (Hao Chen, 2018). assim como exemplos mencionados por Kagi et al. (2008) que as NPs de TiO_2 podem liberar para o ambiente a partir da pintura do edifício; Benn et al. (2010), NPs podem ser liberados do tecido durante a lavagem ou do recipiente plástico durante o uso; Gondikas et al. (2014), as nanopartículas de TiO_2 e ZnO podem ser liberadas de protetores solares em piscinas externas.

As nanopartículas metálicas tendem a ficar retidas e se acumulam no lodo do esgoto em sistema de tratamento de águas residuais e como resultado, várias NPs metálicas foram detectadas no bio-sólido da estação de tratamento de águas residuais (Durenkamp et al., 2016). Uma vez que a prática de usar o lodo de esgoto em terras agrícolas como condicionador do solo ou fertilizante de plantas, pode ser uma das fontes importantes de NPs à base de metal nas terras aráveis (Singh e Agrawal, 2008).

3.4.2 Via Direta

A entrada direta de NPs no solo ocorre principalmente por meio de aplicações de produtos químicos agrícolas formulados por Nanotecnologia, incluindo Nano fertilizantes e Nano pesticidas. Fertilizantes nanoestruturados como Fe, Mn, Zn, Cu, Mo NPs podem promover o crescimento das plantas e rendimentos agrônômicos em uma pequena dose, levando a benefícios econômicos e ambientais significativos (Monreal et al., 2016)

Nos estudos de Jeyasubramanian et al. (2016) relatam por exemplo, nanopartículas de ZnO e Fe_2O_3 aplicados em sementes de amendoim, resultando em maior germinação de sementes, aumento do crescimento do caule e da raiz, enquanto outra forma de Zn ou Fe usada para comparação teve impacto limitado. Já em pesquisas realizadas por Hanif et al. (2015) indicaram que quando 100 mg/ kg^{-1} de nanopartículas de TiO_2 foram aplicados ao solo a concentração de fosfato disponível no solo aumentou até 56% após 72h de incubação à temperatura ambiente (25°C) em placas de Petri. Após o cultivo de plantas de *L. sativa* no solo, aplicado com 100 mg/kg^{-1} de nanopartículas de TiO_2 durante 14 dias, os comprimentos da parte aérea e da raiz aumentaram em até 49% e 62%, respectivamente, em comparação com o tratamento controle.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A nanotecnologia verde através da biossintetização por via microbiana tem se tornado um importante mecanismo de defesa ao meio ambiente frente a utilização exacerbada de agrotóxicos e despejo irregular de resíduos industriais e comerciais, melhorando os efeitos sustentáveis e produtividade da safra. Mesmo com resultados positivos e promissores, essa área requer mais estudos e discussão entre as comunidades científicas e agrícolas,

principalmente relacionado a interação solo-planta, visto que a nanotecnologia pode ser aplicada em diversas áreas do ecossistema agrícola, para uma melhor aplicação em escala de produção e também na atuação em campos contaminados, tendo em vista os resultados positivos já encontrados em diferentes campos, como fármacos, alimentos e diagnóstico.

REFERÊNCIAS

ACHARYA, A.; PAL, P.K. **Agriculture nanotechnology: Translating research outcome to field applications by influencing environmental sustainability**. *NanoImpact*, v. 19, Artigo 100232, 2020.

ALABDALLAH, N. M.; MAHADI HASAN, M.D. **Plant-based green synthesis of silver nanoparticles and its effective role in abiotic stress tolerance in crop plants**. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.05.081>.

ASKARY, M.; AMIRJANI, M. R.; SABERI, T. **Comparison of the effects of nano-iron fertilizer with iron-chelate on growth parameters and some biochemical properties of *Catharanthus roseus* J.** *Plant Nutr.*, v. 40, p. 974-982, 2017.

BAKER, S.; KUMAR, K.M.; SANTOSH, P.; RAKSHITH, D.; SATISH, S. **Extracellular synthesis of silver nanoparticles by novel *Pseudomonas veronii* AS41G inhabiting *Annona squamosa* L. and their bactericidal activity**. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, ed. 136, p. 1434–1440, 2015.

BASTANI, S.; HAJIBOLAND, R.; KHATAMIAN, M.; SAKET-OSKOUI, M. **Nano iron (Fe) complex is an effective source of Fe for tobacco plants grown under low Fe supply**. *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, v. 18, p. 524-541, 2018

BENN, T.; CAVANAGH, B.; HRISTOVSKI, K. et al. **The launch of nano-silver consumer products used at home**. *Journal of Environmental Quality*. 39 (6), p. 1875, 2010.

CHHIPA, H. **Nanofertilizers and nanopesticides for Agriculture**. *Environ. Chem. Lett.*, v. 15, p. 15–22, 2017.

CHINNAMUTHU, C.R.; KOKILADEVI, E. **Weed Management through nanoherbicides**. *In: Nanotechnology Applications in Agriculture*. Eds. Chinnamuthu, C.R., Chandrasekaran, B., Ramasamy, C. (ISBN No: 978-81-904337-3-0), p 23–36, 2007.

CORRADINI, E.; DE MOURA, M. R. MATTOSO, L. H. C. **A preliminary study of the incorporation of NPK fertilizer into chitosan nanoparticles**. *Express Polym Lett*, v. 4, p. 509-515, 2010.

DEBASHREE, D.; BORKHA, M. D. **Scope of green nanotechnology towards amalgamation of green chemistry for cleaner environment: A review on synthesis and applications of green nanoparticles**. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, n. 15, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2020.100418>

DURENKAMP, M.; PAWLETT, M.; RITZ, K.; HARRIS, J.A.; NEAL, A. L.; MCGRATH, S. P. **Nanoparticles within WWTP sludges have minimal impact on leachate quality and soil microbial community structure and function**. *Environ. Pollut.*, v. 211, p. 399 – 405, 2016. [10.1016/j.envpol.2015.12.063](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.12.063).

EL-RAMADY, H., ALSHAAL, T., ABOWALY, M., ABDALLA, N., TAHA, H.S., et al., **Nanoremediation for sustainable crop production**, Nanoscience in Food and Agriculture, Springer, vol. 5, 2017.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY, **Scientific opinion of the scientific committee on a request from the European commission on the potential risks arising from nanoscience and nanotechnologies on food and feed safety**. The EFSA J., ed. 958, p.1 - 39, 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. **The Future of Food and Agriculture “Trends and Challenges”**. 2017.

FATEMI, M., MOLLANIA, N., MOMENI-MOGHADDAM, M., SADEGHIFAR, F. **Extracellular biosynthesis of magnetic iron oxide nanoparticles by *Bacillus cereus* strain HMH1: characterization and in vitro cytotoxicity analysis on MCF-7 and 3T3 cell lines**. Journal of Biotechnology. v. 270, p. 1-11, 2018.

GONDIKAS, A.P.; KAMMER, F.V.D.; REED, R.B. et al. **Release of TiO₂ nanoparticles from sunscreens in surface waters: a year-long survey in the former Danube recreation lake**. Environmental Science Technology. ed. 48 (10), p. 5415 - 5422, 2014.

HANIF, H.U.; ARSHAD, M.; ALI, M.A. et al. **Phosphorus phyto availability for *Lactuca sativa* in response to TiO₂ nanoparticles applied in the soil**. Pakistan Journal of Agricultural Sciences. ed. 52 (1), p. 177 - 182, 2015.

HAO, C. **Metal-based nanoparticles in an agricultural system: behavior, transport and interaction with plants**. Chemical Speciation and Bioavailability, 30: 1, 123-134, 2018. DOI: [10.1080/09542299.2018.1520050](https://doi.org/10.1080/09542299.2018.1520050).

IRAVANI, A.; HASAN AKBARI, M.; ZOHOORI, M. **Advantages and Disadvantages of Green Technology; Goals, Challenges and Strengths**. International Journal of Science and Engineering Applications. v. 6, Iss. 09, 2017.

JAIN, N.; BHARGAVA, A.; MAJUMDAR, S.; TARAFDAR, J.C.; PANWAR, J. **Extracellular biosynthesis and characterization of silver nanoparticles using *Aspergillus flavus* NJP08: a mechanism perspective**. Nanoscale, v.3, p. 635-641, 2011.

JEYASUBRAMANIAN, K.; THOPPEY, U.U.G.; HIKKU, G.S. et al. **Increase in the growth rate and productivity of spinach grown in hydroponics with iron oxide nanoparticles**. RSC Advances., ed. 6 (19), 15451 - 15459, 2016.

KAABIPOUR, S.; HEMMATI, S. **A review of green and sustainable synthesis of silver nanoparticles and one-dimensional silver nanostructures**. Beilstein J. Nanotechnol., v. 12, p. 102-136, 2021.

KAGI, R., ULRICH, A.; SINNET, B. et al. **Emission of synthetic TiO₂ nanoparticles from external facades to the aquatic environment**. Environmental science of technology. Pollution., ed. 156 (2): 233 - 239, 2008.

KAH, M.; TUFENKJI, N.; WHITE, J.C. **Nano-enabled strategies to enhance crop nutrition and protection**. Nat. Nanotechnol., v. 14, p. 532-540, 2019.

KAH, M.; HOFMANN, T. **Nanopesticide research: current trends and future priorities**. Environ. Int., v. 63, p. 224-235, 2014.

- KUMAR, A., DIXIT, C.K. METHODS FOR CHARACTERIZATION OF NANOPARTICLES. **Advances in Nanomedicine for the Delivery of Therapeutic Nucleic Acids**. Woodh. Publi., Cambridge, p. 43-58, 2017.
- KUMPIENE, J.; LAGERKVIST, A.; MAURICE, C. **Stabilization of As, Cr, Cu, Pb and Zn in soil using amendments—a review**. *Waste Manag.*, v. 28, p. 215-225, 2008.
- MONREAL, C.M.; DE ROSA, M.; MALLUBHOTLA, S.C. et al. **Nanotecnologias para aumentar a eficiência do uso da cultura de micronutrientes fertilizantes**. *Biol Fertil Soils*, n. 52, p. 423–437, 2016.
- NARWARE, J., YADAV, RN, KESWANI, C., SINGH, SP, SINGH, HB. **Biopesticides based on silver nanoparticles for phytopathogens: Scope and potential in agriculture**. *Nano-Biopesticides Today and Future Perspectives*, p. 303-314, 2019.
- NASROLLAHZADEH, M.; SAJADI, M.; ISSAABADI, Z.; SAJJADI, M. **Biological Sources Used in Green Nanotechnology. In: An Introduction to Green Nanotechnology**. Editora: Academic Press, v. 28 p. 81–111, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813586-0.00003-1>.
- RAWTANI, D., KHATRI, N., TYAGI, S., PANDEY, G. **Nanotechnology-based recent approaches for sensing and remediation of pesticides**. *J. Environ. Manage.*, p. 749-76, 2018.
- RUI, M.; MA, C.; HAO, Y.; GUO, J.; RUI, J.; TANG, X.; ZHAO, Q.; FAN, X.; ZHANG, Z.; HOU, T.; ZHU, S. **Iron oxide nanoparticles as a potential iron fertilizer for peanut (*Arachis hypogaea*)**. *Front. Plant Sci.*, v. 7, p. 815, 2016.
- SCOGNAMIGLIO, V. **Nanotechnology in glucose monitoring: advances and challenges in the last 10 years**. *Biosens. Bioelectron.*, v. 47, p. 12-25, 2013.
- SINGH, R.; AGRAWAL, M. **Potential benefits and risks of applying sewage sludge to the soil**. *Waste Management.*, ed. 28 (2), p. 347 - 358, 2008.
- SINGH, V. K.; SINGH, A. K. **Role of microbially synthesized nanoparticles in sustainable agriculture and environmental management**. *Role of Plant Growth Promoting Microorganisms in Sustainable Agriculture and Nanotechnology*, p. 55–73, 2019.
- SUN, P-N.; LI, X-Q.; CAO, J.; ZHANG, W-X.; WANG, H. P. **Characterization of zero-valent iron nanoparticles**. *Adv. Colloid Interf. Sci.*, 120, p. 47-56, 2006.
- TARAFDAR, J. C. **Perspectives of nanotechnological applications for crop production**. *NAAS News*, v.12, p. 8-11, 2012.
- TARAFDAR, J. C.; SHARMA, S.; RALIYA, R. **Nanotechnology: interdisciplinary science of applications**. *Afr. J. Biotechnol.*, v. 12, p. 219-226, 2013.
- TEODORO, S.; MICAELA, B.; DAVID, K. W. **Novel use of nano-structured alumina as an insecticide**. *Pest Manag. Sci.*, 6v. 6, p. 577-579, 2010.
- USMAN, M.; FAROOQ, M.; WAKEEL, A.; NAWAZ, A.; CHEEMA, S.A.; UR REHMAN, H.; ASHRAF, I.; SANAUULLAH, M. **Nanotechnology in agriculture: current status, challenges and future opportunities**. *Sci. Total Environ.*, v. 721, Article 137778, 2020.

Data de aceite: 01/11/2021

Data de submissão: 08/10/2021

Cesar Tatari

Escola Técnica Estadual de Suzano/Centro
Paula Souza
Suzano/SP

Adelcio Cleiton de Almeida Carneiro

Escola Técnica Estadual de Suzano/Centro
Paula Souza
Suzano/SP

Antony Victor Fernandes

Escola Técnica Estadual de Suzano/Centro
Paula Souza
Suzano/SP

Douglas Cunha Silva

Escola Técnica Estadual de Suzano/Centro
Paula Souza
Suzano/SP

Márcio Callejon Maldonado

Escola Técnica Estadual de Suzano/Centro
Paula Souza
Suzano/SP

Ricardo Alexandre Pereira

Escola Técnica Estadual de Suzano/Centro
Paula Souza
Suzano/SP

RESUMO: A proposta desse projeto é a reutilização do polipropileno na confecção de embalagens de material polimérico para agricultura já que eles vêm tomando

conta do nosso dia, considerado assim o quarto reino, uma nova aplicação irá diminuir o impacto ambiental é agregar o eugenol encontrado no cravo-da-india tendo grande poder repelente em formigas cortadeiras, assim diminuindo o uso de pesticidas, alcançando os pilares da sustentabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Polímero Repelente; Sustentabilidade; Polipropileno; Eugenol.

REPELLENT AGRICULTURAL POLYMERIC PACKAGING

ABSTRACT: The proposal of this project is reuse of polypropylene in the polymeric material packaging for agriculture manufacturing, as they take over our day, considered the fourth kingdom, a new one will apply to reduce the environmental impact and add the eugenol found in cloves having great repellent power on leaf-cutting ants, thus decreasing the use of pesticides, reaching the sustainability pillars.

KEYWORDS: Repellent Polymer; Sustainability; Polypropylene; Eugenol.

1 | INTRODUÇÃO

A Química não é somente uma descoberta, é também em especial a criação e a transformação. Sem a atividade dos químicos de todas as épocas algumas conquistas espetaculares jamais teriam acontecido como os avanços no tratamento de doenças, a exploração espacial e as maravilhas atuais da tecnologia. (SIMÕES et al., 1999).

A nossa vida é tão intrinsecamente

entrelaçada com a química que já é impossível pensar em uma existência sem ter conhecimentos químicos básicos. Desde uma simples faísca originada na caixa de fósforos a procedimentos complexos na fabricação de medicamentos, a química está presente, ditando todos os fenômenos e reações que possibilitaram a evolução da humanidade ao longo de todos esses séculos. O que seriam, por exemplo, as Revoluções Industriais sem a introdução em larga escala do uso do carvão e do petróleo? Ou a agricultura moderna, sem o uso de agrotóxicos e fertilizantes? São as grandes inovações como essas, inerentemente relacionadas a avanços na Química, que nos permitem compreender a grandiosidade desta ciência em nossas vidas.

2 | OBJETIVOS

Produzir embalagens poliméricas agrícola usando o polipropileno também agregando o poder repelente do eugenol visando utilizar o polipropileno reciclado para elaboração do protótipo, realizar testes que possam comprovar a presença do princípio ativo no polímero e determinar a melhor proporção em mistura com base nos resultados obtidos pós-ensaios para a do polímero, que será utilizada na confecção do polímero repelente. A pesquisa também busca garantir que princípio ativo não se degrade devido à temperatura da extrusora ser elevada.

3 | PRODUTOS FEITOS A PARTIR DO POLIPROPILENO

Temos o polipropileno empregado nesta área em diversos formatos e tipos, desde os mais simples, feitos em vacuum forming servindo para embalagens de pouco uso e temporários, como condicionadores de alimentos e berços de frutas e ovos, como também as mais elaboradas feitas em sopro e injeção, normalmente para guarda de líquidos de vários usos tais como: xampus, cremes de beleza e produtos de limpeza em geral.

4 | ÓLEOS ESSENCIAIS

Óleos essenciais, também chamados de óleos voláteis, são definidos segundo a ISO (International Standard Organization), como produtos obtidos de parte de plantas através de destilação por arraste com vapor d'água ou como produtos obtidos por prensagem dos pericarpos de frutos cítricos (SIMÕES; SPITIZER, 2004). São compostos aromáticos, voláteis, geralmente líquidos e de aparência oleosa à temperatura ambiente, e por esta razão, a designação de óleo. No entanto, existem óleos essenciais que se apresentam sólidos à temperatura ambiente, como é o caso da cânfora. O aroma é quase sempre agradável, porém é importante ressaltar que nem todos os óleos essenciais possuem aroma agradável e nem sempre todas as espécies que os contém apresentam propriedades terapêuticas (TRANCOSO, 2013).

4.1 Cravo-da-índia

O cravo-da-índia cientificamente chamado de *Syzygium aromaticum* é muito conhecido na culinária, cosméticos e na medicina popular pelo seu poder contra diversos tipos de espécies e anomalias distintas, o seu poder vem devido ao seu óleo essencial que é composto por 70 a 90% de Eugenol, o acetato de eugenilo, de 10% a 15% e composto por hemuleno e cariofileno compondo os demais porcentagem do produto, a figura abaixo mostra a flor do cravo



Figura 1 – Cravo-da-índia.

Fonte: <https://www.mundoboaforma.com.br/12-beneficio-do-cravo-da-india-para-que-serve-e-propriedades/>.

4.2 Eugenol

Eugenol ou 4-Allyl-2-methoxyphenol possui fórmula molecular $C_{10}H_{12}O_2$ com sua temperatura de ebulição perto dos $256^{\circ}C$, muito utilizado na indústria e na cultura popular por possuir grandes propriedades sendo eles no tratamento de náuseas, flatulências indigestão e diarreia. Contém propriedades bactericidas, antivirais, e é também usado como anestésico e antisséptico para o alívio de dores de dente, podendo ser encontrado no pejo, noz-moscada e no louro.

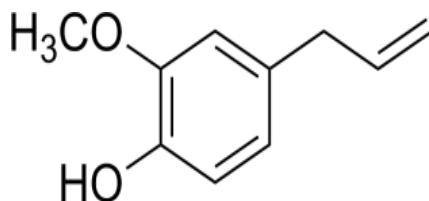


Figura 2: Eugenol.

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Eugenol_acsv.svg.

Segundo Simões o eugenol já vindo sendo utilizada a muitos anos e no âmbito industrial ele vem crescendo cada vez mais por ser um óleo de custo relativamente baixo

e ótimos resultados. Pode ser considerado um óleo com coloração amarelada com odor característico de cravo-da-índia, sua comercialização é livre tendo em vista de ser um composto natural.

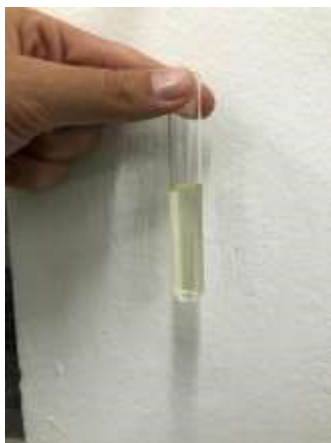


Figura 3: Eugenol comercial.

Fonte: Acervo pessoal 2021.

Para cada tipo de óleo essencial e sua aplicação faz-se necessário um tipo de metodologia podendo ser: Destilação de arraste de vapor d'água ou Prensagem (também denominada Expressão).

Destilação de arraste de vapor d'Água

Os óleos voláteis possuem tensão de vapor mais elevada que a água, sendo, por isso, arrastados pelo vapor d'água. O óleo volátil obtido, após separar-se da água, deve ser seco com Na_2SO_4 anidro. Este procedimento, embora clássico, pode levar à formação de resíduos em função da alta temperatura empregada (SIMÕES E SPITZER, 2004).



Figura 4: Montagem do esquema de arraste por vapor d'Água

Fonte: Acervo Pessoal, 2021.

Prensagem (ou Expressão)

Esse método é empregado para a extração de frutos cítricos. Os pericarpos destes frutos são prensados e a camada que contém o óleo volátil é separada. Posteriormente, o óleo é separado da emulsão formada com a água através de decantação, centrifugação ou destilação fracionada (SIMÕES; SPITZER, 2004).



Figura 5: Instrumentação para metodologia prensagem.

Fonte: <https://ecirtec.com.br/equipamentos/extracao-mecanica/>.

4.3 O Polímero PP

O PP é um polímero que foi desenvolvido por Giulio Natta na Itália, tendo diversas características, por exemplo, atóxico, baixo custo, fácil moldagem e fácil coloração, podendo ser usado principalmente em embalagens, muito aceita pelos consumidores. (AHRENS et al, 2002).

4.4 Utilização do PP nos EUA

O polipropileno é um dos polímeros com maior crescimento no mercado mundial, em 1957, teve maior crescimento na história dos plásticos. Nos EUA seu crescimento teve 7% entre os anos de 1960 até 2015.

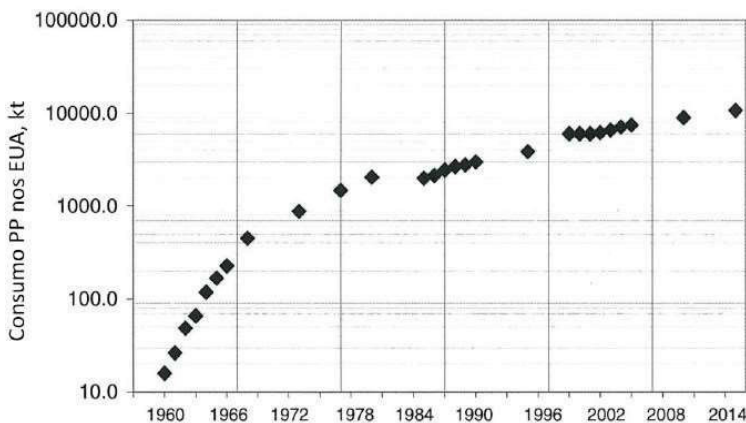


Gráfico 1: Crescimento do P nos EUA entre 1960 e 2015.

Fonte: Pasquini, 2005.

4.5 Utilização do PP no Brasil

No Brasil o PP nos anos de 1998 tinha cerca de 23% de todos os polímeros em circulação tendo em vista sua síntese ser nova é um crescimento satisfatório.

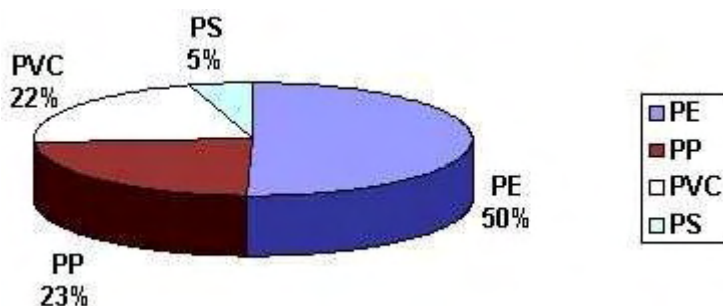


Gráfico 2: Utilização dos polímeros 1998.

Fonte: <http://www.gorni.eng.br/intropol.html>.

4.6 Polímero PET

O PET é um polímero que foi desenvolvido por Whinfield e Dickson em 1941,

pela reação de ácido tereftálico com mono etileno glicol, formando um polímero poliéster termoplástico de massa leve que possui propriedades como, por exemplo, resistência a impactos, estabilidade térmica, estabilidade à luz e propriedade de barreira a gases, podendo ser usado principalmente em embalagens alimentícias e garrafas, muito aceita pelos consumidores, mas seu tempo de vida pode chegar a 400 anos na natureza, o que torna ele um material muito poluente (ABIPET, O que é PET, 2010).

4.7 Produção de garrafas a partir do PET

A produção de garrafas plásticas à base de PET no Brasil é cerca 9 bilhões de unidades ao ano, esse número reflete a vantagem da versatilidade e o baixo custo de produção da mesma, que gera um produto final de boa qualidade e muito utilizado em vários outros produtos como fibras têxteis, não-tecidos, carpetes, filmes, cordas, frascos e entre outros (CASTELO, 2011). As embalagens PET produzidas são efetivamente recicladas devido aos sistemas de coleta alternativos feito por corporações que se dedicam em recolher essas embalagens e enviá-las a empresas recicladoras como podemos observar na figura 3, o pátio de empresa REPET. Mas embora esse recicle seja considerado alto no Brasil, aproximadamente 53% desse material é descartado no meio ambiente, ou seja, todo ano, cerca de 4,7 bilhões de garrafas contaminam rios, matas, estradas e vão para lixões e são espalhadas em terrenos vazios, tonando assim a cidade, um foco de materiais que não são, na maioria das vezes, reintegrados ao consumo, chamados de Resíduos Sólidos Urbanos (ALEGRIA, 2007).

5 | PLASTICULTURA

Utilização de diversos polímeros na agricultura moderna visando diminuição de desperdício e melhor qualidade no alimento.

O homem aprimora suas tecnologias em todas as vertentes da sociedade, com isso a agricultura não poderia ficar de fora dessa tentando de todas as maneiras maior rendimento no que se diz a plantio e melhor qualidade nos alimentos. Com isso foi necessário construir estufas que no início eram feitas de vidro, no entanto os polímeros vêm tomando um espaço gigantesco na agricultura pelo menor preço e ótimos resultados.

5.1 Benefícios da plasticultura

Tendo em vista que as condições climáticas podem interferir na produção a plasticultura dá maior autonomia ao agricultor que pode ter um controle maior das condições climáticas que antes estavam à mercê da natureza, sua plantação pode estar próxima de centros urbanos diminuindo custo de produção chegando com valor de mercado mais atraente. Além de ser ótimo ao meio ambiente uma vez sendo possível utilizar como barreiras e demais aplicações fazendo com que o uso de defensivos químicos seja reduzido assim tornando a longo prazo econômico e preservando os recursos naturais.

5.2 Plasticultura - Onde se aplica

Podendo ser aplicada em diversas vertentes da agricultura se planejada com cautela e por profissionais qualificados. No entanto no Brasil sua maior utilização vem em estufas em locais com grande índice de chuva e ambientes com temperaturas baixas assim como lonas para diminuição de uso de herbicidas.

5.3 Formigas Cortadeiras

As formigas cortadeiras cortam e transportam vegetais diversos para dentro de seus ninhos, sendo as saúvas (gênero *Atta*) e quenquéns (gênero *Acromyrmex*). Os fragmentos dos vegetais são utilizados para a produção de fungos, que serve de alimento para as formas jovens e adultas conforme o fluxograma a seguir

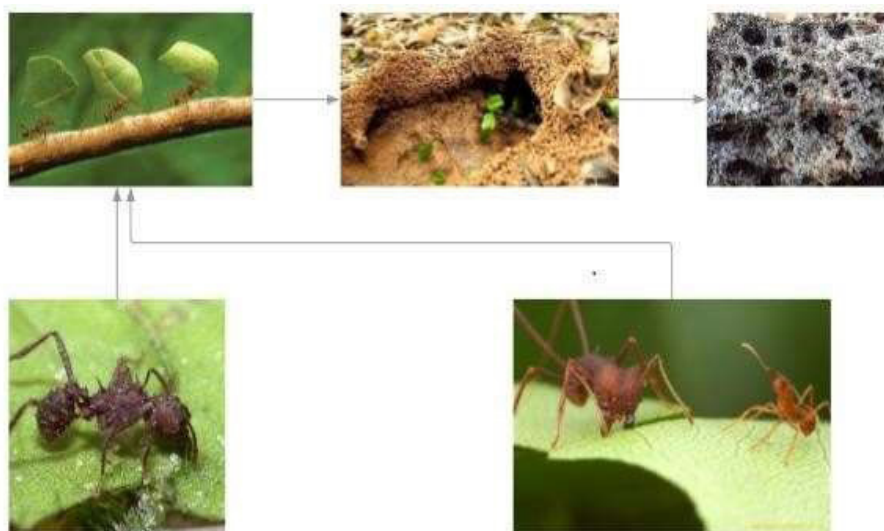


Figura 6: Fluxograma *Leucoagaricus gongylophorus* (Fungo produzido).

Fonte: http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/files/pdf/prosaf/apostilas/formigas_cortadeiras.pdf.

5.4 Materiais e métodos - Obtenção do princípio ativo

A metodologia utilizada quanto à extração do princípio ativo conforme a literatura, baseando-se na lei de Dalton a destilação a vapor.(SANTOS et al, 2007).

5.5 Destilação por arraste a vapor

A destilação a vapor é o método onde o material vegetal é colocado sobre um suporte ou uma placa perfurada a uma distância um pouco acima do fundo da dorna. A dorna é preenchida com água até um nível um pouco inferior ao da placa. A água é aquecida e o vapor úmido atravessa o material, de modo que neste processo, a planta não

fica em contato direto com a água. Este método é o mais utilizado no mundo inteiro para extração de óleos essenciais.

5.6 Materiais e Reagentes

Aparelhagem necessária para destilação por arraste a vapor. o Bico de Bunsen. o Pinça de Madeira. o Tela de Amianto. Como reagentes, o Cravo-da-índia o Água destilada .

Tendo em vista a baixa utilização de cravo e que nessa metodologia tem grande quantidade de água junto ao óleo não foram realizados cálculos de rendimentos pois elevaríamos a temperatura do mesmo na extrusora fazendo tudo que não fosse eugenol evaporasse.

5.7 Obtenção do polímero

O grupo de pesquisa não efetuou trabalho aprofundado na síntese do polímero, tendo em vista que a produção é inviável no âmbito escolar devido falta de equipamentos. Recebemos doação de cerca de 2 Kg de polipropileno virgem além de cerca de 10 Kg de polipropileno já utilizado de uma empresa que trabalha com reciclagem de polímeros.

6 | AGREGAÇÃO DO PRINCÍPIO ATIVO AO POLÍMERO

Para agregar o princípio ativo foi necessário o uso de uma extrusora que é um equipamento utilizado para mudar o estado físico do polímero utilizando calor e cisalhamento para que isso ocorra.



Figura 7: Extrusora utilizada.

Fonte: Acervo Pessoal 2021.

6.1 Tentativa e erro

Devido à dificuldade de encontrar resultados para que fosse possível agregarmos ao polímero o princípio ativo, utilizamos a tentativa e erro fazendo de diversas maneiras, analisando erros de tentativas passadas com olhar técnico com colaboração mutua, encontramos um método mais eficaz de agregar o polímero

Para adaptação de um molde, Foram utilizadas duas formas de cupcake que já estavam no laboratório o tamanho é de aproximadamente 5x5 cm.



Figura 8: Molde aproximado.

Fonte: <https://lista.mercadolivre.com.br/casa-moveis-decoracao/cozinha/forma-redonda-alta-25x8cm-aluminio>.

6.2 Métodos analíticos - Espectroscopia de infravermelho

A espectroscopia de infravermelho (espectroscopia IV) é um tipo de espectroscopia de absorção que usa a região do infravermelho do espectro eletromagnético. Com

as demais técnicas espectroscópicas, ela pode ser usada para identificar um composto ou investigar a composição de uma amostra. Basicamente o funcionamento é excitar a molécula a fim dela transmitir e absorver uma determinada quantidade de fótons dando assim um gráfico dado pela sua transmitância pelo seu comprimento de onda a menos um (cm^{-1} ou $1/\lambda$).

Este equipamento qualifica as amostras sendo necessário a montagem da molécula que no caso é a molécula do eugenol que pode ser qualificada por esse tipo de análise, a sua frequência de trabalho está entre os 4000 a 400 cm^{-1} .

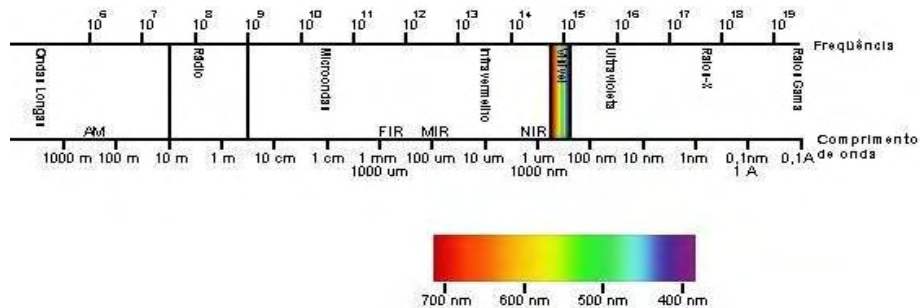


Figura 9: Regiões espectrais.

Fonte: https://chasqueweb.ufrgs.br/~ruth.santana/analise_instrumental/aula3a.html.

7 | DISCUSSÃO E RESULTADOS

7.1 Análise infravermelho

Com análise que foram feitas foi possível chegar em resultados sobre a presença do princípio ativo no polímero.

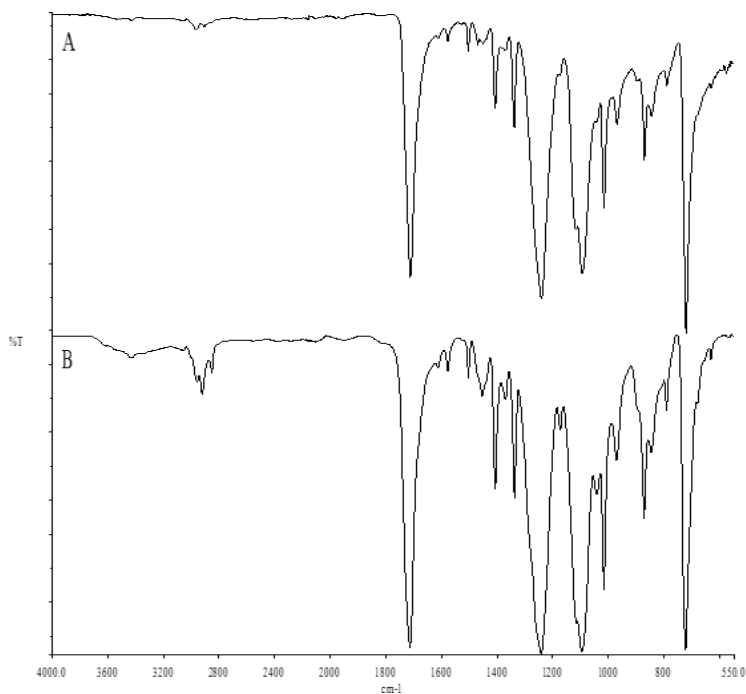


Gráfico 3: Análise qualitativa.

Blend reciclado –Antony e Adécio.

Polietileno tereftalato (PET).

Fonte : Acervo Pessoal 2021.

Utilizando a literatura tivemos para contrapor a nossa análise a análise do eugenol o princípio ativo de que colocamos no polímero sendo assim comprovando a presença do eugenol.

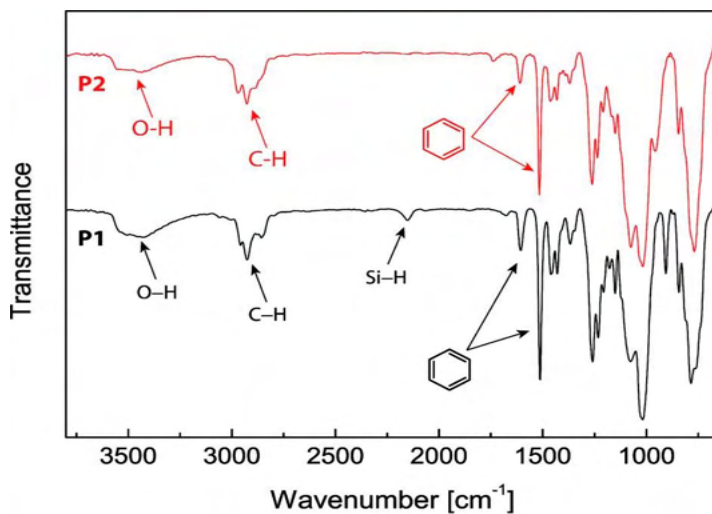


Gráfico 4: Infravermelho Eugenol.

Fonte: Acervo pessoal 2021.

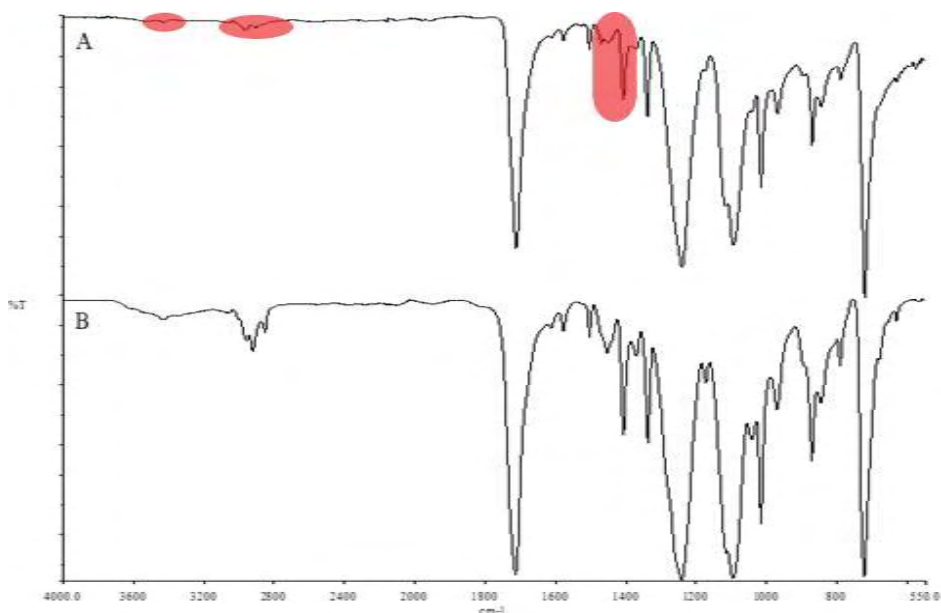


Gráfico 5: Montagem da molécula de eugenol.

Fonte: Acervo Pessoal 2021.

Ao analisarmos os dois espectros é possível notar que na blenda entre os polímeros existe a presença do eugenol, a montagem da molécula foi feita em seus respectivos comprimentos de onda. Com a ajuda da nossa professora Marli Emiliano foi possível comprovar a presença desse princípio ativo no nosso polímero.

8 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Depois de realizadas todas as análises comprobatórias, pode-se concluir que a confecção do polímero utilizando o eugenol se manteve fiel às suas propriedades, sendo possível produzir um polímero mais ecológico e com propriedades diferenciadas comprovadas pelas suas análises, fazendo com que o uso do eugenol no PET junto ao PP, além de ecológica e sustentável, garanta ao material mais qualidade em suas propriedades, podendo então ser utilizado na agricultura que busca sempre produtos que visam inovação, qualidade e sustentabilidade de forma igual.

REFERÊNCIAS

ABIPET, **Associação Brasileira da Indústria do PET**. Disponível em: <http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=81>. Acesso em 29/08/2018 às 21:50.

ABIPET, Associação Brasileira da Indústria do PET. **Aplicações para PET** reciclado. Disponível em: <http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=72>. Acesso em 29/08/2018 às 21:45.

ALEGRIA, Manuela. **Brasil descarta 53% de garrafas PET na natureza**. Disponível em: <http://www.revistameioambiente.com.br/2007/11/15/brasil-descarta-53-de-garrafas-pet-na-natureza/>. Acesso em 28/08/2018 às 18:29.

AHRENS, C. H.; FERREIRA, C.; SALMORIA, G.; VOLPATO, N.; LAFRATTA, F. H.; FOGGATTO, J. A. 2002. Estudo da estrutura e propriedades de peças de PP moldados por injeção em ferramentas de prototipagem.

ANAEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **País tem 68,6 unidades consumidoras de energia elétrica**. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=3751&i_d_area=90. Acesso em 25/04/2015 às 19:51.

ANEPAC, Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados Para Construção. **Anuário, 2012**. Disponível em: <http://anepac.org.br/wp/publicacoes/anuarios-anepac/anuario-2012/>. Acesso em 22/04/2015 às 13:55.

ANEPAC, Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção. **Anuário, 2013**. Disponível em: <http://anepac.org.br/wp/publicacoes/anuarios-anepac/anuario-2013/>. Acesso em 23/04/2015 às 16:45.

ANJOS, N.; DELA LUCIA, T.M.C.; MAYHÉ_NUNES, A.J. **Guia Prático sobre formigas cortadeiras em reflorestamentos**. Ponte Nova, MG: Graff Cor Ltda, 1998, 97

AZAMBUJA, W. Óleos **Essenciais**. Disponível em: <<http://www.oleosessenciais.org/>>. Acesso em 18 de novembro.2018

BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C.M. Óleos Essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. *Química Nova*, v.32, n.3, p.588- 594. Abr. 2009

BRUICE, P.Y. et al., **Química Orgânica**, Ed. Prendice Hall, 2004.

CORTE BRILHO, R. **A destilação de óleos essenciais**, Campinas; Secretaria de Agricultura/Centro de Treinamento Campinas (CETREG), [19--], 20p.

CONCEIÇÃO, Edvaldo Sacramento. **Garrafas PET e Ecologia**. Disponível em: <http://www.paisagismodigital.com/Noticias/Default.aspx?CodNot=45>. Acesso em: 12/01/2018 às 20:50.

FOWELR HG. **Ecologia nutricional de formigas**. In: Panizzi AR, Parra JRP, editores. *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. São Paulo: Manole; 1991

GIOVANNINI, F. KRUGLIANSKAS, I. **Fatores Críticos de Sucesso para a Criação de um Processo Inovador Sustentável de Reciclagem: um Estudo de Caso**. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rac/v12n4/03.pdf>. Acesso em 13/01/2019 às 21:25.

GRAMOLELLI JÚNIOR, F.; MIRANDA, J.R; CUNHA, C; MATSURA. **Extração de óleos essenciais e verificação da atividade antifúngica**. *Revista das Faculdades de Educação, Ciências e Letras e Psicologia Padre Anchieta: Jundiá*, n. 14, p. 55-56, maio 2006.

LORENZI, H.; MATOS, F. J.; **Plantas medicinais no Brasil nativas e exóticas**, Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA: São Paulo, 2002.

MARICONI, F.A.M. **As saúvas**. São Paulo: Ceres. 1970. 167 p

MARIN, EDER PRODOSSIMO. **Espectroscopia de infravermelho e suas aplicações**. 2013. 73 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Física) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2013.

MAZZAFERA, P *Rev. Bras. Bot.* 2003, 26, 231

MICHAELI, W. e outros. **Tecnologia dos Plásticos**. Editora Edgard Blücher Ltda., São Paulo, 1995. Introdução e Lição 1, p. 1 a 13.

PAIVA, D.L. et al., **Introdução à Espectroscopia**, Ed. Cengage Learning, 2010.

SANTOS, L. G. M.; CARDOSO, M. G.; LIMA, R. K.; SOUZA, P. E.; GUIMARÃES, L. G. L.; ANDRADE, M. A. **Avaliação do potencial fungitóxico do óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (L.) Merr & Perry (cravo-da-índia)**. *Tecno-lógica*. Santa Cruz do Sul, v. 11, n. 1, p. 11-14, 2007.

SIMÕES CMO, SHENKEL EP, GOSMANS G, Mello JCP, Mentz LA, Petrovick PR. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5.ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora da UFRGS/Editora da UFSC, p.615-656.

SIMÕES, C.M.O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL,

E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK,

P.R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5.ed. Porto Alegre: UFRGS, 2004, p. 467-95.
TRANCOSO, M.D. Projeto Óleos Essenciais: extração, importância e aplicações no cotidiano. *Revista Práxis: Rio de Janeiro*, n. 9, p. 89-96.

CAPÍTULO 14

ACTIVIDAD MICROBIANA DE UN SUELO CONTAMINADO BIORREMEDIADO CON BIOSÓLIDOS

Data de aceite: 01/11/2021

Data de submissão: 19/08/2021

Hernán Kucher

Cátedra de Química General e Inorgánica,
Departamento de Recursos Naturales y
Ambiente, Facultad de Agronomía, Universidad
de Buenos Aires. Av. San Martín 4453, Buenos
Aires, Argentina (C1417DSE)
<https://orcid.org/0000-0001-5561-0744>

Silvana Irene Torri

Cátedra de Química General e Inorgánica,
Departamento de Recursos Naturales y
Ambiente, Facultad de Agronomía, Universidad
de Buenos Aires.
Av. San Martín 4453, Buenos Aires, Argentina
(C1417DSE).
<https://orcid.org/0000-0001-7424-2289>

Erika Pacheco Rudz

Cátedra de Química General e Inorgánica,
Departamento de Recursos Naturales y
Ambiente, Facultad de Agronomía, Universidad
de Buenos Aires.
Av. San Martín 4453, Buenos Aires, Argentina
(C1417DSE).
<https://orcid.org/0000-0003-2054-7129>

Ignacio van oostveldt

Cátedra de Química General e Inorgánica,
Departamento de Recursos Naturales y
Ambiente, Facultad de Agronomía, Universidad
de Buenos Aires.
Av. San Martín 4453, Buenos Aires, Argentina
(C1417DSE).

Adelia González Arzac

Departamento de Métodos Cuantitativos
y Sistemas de la Información, Facultad de
Agronomía, Universidad de Buenos Aires
Av. San Martín 4453, Buenos Aires, Argentina
(C1417DSE).

Departamento de Ecología y Evolución,
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,
Universidad de Buenos Aires.
Intendente Güiraldes 2160, Buenos Aires,
Argentina (C1428EGA)

RESUMEN: Los efluentes industriales que se vuelcan en cursos de agua ocasionan, aguas abajo, la contaminación de los suelos adyacentes con elementos potencialmente tóxicos (EPT). La incorporación de enmiendas orgánicas (como los biosólidos) a los suelos contaminados puede disminuir la movilidad y fitotoxicidad de los EPT, a la vez de incrementar su fertilidad, constituyéndose en una alternativa de bajo costo para su “remediación”. La actividad microbiana es un parámetro muy utilizado para evaluar la calidad del suelo y puede ser cuantificada por medio de la producción de CO₂ resultante de la respiración de los microorganismos. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la incorporación de distintas dosis de biosólidos provenientes de una planta de tratamiento local de aguas residuales (PTAR) sobre la actividad microbiana de un suelo contaminado de la ribera del arroyo Morón. Se efectuó un ensayo de incubación por un término de 80 días en el cual se midió periódicamente la producción de C-CO₂. La incubación de los biosólidos presentó

una respiración microbiana significativamente mayor que la del suelo. Al ser incorporados los biosólidos al suelo, se observó que la menor dosis (3% P/P de biosólidos) tuvo una producción total de C-CO₂ significativamente mayor que el tratamiento con mayor dosis (6% P/P de biosólidos). Se concluye que los biosólidos estudiados (en las dosis utilizadas) mejoran o no afectan la actividad microbiana de los suelos y, en ese aspecto, son factibles de ser aplicados al suelo de la ribera del arroyo Morón con los fines de remediación propuestos

PALABRAS CLAVE: remediación, respiración, incubación, biosólidos, suelos contaminados

MICROBIAL ACTIVITY OF A CONTAMINATED SOIL BIOREMEDIATED WITH BIOSOLIDS

ABSTRACT: Industrial effluents discharged into watercourses cause the contamination of adjacent soils with potentially toxic elements (PTS). The incorporation of organic amendments (such as biosolids) to contaminated soils can reduce the mobility and toxicity of the PTS and increase their fertility, becoming a low-cost alternative for their remediation. Microbial activity is a widely used parameter to evaluate soil quality and can be quantified through the production of CO₂ resulting from the microorganisms' respiration. The objective of this research was to determine the effect of the incorporation of different doses of biosolids from a local wastewater treatment plant (WWTP) on the microbial activity of a contaminated soil from the Moron stream bank. An 80 days incubation test was carried out during which the production of C-CO₂ was measured periodically. The incubation of the biosolids presented microbial respiration significantly higher than that of the soil. When the biosolids were incorporated into the soil, the lowest dose (3% of biosolids, dry matter basis) had a total production of C-CO₂ significantly higher than the treatment with the highest dose (6% of biosolids, dry matter basis). It is concluded that the biosolids studied (in the doses used) improve or do not affect the microbial activity of the soils, and, in this regard, they are feasible to be applied to the soil of the Moron stream bank for the proposed remediation purposes.

PALABRAS CLAVE: remediation, respiration, incubation, biosolids, contaminated soils

1 | INTRODUCCIÓN

El Ordenamiento Territorial propicia el uso inteligente y justo del territorio, aprovechando oportunidades, reduciendo riesgos, protegiendo los recursos en el corto, mediano y largo plazo (MAGyP, 2012). Bajo este esquema resulta clave pensar soluciones a los problemas regionales mediante la incorporación de recursos locales, optimizando los procesos de integración de las componentes del sistema socio-ecológico.

Este modelo puede aplicarse para integrar dos problemáticas concretas que existen en el partido de Tres de Febrero (Buenos Aires, Argentina) y descubrir una solución común. Por un lado, las aguas superficiales del Arroyo Morón (perteneciente a la cuenca media del río Reconquista) poseen un alto grado de contaminación orgánica e inorgánica ocasionada por la descarga de efluentes industriales (Kuczynski, 1994; de Cabo et al., 2000; Garay, 2007; Barsky, 2012). Entre los contaminantes inorgánicos se encuentran los elementos potencialmente tóxicos (EPT). Estos elementos suelen hallarse en bajas concentraciones en

tejidos vegetales, pero si su concentración se eleva por encima de un valor umbral pueden originar problemas de fitotoxicidad, afectando el crecimiento u originando mortandad de especies (Torri et al., 2015). Los EPT pueden trasladarse desde el cuerpo de agua a los suelos adyacentes provocando degradación química de los suelos, afectando no sólo el funcionamiento del ecosistema, sino también la salud y la calidad de vida de las personas (Ratto et al., 2004). Por otra parte, el creciente volumen de “biosólidos” (producto generado durante el proceso de depuración de aguas cloacales) constituye un serio problema para la plantas de tratamiento local de aguas residuales (PTAR), acumulándose progresivamente en sus espacios ociosos.

El punto de encuentro entre estas dos problemáticas radica en la posibilidad de incorporar enmiendas orgánicas (como los biosólidos) a los suelos para disminuir la movilidad y fitotoxicidad de los EPT presentes, a la vez de incrementar su fertilidad (Rate et al., 2004). Los biosólidos generados en las PTAR presentan un elevado contenido de materia orgánica estable (Torri y Alberti, 2012), y han sido propuestos como una alternativa de bajo costo para la “remediación” de suelos contaminados (Torri, 2001; Ginocchio et al., 2013).

La actividad microbiana es un parámetro muy utilizado para evaluar la calidad del suelo (Acuña et al., 2006). Los suelos son sistemas que cuentan con una flora microbiana propia, la cual dependiendo de su actividad metabólica puede contribuir a la remediación de sitios que poseen contaminación orgánica (Fernández Linares et al., 2006). Por otro lado, la presencia de numerosos sustancias o elementos traza puede generar una disminución en la biomasa microbiana, junto con una alteración en la diversidad y en la estructura de las comunidades del suelo contaminado (Dai et al., 2004). De esta manera, la aplicación de biosólidos a los suelos puede tener distintos efectos sobre su actividad biológica. Por un lado, podría estimularla al incrementar la disponibilidad de fuentes carbonadas y nutrientes, o al incorporar una nueva carga de microorganismos al sistema. Por el otro, la misma podría verse disminuida al incorporar una enmienda con proporciones variables de ETP u otros contaminantes (Baath, 1989; Ros et al., 2006).

La actividad metabólica de los microorganismos aerobios y de algunos anaerobios del suelo puede ser cuantificada por medio de la respiración. La respiración microbiana se define como la absorción de oxígeno o la liberación de dióxido de carbono (CO_2) por bacterias, hongos, algas, protozoos y nematodos saprófagos, siendo resultado de la degradación de la materia orgánica. Este parámetro puede estar estrechamente relacionado con la degradación de la materia orgánica lábil y/o de los contaminantes orgánicos del suelo (Fernández Linares et al., 2006). Por lo tanto, la evolución de CO_2 de un suelo es una medida de la actividad biológica total del mismo. Nuestro objetivo en este trabajo fue determinar el efecto de la incorporación de distintas dosis de biosólidos provenientes de una PTAR local sobre la actividad microbiana de un suelo contaminado de la ribera del arroyo Morón. Nuestra hipótesis es que la incorporación de biosólidos a los suelos contaminados origina una mayor actividad microbiana al mejorar las condiciones edáficas para la proliferación de microorganismos

2 | MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron muestras de suelo contaminado recolectadas en distintos sectores cercanos a la ribera del arroyo Morón, Partido de Tres de Febrero, Provincia de Buenos Aires, Argentina (34°34'4.79"S 58°37'36.42"O). La vegetación dominante es de tipo riparia y el clima es templado húmedo. En el mes de agosto se tomaron muestras compuestas del horizonte superficial (0-20 cm) con implementos adecuados para evitar su contaminación. Las muestras se secaron, molieron y tamizaron con malla de 2mm para luego ser homogeneizadas.

Los biosólidos utilizados fueron provistos en estado parcialmente deshidratado por la cooperativa de saneamiento local, COMACO (Cooperativa de Obras y Servicios Públicos Martín Coronado). Se secaron, molieron y tamizaron con malla de 2mm.

Se efectuó un ensayo de incubación en frascos de vidrio cerrados, por un término de 80 días. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, efectuándose cuatro tratamientos con cinco réplicas cada uno:

- I. C: suelo contaminado;
- II. CB3: suelo contaminado + 3% (P/P) biosólidos;
- III. CB6: suelo contaminado + 6% (P/P) biosólidos;
- IV. B: biosólidos puros.

Los sustratos se humedecieron al inicio del ensayo e incubaron en condiciones de invernáculo a temperatura ambiente. Se midió la respiración microbiana según el método de Alef y Nannipieri (1995) en forma periódica durante todo el ensayo. Se determinó el pH y la conductividad eléctrica de los biosólidos con una relación biosólido:agua 1:2,5. Además, se midió la biodisponibilidad (fracción soluble e intercambiable) de seis EPT (Cadmio, Cobre, Cromo, Níquel, Plomo y Zinc) en el suelo y en los biosólidos, de acuerdo a la metodología propuesta por Novozamsky et al. (1993).

Se realizó un análisis estadístico de los resultados mediante análisis de la varianza (ANOVA) con el programa InfoStat (versión 2014). Las diferencias entre medias de tratamientos fueron determinadas mediante el test de Tukey ($\alpha=0,05$). Se estudiaron la normalidad y la homogeneidad de varianzas. Para la variable "Producción acumulada de C-CO₂" fue necesario modelar la varianza con varIdent.

3 | RESULTADOS

Los biosólidos utilizados presentaron un pH de 6,62 y una conductividad eléctrica de 4,42 mS/cm. En la Tabla 1 se muestra la biodisponibilidad de los EPT presentes en los biosólidos y en el suelo.

Metal	Concentración en Biosólidos (mg.kg ⁻¹)	Concentración en suelo de la ribera del arroyo Morón (mg.kg ⁻¹)
Cu	<LOD*	<LOD*
Zn	60,8057	2,4054
Cr	<LOD*	<LOD*
Ni	0,1386	<LOD*
Cd	0,0251	0,2568
Pb	0,0856	0,1842

Tabla 1. Biodisponibilidad de elementos potencialmente tóxicos (mg.kg⁻¹ sustrato) en las muestras de biosólidos y del suelo proveniente de la ribera del arroyo Morón.

*Valores por debajo del límite de detección.

En la Figura 1 se presentan los datos de respiración para los distintos tratamientos a lo largo del período de incubación. El análisis estadístico de la respiración microbiana en el día 5 se muestra en la Figura 2. En el mismo se observa que el tratamiento B presentó una producción de C-CO₂ significativamente mayor que el resto de los tratamientos. La incorporación de 3 o 6 % (P/P) de biosólidos al suelo no generó diferencias significativa respecto al suelo control. Por el contrario, se observaron diferencias significativas en la respiración correspondiente a los tratamientos CB3 y CB6, presentando un menor nivel de respiración el tratamiento con mayor dosis de biosólidos.

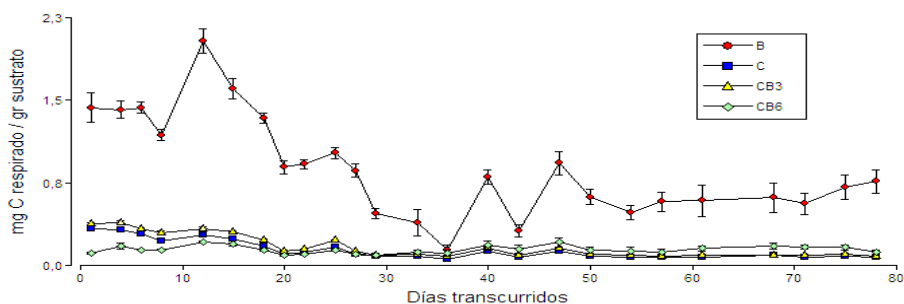


Figura 1. Producción media de C-CO₂ (mg C. g⁻¹ sustrato; Media + Error estándar) durante el período de incubación de los suelos. Suelo contaminado (C); Suelo contaminado + 3% (P/P) biosólidos (CB3); Suelo contaminado + 6% (P/P) biosólidos (CB6); Biosólidos puros (B).

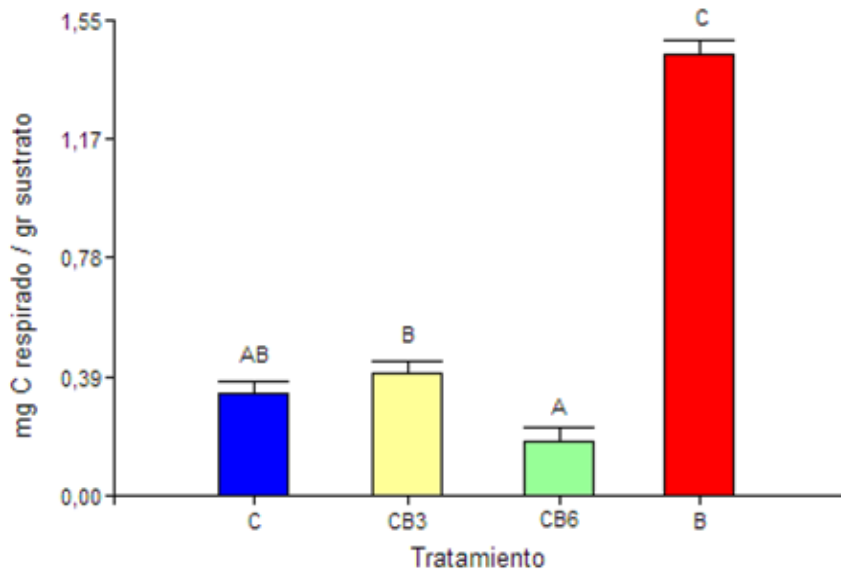


Figura 2. Producción media de C-CO₂ (mg C. g⁻¹ sustrato; Media + Error estándar) transcurridos 5 días de incubación. Suelo contaminado (C); Suelo contaminado + 3% (P/P) biosólidos (CB3); Suelo contaminado + 6% (P/P) biosólidos (CB6); Biosólidos puros (B). Letras distintas indican diferencias significativas (ukey, α=0,05).

En la Figura 3 se observa la producción acumulada del C-CO₂ para cada uno de los tratamientos a lo largo del período de incubación. Se puede apreciar una elevada actividad metabólica de los microorganismos en el tratamiento B.

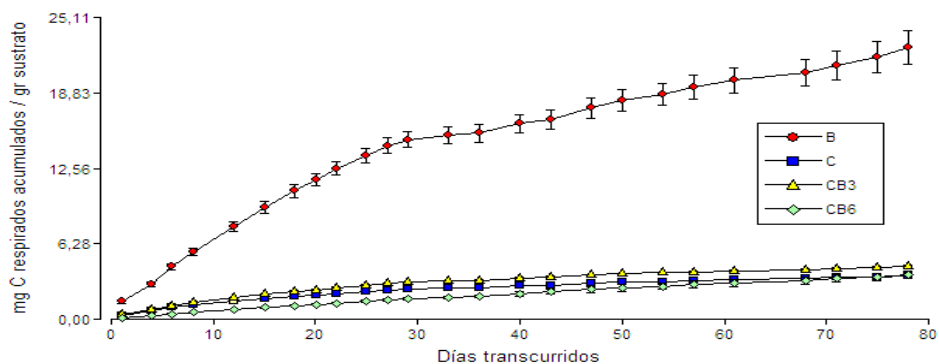


Figura 3. Producción acumulada de C-CO₂ (mg C. g⁻¹ sustrato) durante el período de incubación de los suelos. Suelo contaminado (C); Suelo contaminado + 3% (P/P) biosólidos (CB3); Suelo contaminado + 6% (P/P) biosólidos (CB6); Biosólidos puros (B).

Al finalizar el ensayo, la producción acumulada de C-CO₂ fue significativamente mayor en B que en el resto de los tratamientos. La aplicación de una dosis del 6% de

biosólidos no generó un aumento significativo en la actividad microbiana acumulada respecto del suelo incubado solo, aunque sí lo hizo la dosis de 3% (Figura 4).

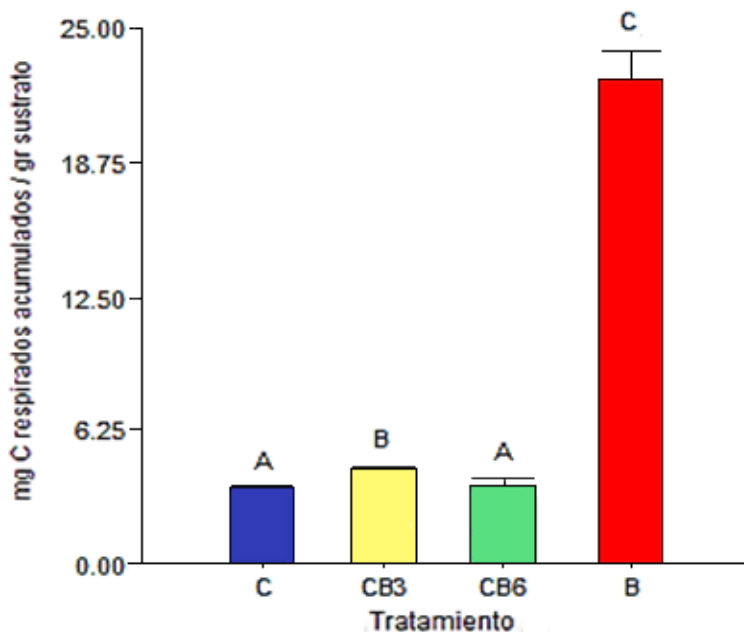


Figura 4. Producción total de C-CO₂ (mg C. g⁻¹ suelo; Media + Error estándar) en cada tratamiento al finalizar el ensayo. Suelo contaminado (C); Suelo contaminado + 3% (P/P) biosólidos (CB3); Suelo contaminado + 6% (P/P) biosólidos (CB6); Biosólidos puros (B). Letras distintas indican diferencias significativas (ukey, $\alpha=0,05$).

4 | DISCUSIÓN

La producción de C-CO₂ fue significativamente mayor en los biosólidos puros, lo que insinúa una mayor población microbiana, además de una elevada disponibilidad de carbono y nitrógeno para los microorganismos heterótrofos presentes. La respiración microbiana en el suelo contaminado no se vio significativamente afectada al comienzo del ensayo por la incorporación de biosólidos. Esto puede deberse a un contenido de materia orgánica inicial elevado en los suelos contaminados de la ribera del Arroyo Morón. Sumado a esto, dado que los procesos de contaminación de estos suelos comenzaron hace décadas, pueden haberse desarrollado comunidades microbianas tolerantes a las condiciones de contaminación actuales de la zona, garantizando un nivel de actividad microbiana aceptable. El aumento de la abundancia de organismos tolerantes en ambientes contaminados puede ser debido a cambios genéticos, adaptaciones fisiológicas que no implican alteraciones en el genotipo o el reemplazo de las especies sensibles a los metales por especies que ya son tolerantes a los mismos (Baath, 1989).

La menor actividad microbiana total medida en el suelo enmendado con 6% P/P de biosólidos respecto al de 3% P/P de biosólidos puede atribuirse a la incorporación de una mayor concentración de compuestos contaminantes, aumentando el período de retraso o lag de los microorganismos presentes en el suelo, o generando efectos tóxicos en ellos (Baath, 1989).

Durante el lapso que duró el ensayo, la actividad microbiana en el suelo contaminado no correlacionó positivamente con el agregado de biosólidos. Se observó que la producción total de CO₂ en el tratamiento con 3% P/P de biosólidos produjo un aumento significativo de la actividad microbiana con respecto al control. Sin embargo, una dosis mayor de biosólidos (6% P/P) no generó variaciones significativas con respecto al control. Esto implica la importancia de estudiar la dosis óptima de aplicación de biosólidos para cada suelo.

Este trabajo es un avance significativo para comprender el impacto que tendría la incorporación de los biosólidos producidos en la PTAR de COMACO sobre los microorganismos de los suelos contaminados de la ribera del Arroyo Morón. A priori, se concluye que los biosólidos estudiados (en las dosis utilizadas) no afectan o mejoran la actividad microbiana de los suelos, y en ese aspecto son factibles de ser aplicados al suelo de la ribera del arroyo Morón con los fines de remediación propuestos

5 | BIBLIOGRAFÍA

Acuña, O. et al. 2006. **La importancia de los microorganismos en la calidad y salud de suelos.** En: XVII Reunión Internacional para la cooperación en investigaciones sobre banano en el Caribe y América Tropical, ACORBAT, Joinville, Brasil, pp. 222-233

Alef, K.; Nannipieri, P. 1995. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry.** Academic Press.

Baath, E. 1989. **Effects of heavy metals in soil on microbial process and population: a review.** Water Air Soil Pollut. 47:335-379.

Barsky, A. 2012. **Buenos aires y su organización espacial. Caracterización de las situaciones ambientales asociadas a la dinámica de las cuencas hidrográficas que atraviesan un territorio metropolitano.** Agua y Territorio, Ed Ciccus-Universidad Nacional Gral. Sarmiento, Buenos Aires, Argentina, 171-207.

Dai, J. et al. 2004. **Influence of heavy metals on C and N mineralisation and microbial biomass in Zn-, Pb-, Cu-, and Cd-contaminated soils.** Applied Soil Ecology, 25:99-109.

de Cabo, L. et al. 2000. **Impact of the Morón stream on water quality of the Reconquista River (Buenos Aires, Argentina).** Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales nueva serie, 2(2), 123-130.

Fernández Linares, L.C. et al. 2006. **Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados.** (No. C/631.41 M3).

Garay, A. (dir.). 2007. **Lineamientos estratégicos para el área metropolitana de Buenos Aires**. Subsecretaría de urbanismo y vivienda de la provincia de Buenos Aires.

Ginocchio, R. et al. 2013. **Efficacy of fresh and air-dried biosolids as amendments for remediation of acidic and metal-polluted soils: A short-term laboratory assay**. Journal of soil science and plant nutrition, 13(4), 855-869.

Kuczynski, D. 1994. **Estudio Ambiental de un Curso de Agua Urbano Altamente Deteriorado por Acción Antropógena (Arroyo Morón, Provincia de Buenos Aires, Argentina)**. Revista de Ecología Médica y Salud Ambiental I: 1-14

MAGyP, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. 2012. **Bases para el ordenamiento del territorio rural argentino**. Buenos Aires, Argentina.

Novozamsky, I. et al. 1993. **A single extraction procedure of soil for evaluation of uptake of some heavy metals by plants**. Int. J. Environ. Anal. Chem. 51:47-58.

Rate, A., et al. 2004. **Application of biosolids in mineral sands mine rehabilitation: use of stockpiled topsoil decreases trace element uptake by plants**. Bioresour Technol 91:223–231

Ratto, S et al. 2004. **Evaluación de la contaminación orgánica e inorgánica en un suelo aluvial de la costa del Riachuelo, Buenos Aires, Argentina**. Ecología austral, 14(2): 179-190.

Ros, M.; et al. 2006. **Hydrolases activities, microbial biomass and bacterial community in a soil after long-term amendment with different compost**. Soil Biol Biochem 38:3443-3452.

Torri, S.I. 2001. **Distribución y biodisponibilidad de Cd, Cu, Pb y Zn en un Hapludol típico, Natracuol típico y Argiudol típico fertilizados con biosólidos y biosólidos más cenizas**. Tesis de Magister Scientiae en Ciencias del Suelo, Escuela para Graduados, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

Torri, S.I.; et al. 2015. **Micronutrientes. En: Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos**. García F y Echeverría H. Ediciones INTA, Balcarce, ISBN 978-987-521-565-8, 357-377. 908p.

Torri, S.I.; Alberti, C. 2012. **Characterization of organic compounds from biosolids of Buenos Aires City**. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 12(1):143-152.

Torri, S.I.; Lavado, R.S. 2002. **Distribución y disponibilidad de elementos potencialmente tóxicos en suelos representativos de la provincia de Buenos Aires enmendados con biosólidos**. Ciencia del suelo, 20(2): 98-109.

Zeng, L.S. et al. 2007. **Effects of lead contamination on soil enzymatic activities, microbial biomass, and rice physiological indices in soil-lead-rice (Oryza sativa L.) system**. Ecotoxicology and Environmental Safety 67:67-74.

CAPÍTULO 15

ABORDAGEM QUANTITATIVA, UTILIZANDO OS INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: UMA APLICAÇÃO DO MODELO DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA, DURANTE O PERÍODO ENTRE 2003 À 2018

Data de aceite: 01/11/2021

Educélio Gaspar Lisbôa

Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano Instituição: Universidade da Amazônia- UNAMA Endereço: Avenida Alcindo Cacela

Ionara Santos Siqueira

Doutoranda em Desenvolvimento em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano; Instituição: Universidade da Amazônia-UNAMA; Endereço: Avenida Alcindo Caçela;

Cinthia de Oliveira Rodrigues

Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano; Instituição: Universidade da Amazônia- UNAMA; Endereço: Avenida Alcindo Cacela;

Érico Gaspar Lisbôa

Doutor em Engenharia Civil; Instituição: Universidade Federal do Pará- UFPA; Endereço: Rodovia Augusto Corrêa;

Leonardo Augusto Lobato Bello

Doutor em Engenharia Civil; Instituição: Universidade da Amazônia- UNAMA; Endereço: Avenida Alcindo Caçela;

Heriberto Wagner Amanajás Pena

Doutor em Ciências Agrárias; Instituição: Universidade do Estado do Pará- UEPA; Endereço: Travessa Dr. Enéas Pinheiro;

2018, no Brasil, estudando três dimensões do DS: Econômica, Social e Ambiental. A pesquisa abordou os diversos aspectos teóricos sobre o desenvolvimento sustentável ao longo do tempo desde 1968 até os dias atuais, evidenciando sobretudo indicadores do DS como aposentadoria, taxa de mortalidade, queimadas, produto interno bruto (PIB) e inflação. Desta forma recorreu-se ao modelo de regressão linear múltipla para demonstrar o comportamento de tais variáveis, e constatou-se que o PIB manteve-se alto e estável ao longo do horizonte de tempo, refletindo-se de forma inversa aos níveis de inflação, que apresentou trajetória decrescente, ao passo que as dimensões sociais analisadas (taxa de mortalidade e aposentadoria) apresentaram-se favoráveis as estimativas de crescimento com números decrescentes para a primeira e aumento para a segunda. Quanto a dimensão ambiental também teve números positivos diminuindo nos últimos cinco anos, como demonstrado nas estatísticas do modelo de regressão linear. Por fim pode-se constatar que apesar das estatísticas refletirem tendências positivas nas três dimensões nos últimos anos, o Brasil ainda sim mantém números altos quanto os indicadores nas três dimensões, logo podemos constatar que só através de investimentos maciços nestas três dimensões o Brasil tende a chegar a números ótimos rumo a uma melhor equidade para do desenvolvimento sustentável.

PALAVRAS CHAVES: Desenvolvimento Sustentável, Regressão Linear, Inflação, Queimadas e PIB.

RESUMO: Este artigo oferece uma análise sobre os indicadores do Desenvolvimento Sustentável (DS) no período compreendido entre 2003 à

QUANTITATIVE APPROACH, USING SUSTAINABLE DEVELOPMENT INDICATORS: AN APPLICATION OF THE MULTIPLE LINEAR REGRESSION MODEL, DURING THE PERIOD BETWEEN 2003 AND 2018.

ABSTRACT: This paper provides an analysis of the Sustainable Development (SD) indicators from 2003 to 2018 in Brazil, studying three dimensions of the SD: Economic, Social and Environmental. The research addressed the various theoretical aspects of sustainable development over time from 1968 to the present day, highlighting SD indicators such as retirement, mortality rate, burns, gross domestic product (GDP) and inflation. Thus, we used the multiple linear regression model to demonstrate the behavior of these variables, and it was found that GDP remained high and stable over the time horizon, reflecting inversely to inflation levels, which presented a decreasing trajectory, while the social dimensions analyzed (mortality rate and retirement) were favorable to the growth estimates with decreasing numbers for the first and increase for the second. The environmental dimension has also had positive numbers decreasing in the last five years, as shown in the statistics of the linear regression model. Finally it can be seen that although the statistics reflect positive trends in the three dimensions in recent years, Brazil still maintains high numbers as the indicators in the three dimensions, so we can see that only through massive investments in these three dimensions Brazil tends to reach optimal numbers for better equity for sustainable development.

KEYWORDS: Sustainable Development, Linear Regression, Inflation, Burning and GD .

INTRODUÇÃO

A expressão desenvolvimento sustentada surgiu como novo conceito, pautado em uma concepção que busca compatibilizar o desenvolvimento com a economia, envolvendo variáveis de ordem econômica, social e ambiental, indicando um caminho a ser seguido pelos países desenvolvidos e em desenvolvimento. A problemática ambiental e o modelo econômico apontam para a necessidade de modelo diferente de crescimento que possibilite a promoção do desenvolvimento com a redução da pobreza e mais equidade socioambiental. Relacionado ao conceito de desenvolvimento sustentável, há as acepções de sustentabilidade com vários conceitos, por exemplo, a acepção de sustentabilidade com suporte na racionalidade econômica, economia ecológica, ambiental, política etc., o que denota a dificuldade apenas de uma definição para sustentabilidade. Não constitui, no entanto, objeto da investigação abordar todos esses conceitos de sustentabilidade relacionados ao desenvolvimento sustentável.

O desenvolvimento sustentável surgiu na década de 1980, no Relatório Brundtland, também intitulado Nosso Futuro Comum ou Our Common Future. O documento traz pela primeira vez a definição de desenvolvimento sustentável, sugerindo como mudança de enfoque a conciliação entre conservação da natureza e crescimento econômico (CMMAD, 1991). O Relatório Brundtland resultou da pesquisa da Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, cujo objetivo foi pesquisar os problemas ambientais em uma perspectiva global.

O conceito de desenvolvimento sustentável segundo Kates (2001, p. 11), “é a habilidade para fazer o desenvolvimento que satisfaça as necessidades do presente sem comprometer as condições, das futuras gerações satisfaça suas próprias necessidades”. Nesta conjuntura é dever de todos, desenvolver de forma sustentável o crescimento econômico sem comprometer a biodiversidade local.

Sustentabilidade é a manutenção de certas características desejadas e necessárias das pessoas, suas comunidades e organizações e do ecossistema circundante, por longo período de tempo (Hardi e Zdan, 2000), isto significa manter ou aumentar o bem-estar humano e do ecossistema. Idéia que expressa à inter-relação entre pessoas e o mundo à sua volta, sendo que o progresso em cada uma destas esferas não deve ser alcançado à custa da outra. Desenvolvimento nessa perspectiva significa a expansão ou a realização de potencialidades, possuindo características quantitativas como qualitativas, diferenciando-se da simples noção de crescimento econômico. Desenvolvimento sustentável, portanto, não é um estado fixo. É um processo contínuo de evolução em que as pessoas agem rumo a um desenvolvimento que satisfaça suas necessidades correntes sem comprometer a continuidade da vida.

No entendimento de Oliveira (2010), a sustentabilidade é um desafio que se apresenta atualmente, tanto na sua conceituação, como para sua execução, a sustentabilidade é um conceito vasto e ambíguo e um fenômeno que necessita de ser estudado e aprofundado. Assim imagina-se que com o desenvolvimento sustentável o Brasil pode alcançar melhor qualidade de vida para a população e a preservação dos recursos naturais, garantindo que as gerações futuras também possam usufruir de tais recursos, e promova a integração entre meio ambiente e a economia para que cada um se desenvolva sem agredir ou prejudicar o outro.

Em 1992 durante a Conferência RIO 92 foi produzido este documento, a Agenda 21 Global, que reúne um amplo conjunto de premissas e recomendações sobre como as nações devem agir para alterar seu vetor de desenvolvimento em favor de modelos sustentáveis e a iniciarem seus programas de sustentabilidade. É um plano de ação a ser adotado global, nacional e localmente por governos e sociedade civil em todas as áreas em que a ação humana impacta o meio ambiente, buscando orientar para um novo padrão de desenvolvimento (Agenda 21, 1992). Por outro lado, a Agenda 21 está direcionada rumo ao desenvolvimento sustentável, não se contendo às questões socioambientais, mas sempre com aquela proposta que “racha” com o presente modelo de desenvolvimento, onde prevalece o valor econômico, para ceder espaço a um grau sustentabilidade mais vantajada, compatibilizando a conservação ambiental, a justiça social e como também crescimento da economia.

Portanto, a diferença entre desenvolvimento e crescimento na compreensão de Nusdeo (2005, p. 355) consiste no fato de que este último é apenas o crescimento da renda e do Produto Interno Bruto – PIB, no entanto, sem implicar ou trazer mudança estrutural

mais profunda. Neste sentido, Miller (2007, p.6) acentua que o crescimento econômico normalmente é medido pela mudança percentual no Produto Interno Bruto de um país e corresponde aos bens e serviços produzidos por todas as empresas e organizações nacionais e estrangeiras nesse Estado. Ressalta, ainda, o autor que “as mudanças no crescimento econômico de um país por pessoa são medidas pelo PIB per capita: o PIB dividido pela população total no meio do ano, ressaltando sobretudo o horizonte de tempo a ser analisado.

Indicadores são usados para monitorar sistemas complexos, são sinais de eventos, são informações que apontam as características ou o que está ocorrendo com o sistema podendo ser uma variável ou uma função de variáveis (SIENA, 2002).

Um indicador ajuda a compreender onde se está, qual o caminho a ser seguido e a que distância se está da meta estabelecida. Ajuda a identificar os problemas antes que se tornem insuperáveis e auxiliam na sua solução. Para que um indicador seja efetivo é necessário que seja relevante, refletindo o sistema que precisa ser conhecido, fácil de ser entendido, confiável e baseado em dados acessíveis (HA T, 2005).

Neste sentido Lomborg (2002, p.11), afirma que em um mundo altamente interconectado, é provável que ocorra inversões das estatísticas de curto prazo nas tendências de longo prazo. Se permitirmos que os argumentos relacionados ao meio ambiente, por melhores que sejam as intenções sejam sustentados apenas por supostas tendências de dois ou três anos cuidadosamente selecionados, estaremos invariavelmente abrindo as comportas para todo e qualquer argumento. Portanto, se quisermos avaliar os desenvolvimentos substanciais, precisamos analisar períodos mais longos. Não dois ou cinco anos que usamos normalmente, mas sim todo o período para o qual existam dados disponíveis. Obviamente, precisamos também ter o cuidado adicional de incluir e analisar os mais recentes números disponíveis. Mas insistir em tendências de longo prazo nos protege de falsos argumentos.

É diante deste contexto, destaca-se o fundamental papel dos indicadores de desenvolvimento sustentável, nas etapas do presente artigo, como ferramenta quantitativa estatístico-matemática de estabelecimento da visão de conjunto e maior integração dos componentes de sustentabilidade, e na etapa de implementação do artigo, que requer um contínuo processo de avaliação de resultados em relação às metas de sustentabilidade, utilizando-se de um modelo de Regressão Linear Múltipla e estabelecendo critérios: econômicos, sociais e ambientais recorrendo-se as seguintes variáveis: Produto Interno Bruto (PIB), média da taxa de mortalidade entre homens e mulheres, número de queimadas, média dos aposentados e inflação/IGPM (vale ressaltar que todos estes indicadores são do Brasil/média). Assim, criam-se condições adequadas de acompanhamento pelas partes interessadas e alimenta-se o processo de tomada de decisão.

Desta maneira e diante desta conjuntura o problema de pesquisa “aponta” para o seguinte questionamento: Como se apresentam os resultados de um dos principais

Indicadores de Desenvolvimento Sustentável no Brasil, utilizando como ferramenta o modelo de regressão linear múltipla, em um determinado horizonte de tempo?

Nestas circunstâncias de modo geral objetiva-se, aplicar um modelo de análise quantitativa através de uma Regressão Linear Múltipla para auxiliar nas estimativas dos indicadores de desenvolvimento sustentável e especificamente: determinar o efeito do Produto Interno Bruto sobre as outras variáveis no período entre 2003 á 2018 e calcular os impactos do PIB frente aos critérios econômicos, sociais e ambientais no auxílio a tomada de decisão.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Histórico do Desenvolvimento Sustentável

Alguns marcos históricos do DS:

- 1968 - Clube de Roma Estudos científicos sobre a preservação do meio ambiente, foram publicados em 1972 com o título “Limites do Crescimento” (The Limits to Growth), que vendeu mais de 30 milhões de cópias em 30 idiomas. Abordava quatro grandes questões que deveriam ser trabalhadas para se alcançar a sustentabilidade: controle populacional, insuficiência da produção de alimentos, redução de crescimento econômico e esgotamento dos recursos naturais.
- 1972 Conferência da Organização das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano e Desenvolvimento – Estocolmo – Suécia Foram elencados 27 princípios norteadores da relação homem-natureza. Este conjunto de princípios denunciava, em grande parte, a responsabilidade do subdesenvolvimento pela degradação ambiental, e estabeleceu a base teórica para o termo Desenvolvimento Sustentável.
- 1987 Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ONU) – Noruega Presidida pela Sra. Gro Harlem Brundtland, primeira ministra da Noruega, elaborou um documento denominado ‘Nosso Futuro Comum’, onde os governos se comprometiam a promover o desenvolvimento econômico e social em conformidade com a preservação ambiental. Neste documento também ficou conhecido como ‘Relatório Brundtland’, foi apresentada a definição oficial do conceito de DS e os métodos para enfrentar a crise ambiental pela qual o mundo se encaminhava.
- 1992 Conferência da Organização das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: ECO-92 ou RIO-92 - Rio de Janeiro. O conceito de DS foi incorporado como um princípio, na busca do equilíbrio entre proteção ambiental e desenvolvimento econômico. Esta conferência serviu de base para a formulação da Agenda 21.
- 1992 Agenda 21 (Global) Com a participação de 179 países, governo e sociedade civil, assumindo compromissos com a mudança da matriz de desenvolvimento

no século XXI, desejando mudanças para um modelo de civilização em que predominasse o equilíbrio ambiental e a justiça social, a Agenda 21 é um plano de ação para ser adotado do nível global ao local, cujo alicerce é a sinergia da sustentabilidade ambiental, social e econômica, perpassando em todas as suas ações propostas. Traduz em ações o conceito de DS ao considerar questões estratégicas ligadas à geração de emprego e renda; à diminuição das disparidades regionais e inter pessoais de renda; às mudanças nos padrões de produção e consumo; à construção de cidades sustentáveis e à adoção de novos modelos e instrumentos de gestão.

- 2002 Agenda 21 (Brasil) A Agenda 21 Brasileira é um processo e instrumento de planejamento participativo para o DS e que tem como eixo central a sustentabilidade, compatibilizando a conservação ambiental, a justiça social e o crescimento econômico. O documento é resultado de uma vasta consulta à população brasileira envolvendo cerca de 40.000 pessoas, sendo construída a partir das diretrizes da Agenda 21 Global. É um instrumento fundamental para a construção da democracia participativa e da cidadania ativa no País. Foi concluído em 2002. (MMA, 2002).
- 2002 Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável – Joanesburgo É reconhecida a complexidade e a dependência de questões como a pobreza, desperdício, degradação ambiental e urbana, crescimento populacional, entre outros. É consenso de que DS é construído sobre três pilares dependentes entre si – desenvolvimento econômico, desenvolvimento social e proteção ambiental. É aprovado o Plano de Implementação de Joanesburgo, que estabelece que todos os Estados devem realizar progressos na formulação e elaboração das Estratégias Nacionais de Desenvolvimento Sustentável, e iniciar a respectiva implementação em 2005.

DIMENSÕES DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Segundo Sachs (2002) o termo Desenvolvimento Sustentável é, muitas vezes, utilizado apenas para expressar sustentabilidade ambiental ou viabilidade econômica. Mas existem outras dimensões que devem ser consideradas: social, cultural, ecológica, ambiental, territorial, econômica, política (nacional), política (internacional). Capra (2003) amplia esta análise incluindo também dimensões moral e espiritual.

A União Européia (2008) na “Estratégia da União Européia para o Desenvolvimento Sustentável” considera que o modelo de DS contempla três vertentes: social, ambiental e econômica fundadas numa dimensão considerada transversal a todo este processo que é a dimensão institucional composta pelas formas de governo, legislação, organizações e sociedade civil, uma vez que são considerados os agentes catalisadores do processo de desenvolvimento.

O DS é a busca pelo equilíbrio em que se encontra alicerçado nos três pilares

suportado pelas instituições. A figura 01 mostra as relações entre as dimensões do DS. A construção da Agenda 21 Brasileira deu-se de 1996 a 2002 e foi coordenada pela Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional, tendo o envolvimento de cerca de 40.000 pessoas de todo o Brasil. A partir de 2003, a Agenda 21 Brasileira não somente entrou na fase de implementação assistida pela CPDS, como também foi elevada à condição de Programa do Plano Plurianual, PPA 2004-2007 pelo governo federal (MMA, 2007).



Figura 1- dimensões do desenvolvimento sustentável.

Fonte: Do autor.

DIMENSÃO AMBIENTAL

A dimensão ambiental dos indicadores diz respeito ao uso dos recursos naturais e à degradação ambiental, e está relacionada aos objetivos de preservação e conservação do meio ambiente, considerados fundamentais ao benefício das gerações futuras. Estas questões aparecem organizadas nos temas relacionados atmosfera, tais como; terra; água doce; oceanos, mares e áreas costeiras; biodiversidade e saneamento. Permanecem, entretanto, algumas lacunas importantes entre as quais se destacam o uso da água, a erosão e a perda de solo (IBGE, 2012).

DIMENSÃO SOCIAL

A dimensão social dos indicadores corresponde aos objetivos ligados à satisfação das necessidades humanas, melhoria da qualidade de vida e justiça social. Os indicadores incluídos nesta dimensão abrangem os temas população; trabalho e rendimento; saúde; educação; habitação e segurança, e procuram retratar o nível educacional, a distribuição

da renda, as questões ligadas à equidade e às condições de vida da população, apontando o sentido de sua evolução recente. A questão da equidade, na edição de 2010, segue a decisão adotada em 2004, sendo contemplada em indicadores de vários temas que, com a finalidade de explicitar as desigualdades, são desagregados, segundo sexo e cor ou raça (Ipea, 2015).

DIMENSÃO ECONÔMICA

A dimensão econômica dos indicadores trata do desempenho macroeconômico e financeiro do País e dos impactos no consumo de recursos materiais, na produção e gerenciamento de resíduos e uso de energia. É a dimensão que se ocupa da eficiência dos processos produtivos e com as alterações nas estruturas de consumo orientadas a uma reprodução econômica sustentável em longo prazo. Os diferentes aspectos da dimensão econômica do Desenvolvimento Sustentável são organizados nos temas: quadro econômico e padrões de produção e consumo (IPEA, 2015).

OS TRÊS PILARES

De acordo como que demonstra a figura 1 acima, o artigo se fundamentará nestes três pilares, que são o ambiental, o econômico e social, utilizando como indicadores: O Produto Interno Bruto (PIB), a taxa de mortalidade entre homens e mulheres (média a partir dos 65 anos de idade), números de queimadas no Brasil (média), número de aposentados (média a partir dos 65 anos) e inflação-IGPM (média anual). O presente artigo também irá considerar o horizonte de tempo entre 2003 à 2018, ou seja, uma série temporal de longo prazo, no sentido de se fazer uma análise mais apurada de tais indicadores de desenvolvimento sustentável. O quadro 1 demonstra estes indicadores em números a partir de mil/pessoas.

ANO	PIB	Tx MTHM	Queimadas	Aposentados	Inflação
2003	11,58	27,5	22,21	9,1	8,71
2004	12,16	25,96	18,78	8,4	12,41
2005	12,35	24,52	21,54	8,7	1,21
2006	12,88	23,18	22,86	9,3	3,83
2007	13,33	21,94	23,11	9,4	7,75
2008	13,81	20,79	20,12	9,5	9,81
2009	13,74	19,73	24,56	9,3	1,72
2010	14,87	18,76	24,89	9,4	11,32
2011	15,61	17,86	26,79	9,5	5,1
2012	15,21	17,03	26,98	9,8	7,82

2013	15,53	16,27	29,64	9,4	5,51
2014	15,48	15,58	55,66	9,5	3,69
2015	14,87	14,93	54,14	9,6	10,54
2016	14,98	14,35	50,18	9,7	7,17
2017	14,23	13,8	42,15	9,9	6,12
2018	14,28	13,31	28,12	10,3	4,54

Quadro 1- Indicadores de Desenvolvimento Sustentável-Mil/Pessoas

Fonte: Ipea/Ibge.

A escolha dos indicadores de desenvolvimento sustentável, reflete as situações e especificidades de cada país, apontando ao mesmo tempo para a necessidade de produção regular de estatísticas sobre os temas abordados, como o desenvolvimento sustentável. O desafio de construir indicadores, no caso do Brasil, é a exigência de expressar as diversas dimensões da diversidade característica do país (IBGE, 2010).

MODELO DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

Segundo Ferrão (2009, p. 56), na regressão linear múltipla assume-se que existe uma relação linear entre uma variável Y (a variável dependente) e k variáveis independentes, $j \times$ ($j = 1, \dots, k$). As variáveis independentes são também chamadas variáveis explicatórias ou regressores, uma vez que são utilizadas para explicarem a variação de Y . Diversas vezes são também chamadas variáveis de predição, ou de variáveis independentes, em função de sua utilização para se predizer Y no modelo.

Por outro lado Santana (2003, p. 38), afirma que as condições subjacentes à regressão linear múltipla são análogas à da regressão linear simples, resumidamente: 1. As variáveis independentes $j \times$ são não aleatórias (fixas); 2. Para cada conjunto de valores de $j \times$ há uma subpopulação de valores de Y . Para a construção dos intervalos de confiança e dos testes de hipóteses deve poder-se assumir que estas subpopulações seguem a distribuição normal; 3. As variâncias das subpopulações de Y são iguais; 4. Os valores de Y são estatisticamente independentes. Por outras palavras, quando se extrai a amostra, assume-se que os valores de Y obtidos para um determinado conjunto de valores de $j \times$ são independentes dos valores de Y obtidos para outro qualquer conjunto de valores de $j \times$.

Muitos problemas de regressão envolvem mais de uma variável regressora. Por exemplo, a qualidade de um processo químico, pode depender da pressão, temperatura e taxa de agitação. Nesse caso há três variáveis regressoras. Desta maneira pode-se observar que um modelo de regressão linear múltipla, estima uma variável dependente em função de duas ou mais variáveis explicativas ou independentes (Santana, 2003).

Um modelo de regressão linear múltipla descreve uma relação entre as variáveis independentes ou explicativas, X , e a variável dependente, Y , seguindo da estatística de erro.

No modelo de regressão linear múltipla, insere-se dois ou mais coeficientes de inclinação, acompanhado de diferentes variáveis preditoras, podendo ser expresso da seguinte maneira, designado por modelo de regressão múltipla (convencional). De maneira metodológica o presente artigo se estruturará através da seguinte forma:

LOCALIZAÇÃO DO ESTUDO

Os efeitos do PIB sobre a inflação, taxa de mortalidade entre homens e mulheres, números de queimadas e números de aposentados entre homens e mulheres (pós 65 anos), no período compreendido entre 2003 à 2018, dar-se-á no Brasil.

FONTE DOS DADOS

O período escolhido para analisar o Produto Interno Bruto, frente a inflação, taxa de mortalidade entre homens e mulheres, queimadas e aposentadoria, compreende os anos de 2003 à 2018. Os dados utilizados são anuais e serão obtidos, pelos suplementos estatísticos do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). No Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), serão levantados dados referentes ao Produto Interno Bruto no Brasil, como também da Inflação, (extraído pelo índice geral de preço de mercado/IGPM) e pelo mesmo instituto pelo lado social também foram extraídos dados sobre a taxa de mortalidade entre homens e mulheres (acima dos 65 anos) e de aposentadoria (pós 65 anos). Pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística serão extraídos os dados referentes as queimadas no Brasil (média).

OPERACIONALIZAÇÃO DOS DADOS

Se avaliará, com maior detalhe, a importância das variáveis do desenvolvimento sustentável que irá refletir no desempenho dos três pilares: econômico, social e ambiental. Se examinará dados anuais, como dito anteriormente sobre o Produto Interno Bruto, inflação, taxa de mortalidade entre homens e mulheres, números de queimadas e números de aposentados entre homens e mulheres (pós 65 anos), no período compreendido entre 2003 à 2018. As variáveis mencionadas irão identificar o conflito entre o crescimento ou desaceleração envolvendo os fatores sociais, ambientais e econômicos.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente artigo apresenta uma abordagem, descrita como analítica-discursiva. Para tanto foi usado o método indutivo pois permite chegar a conclusões particulares a partir de conhecimentos gerais. Quanto ao método de procedimento empregou-se, concomitantemente, o método estatístico-matemático, onde será utilizado um modelo de

Regressão Linear Múltipla, para se estimar as variáveis (mencionadas acima), no horizonte de tempo entre 2003 à 2018. Utilizar-se-á uma equação com logaritmos naturais, no sentido de minimizar o problema da multicolinearidade¹. O modelo está assim representado:

$$\beta_0 + \beta_1 \ln THM_t + \beta_2 \ln Q_t + \beta_3 \ln A_t + \beta_4 \ln I_t + e_t \quad (1)$$

Onde:

$\ln PIB_t$ = logaritmo natural do PIB, no tempo t (média anual).

$\ln THM_t$ = logaritmo natural da taxa de mortalidade entre homens e mulheres, no tempo t (média anual acima dos 65 anos).

$\ln Q_t$ = logaritmo natural dos números de queimadas, no tempo t (média anual).

$\ln A_t$ = logaritmo natural dos números de aposentados entre homens e mulheres, no tempo t (média anual acima dos 65 anos).

$\ln I_t$ = logaritmo natural da inflação, no tempo t (média anual/IGPM)

e_t = estatística de erro, no tempo t.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aplicação do Modelo de Regressão Linear Múltipla

Desta maneira será testado para o Brasil tal condição no período de estudo analisado entre 2003 à 2018, onde será constatado a validação da influência do Produto Interno, frente as demais variáveis para o Brasil. Nestas circunstâncias foi aplicado um modelo de regressão linear *múltipla envolvendo os logaritmos* naturais do PIB (média anual), taxa de mortalidade entre homens e mulheres (acima de 65 anos/média anual), aposentadoria (acima de 65 anos/média anual), número de queimadas (média anual) e Inflação (medida pelo IGPM/média anual), no sentido de verificar se os coeficientes do modelo de regressão linear influenciaram direta ou inversamente proporcional as oscilações do PIB, ou seja, se as variáveis tiveram aumento ou diminuição, durante o horizonte de tempo escolhido. Desta maneira após a estimação do modelo apresentou-se os seguintes resultados a seguir:

Variáveis	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção (β_0)	5,260566772	1,844433514	2,852131417	0,015736611
\ln / txmthm (β_1)	-0,484054583	0,168181949	-2,878160144	0,015020643

¹ consiste em um problema comum em regressões, no qual as variáveis independentes possuem relações lineares exatas ou aproximadamente exatas.

ln/q (β_2)	-0,042727232	0,061198555	-0,698173873	0,499561802
ln/a (β_3)	0,484549919	0,590780764	-0,820185673	0,429525101
ln/i (β_0)	0,015574975	0,019762588	0,788104011	0,44728686

Tabela 1- Modelo estimado para o logaritmo do Produto Interno bruto.

Fonte: Do autor.

A tabela 1 apresenta-se o comportamento da variável Produto Interno Bruto (dependente) diante das demais (variáveis explicativas) para os dados observados e estimados, bem como os desvios do ajustamento. Os resultados mostram que os sinais das estimativas estão indicando que houve variações negativas para a taxa de mortalidade entre homens e mulheres, queimadas, e positivo para aposentadoria e para o índice de inflação

O PIB, teve coeficiente positivo de 5,26, tal *índice* explica-se pela constante retração no nível de inflação que se refletiu em um índice positivo de 0,015. Por outro lado, isto se refletiu de maneira contrária para as outras variáveis independentes (taxa de mortalidade (-0,48), queimadas (-0,04) e aposentadoria (0,48)), significando dizer que apesar do aumento do Produto Interno Bruto, ou seja, variação positiva para tal variável, as variáveis independentes tiveram retração, isto é, variações negativas no período compreendido entre 2003 à 2018, com exceção do número de aposentadorias que mostrou-se com variação positiva.

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,892260823
R-Quadrado	0,796129377
R-quadrado ajustado	0,721994605
Erro padrão	0,679503601
Observações	16

Tabela 2 – Estatística de Regressão do Produto Interno Bruto- PIB

Fonte: Do autor.

Na tabela 2 acima pode-se constatar que, o coeficiente de determinação ajustado

(R-quadrado ajustado) por graus de liberdade, da ordem de 0,72 mostra que 72% das mudanças que ocorrem na variável Produto Interno Bruto, no período de estudo analisado, são explicadas pelas variáveis independentes ou explicativas incluídas no modelo regressão, onde constatou-se que estas mudanças se deram pelas variações ocorridas nas taxa de mortalidade entre homens e mulheres, queimadas, aposentadoria e o índice de inflação, e que, os 28% restantes são devidos à influência de fatores aleatórios. Os resultados incluem as estimativas dos parâmetros e suas respectivas estatística t entre parênteses.

$$\begin{aligned}
 \text{PIB}_t = & 5,26 - 0,48\text{txhm}_t - 0,04\text{Q}_t + 0,48\text{A}_t + 0,01\text{I}_t & (2) \\
 & (2,85) \quad (-2,87) \quad (-0,69) \quad (0,82) \quad (0,78)
 \end{aligned}$$

Os sinais dos coeficientes da regressão linear múltipla estão coerentes as variações ocorridas no Produto Interno Bruto, indicando que sua oscilação no aumento, levou a um coeficiente negativo para taxa de mortalidade entre homens e mulheres, queimadas e aposentadoria, durante o período de entre 2003 à 2018, o que não ocorreu para o nível de inflação, que se mostrou com variação diretamente proporcional ao PIB. Desta maneira para mudanças de 10% nas variáveis taxa de mortalidade, queimadas e aposentadoria o PIB tende a variar respectivamente (-28,7 %), (-6,9 %) e (8,2 %) na mesma direção, enquanto que para variações de 10% em relação a inflação o PIB tende a variar (0,1 %) em sentido contrário.

CONCLUSÃO

De acordo com o tema discutido pode-se compreender que é possível elevar a produção e os investimentos no Brasil como também ter um desenvolvimento Sustentável. Assim o desenvolvimento sustentável na economia do Brasileira tem evoluído (melhorado) juntamente com o momento econômico que foi vivenciado ao longo da história, assim como pôde-se observar através da coleta de dados ao longo do período entre 2003 à 2018. Nesse entendimento a participação da sustentabilidade na estrutura dos investimentos brasileiros, como também no planejamento estratégico para o setor econômico é necessário para que se tenham investimentos em projetos que não agridam o meio ambiente, ampliação da consciência ecológica nas atividades econômicas tanto no setor industrial como no setor de serviços, obtendo-se a criação de novos produtos biodegradáveis, novos negócios voltados para a preservação ecológica e limpeza do meio ambiente, esses benefícios favorecem fortemente o meio ambiente e a sociedade em geral.

Por outro lado, observou-se que estão sendo concentrados esforços na busca da equidade do desenvolvimento sustentável nas três dimensões: econômica, social e ambiental, na medida em que o governo federal (através do IPEA e IBGE) apresenta um

bom desempenho em termos de indicadores ao longo do horizonte de tempo estudado no presente artigo (2003 à 2018).

Constatou-se que os dados coletados pelo IPEA e pelo IBGE, após a aplicação do modelo de Regressão Linear Múltipla, apontaram que os indicadores oscilaram de maneira positiva, na medida em que o aumento do Produto Interno Bruto se refletiu para as outras variáveis explicativas em resultados favoráveis ao desenvolvimento sustentável através da redução do número das queimadas (média), taxa de mortalidade entre homens e mulheres (acima dos 65 anos/média), aumento da aposentadoria (acima dos 65 anos/média) e redução na inflação (IGPM/média). Desta maneira reafirmou-se que os dados extraídos pelos suplementos estatísticos do governo federal (IPEA e IBGE) se confirmaram com o modelo de Regressão.

Nestas circunstanciais, pode-se concluir que o desenvolvimento sustentável é importante para a economia brasileira porque promove benefícios para o setor econômico, tais como: preservação do meio ambiente e equilíbrio entre desenvolvimento econômico e preservação ambiental; garantia da continuação da qualidade de vida da sociedade; criação de leis e regulamentos direcionados ao controle ambiental, promovendo assim a proteção dos recursos naturais necessários ao desenvolvimento econômico.

REFERÊNCIAS

AGENDA 21. *United National Conference on Environmental and Development*. Rio de Janeiro, 1992.

CAPRA, Fritjof. *O ponto de mutação*. 24ª ed. São Paulo: Cultrix, 2003.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO - CMMAD. *Nosso futuro comum*. 2. ed. Tradução de "Our common future". 1988. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

FERRÃO, Maria Eugênia. *Introdução à Modelagem Multinível em Avaliação Educacional*. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Rio de Janeiro, 2001.

HARDI, P. ZDAN, T. J. *The Dashboard of sustainability*. Draft paper. IISD., 2000.

HART, Stuart. L. *Guide to sustainable community indicators*. North Andover, MA, USA: Hart Environmental Data, 2005.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Indicadores de desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acessado em 22/05/2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Indicadores de desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acessado em 22/05/2012.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). *Desenvolvimento sustentável, economia verde e a Rio + 20 – Relatório de Pesquisa*. Brasília, 2015.

KATES, B. R. W.; PARRIS, T. M.; LUSERAWITZ, A. A. *What is sustainable development? Goals, Indicators, values, and practica*. *Environment*, v. 47, p. 8-21, 2001.

LOMBORG, Bjorn. *O Ambientalista Cético*. São Paulo. 1ª ed. Elsevier, 2002.

MMA- Ministério do Meio Ambiente. *AGENDA 21 Brasileira*. Disponível em <http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=18&idConteudo=90>. Acessado em 20/11/2007.

MILLER, G. Tyler. *Ciência ambiental*. Tradução All Tasks. São Paulo. Thomson, 2007.

NUSDEO, Fábio. *Curso de Economia: introdução ao direito econômico*. 4. ed. São Paulo, Revista dos Tribunais, 2005.

OLIVEIRA, D. L. *Economia e sustentabilidade*. *Gestão & tecnologia*, v. 3, p. 14-21, jan./fev. 2010.

SACHS, I. *Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável*. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SANTANA, Antônio Cordeiro de. *Métodos quantitativos em economia: elementos e aplicações*. Belém, Pa: UFRA, 2003.

SIENA Osmar. *Método para avaliar progresso em direção ao desenvolvimento sustentável*. Florianópolis. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 2002.

UNIÃO EUROPÉIA. EUROSTAT - *EUROPEAN COMMISSION*. Disponível em http://ec.europa.eu/policies/index_en.htm. Acessado em 11/04/2008.

MODELO HIDRÁULICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SUBUNIDADES IRREGULARES DE RIEGO POR GOTEO

Data de aceite: 01/11/2021

Fecha de envío: 13/08/2021

Jorge Cervera Gascó

Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria. ETSIAM (Albacete)
España, Universidad de Castilla-La Mancha
ORCID: 0000-0001-5287-6299

Jesús Montero Martínez

Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria. ETSIAM-CREA (Albacete)
España, Universidad de Castilla-La Mancha
ORCID: 0000-0002-0309-3367

Amaro del Castillo Sánchez-Cañamares

Instituto de Desarrollo Regional (IDR) Albacete
España, Universidad de Castilla-La Mancha

Santiago Laserna Arcas

Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria. ETSIAM (Albacete)
España, Universidad de Castilla-La Mancha.

José María Tarjuelo Martín-Benito

Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria. ETSIAM-CREA (Albacete)
España, Universidad de Castilla-La Mancha
ORCID: 0000-0002-9505-0857

Miguel Ángel Moreno Hidalgo

Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria ETSIAM-IDR (Albacete)
España, Universidad de Castilla-La Mancha
ORCID: 0000-0002-5940-6123

RESUMEN: La escasez de los recursos hídricos

actuales, especialmente en las zonas con clima árido o semiárido, provocan la necesidad de desarrollar herramientas de ayuda en la toma de decisiones para el diseño y manejo del riego, y más cuando se pretende utilizar energía fotovoltaica. El objetivo del trabajo ha sido desarrollar un modelo hidráulico que pueda acoplarse al modelo fotovoltaico, para el caso más general de subunidades de riego de forma y topografía irregular, constituyendo una herramienta de ayuda en la toma de decisiones para el diseño y manejo del riego con energía fotovoltaica, analizando la calidad del riego en las distintas subunidades con forma y topografía irregular. Para la calibración y validación del modelo, se ha aplicado a una parcela de 90 ha, de un cultivo de almendro regado por goteo, situada en una zona con topografía y forma muy irregular. Los resultados permiten identificar las zonas con problemas en la uniformidad de emisión en función de la presión disponible en la entrada de la subunidad de riego.

PALABRAS CLAVE: bombeo solar, calidad de riego, riego por goteo, energía fotovoltaica, Uniformidad de emisión.

HYDRAULIC MODEL FOR THE OPTIMIZATION OF IRREGULAR SUBUNITS OF DRIP IRRIGATION

ABSTRACT: Nowadays, water resources are limited especially in places with arid and semi-arid conditions. For that reason, it is essential the development of decision support system models (DSS) aiming the design and management of irrigation systems, especially when they are fed with photovoltaic energy. The main objective

of this study was the development of a hydraulic model linked with a photovoltaic model, considering the most general case of irrigation subunits with irregular shape and topography. Thus, a decision support system tool (DSS) for the design and management irrigation with photovoltaic power is developed.

Analyzing the irrigation quality in different subunit with irregular shape and topography is a main issue in precision irrigation. For model calibration and validation has been applied in an almond field with 90 ha with drip irrigation located in a shape and topography land. The results enabled us to identify the areas with uniformity problems depending on the pressure in the subunit head.

KEYWORDS: solar pumping system; irrigation quality, drip irrigation; photovoltaic energy; Emission uniformity.

1 | INTRODUCCIÓN

Tal y como indica Daccache et al (2014) la agricultura sostenible debería ser respaldada por políticas compensatorias entre el ahorro de agua, las emisiones de CO₂ y la producción de alimentos, particularmente en las regiones con escasez de agua como ocurre en la cuenca mediterránea, donde debido a la intensificación de la agricultura, las necesidades de bombeo son aún mayores al tener que utilizar en gran medida aguas subterráneas.

No obstante, el óptimo de funcionamiento de un sistema de riego, desde un punto de vista ecológico, solamente se podrá conseguir considerando simultáneamente criterios medioambientales y económicos (Carrillo-Cobo et al., 2014).

En el diseño de las diferentes subunidades de riego hay que tener en cuenta, la diferente cota de los emisores, provocada por la irregularidad del terreno, las pérdidas de carga en la tubería y las características propias del emisor en cuanto a su coeficiente de variación de fabricación, exponente de descarga, sección mínima de paso, sistema de filtrado, etc., lo que condiciona la uniformidad de emisión y la eficiencia de riego, siendo estos indicadores fundamentales para caracterizar la calidad del riego.

El desarrollo de herramientas y modelos, de ayuda en la toma de decisiones para el diseño y el manejo de las instalaciones de riego contribuye al ahorro de agua y energía, tanto en instalaciones nuevas como en las que están en funcionamiento Así, Carrion et al. (2013 y 2014) desarrollaron la herramienta PRESUD para el diseño óptimo de subunidades regulares de riego a presión, tanto goteo como aspersión, buscando el coste total mínimo (inversión más operación) por unidad de superficie regada, teniendo en cuenta la uniformidad de emisión y la eficiencia de aplicación en las subunidades de riego A su vez, Moreno et al. (2016) han desarrollado la herramienta PRESUD-irregular, que permite el diseño de mínimo coste total de subunidades de riego a presión en parcela con forma y topografía irregulares.

Carrion et al (2016) desarrollaron una herramienta llamada DOPIR (Dimensioning Of Pressurized IRrigation) para la optimización del proceso de extracción y aplicación del agua con el sistema de riego, buscando el coste total mínimo (inversión más operación), contemplando el proceso en su conjunto, desde la fuente de agua hasta el emisor.

El objetivo del trabajo ha sido desarrollar un modelo hidráulico que pueda acoplarse a un modelo fotovoltaico, previamente desarrollado, para analizar la calidad del riego en las distintas subunidades de forma y topografía irregular en que se haya dividido la parcela a regar, que se alimentan directamente de un depósito elevado o de una bomba alimentada con energía fotovoltaica. Para la calibración y validación del modelo, ha sido aplicado a una parcela de 90 ha, de un cultivo de almendro regado por goteo, situada en una zona con topografía y forma muy irregular.

2 | MATERIALES Y MÉTODOS

Para la calibración y validación del modelo se ha utilizado una parcela de 90 ha de almendros, con marco de 7 x 7 m² regada por goteo. La finca está situada en el término municipal de Hellín, al sureste de la provincia de Albacete, y está dividida en 20 subunidades irregulares, que están ubicadas en una topografía muy irregular, con grandes diferencias de pendiente incluso dentro de la misma subunidad.

Los goteros utilizados son autocompensantes, con un caudal de diseño de 2 l/h, habiéndolos ensayado en laboratorio para obtener su curva de descarga y el coeficiente de variación de fabricación. El agua suministrada a la plantación procede de un sondeo con nivel dinámico cercano a los 200 m de profundidad, utilizando una bomba sumergida de 26 kW alimentada con energía fotovoltaica. Además, la finca cuenta con un embalse de 12.500 m³ aproximadamente.

En la figura 1 se muestra el plano con las subunidades, la red de distribución, ubicación de los módulos fotovoltaicos, pozo y embalse.

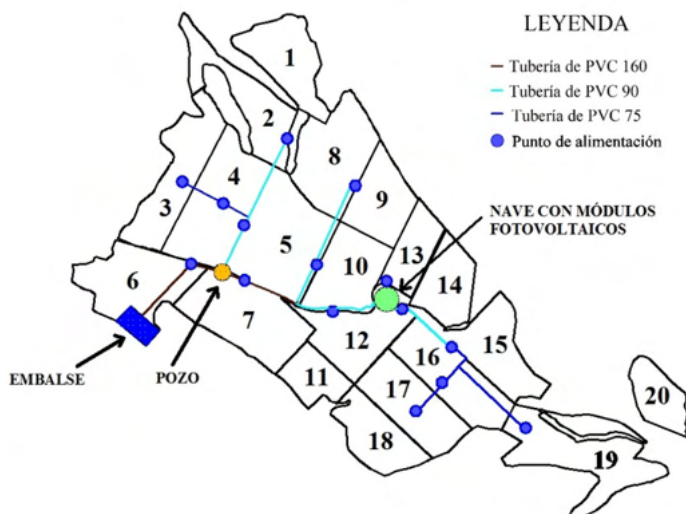


Figura 1. Plano de la finca con las subunidades, la red de distribución, ubicación de los módulos fotovoltaicos, pozo y embalse.

En la cubierta de la nave, que se encuentra en la parte central de la finca, están instaladas 152 módulos fotovoltaicos, que aportan una potencia de 40 kWp, con la que se alimenta la bomba a través de un variador de velocidad.

Con el fin de tener una precisa caracterización de la finca, se ha realizado un levantamiento topográfico con GPS-RTK, y precisión centimétrica en altimetría, identificand además el inicio y fin de cada ramal, y la localización de cada una de las válvulas de apertura de las subunidades, consiguiendo así una muy buena caracterización del sistema de riego instalado. En la figura 2 se muestra una ortofoto con todos los puntos obtenidos con GPS-RTK.



Figura 2. Medición de puntos de inicio y final de ramal, así como de las válvulas de apertura de cada subunidad mediante GPS-RTK.

Además, se han realizado diferentes vuelos mediante vehículos aéreos no tripulados (drones) utilizando un drone de tipo cuadracóptero md-400 con el fin de obtener el modelo digital del terreno (MDT), lo que ha permitido determinar la cota de cada uno de los goteros con precisión centimétrica.

La información obtenida ha permitido reproducir el diseño hidráulico de la red de distribución y de las distintas subunidades de riego. Para la obtención del modelo hidráulico de la instalación se ha utilizado el motor de cálculo EPANET (Rossman, 2000), implementado en un software propio desarrollado en Matlab®.

La descarga de los goteros se ha estimado con la ecuación (Karmeli y Keller, 1975), obtenida en laboratorio:

$$q_n = K \cdot h_e^x$$

Siendo q_n el caudal del emisor, K el coeficiente del emisor, x el exponente del emisor y h_e la presión en cabecera del emisor.

Con ayuda de la herramienta PRESUD-irregular (Moreno et al. 2016) se ha determinado la ecuación de descarga de cada subunidad, que determina el caudal descargado por el conjunto de goteros en función de la presión a la entrada de la subunidad,

así como la presión y caudal descargado por cada uno de los goteros. Esto permite calcular los correspondientes coeficientes de uniformidad de emisión, y los coeficientes de variación de caudal y presión en cada una de las subunidades, teniendo una muy buena caracterización de la calidad del riego.

La simulación hidráulica de la red de distribución figura 3 permite establecer la presión en cada uno de los nudos o hidrantes a partir de la presión y caudal en cabecera, para cualquier combinación de subunidades de riego abiertas.

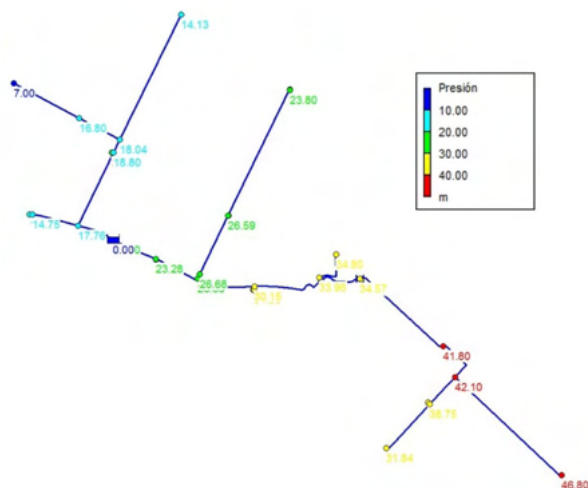


Figura 3. Simulación de la red de distribución con presión en cada uno de los nudos.

El modelo hidráulico de la red y de las subunidades de riego permite identificar las subunidades que podrían ser regadas adecuadamente desde el embalse, situado en la parte más alta de la finca, así como establecer el valor de presión adicional que sería necesario tener en el origen de la red para obtener un mínimo valor de uniformidad de emisión en cada subunidad de riego.

3 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A modo de ejemplo, en la figura 4 se muestra la distribución de caudales de los goteros de una subunidad irregular de 5,2 ha, donde se indican además el punto de alimentación y la tubería terciaria, para presiones en cabecera de 45, 32, 19, y 7 m.c.a.

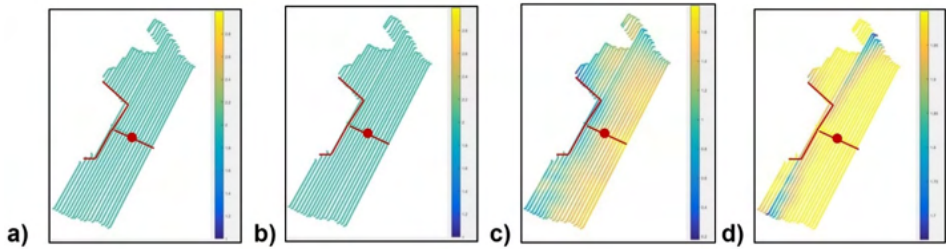


Figura 4. Distribución de caudales descargado por los goteros de una subunidad de 5.2 ha para una presión en cabecera de: 45 m.c.a (a), 32 m.c.a (b), 19 m.c.a (c) y 7 m.c.a (d).

En las figuras 4 a) y 4 b), se puede ver que la simulación indica que para una presión en cabecera de 45 m.c.a y 32 m.c.a todos los goteros esta autocompensando, es decir todos los goteros están suministrando el caudal de diseño que es de 2 l/h. y por tanto la uniformidad de emisión es del 100 %.

En la figura 4 c), se puede ver que la simulación indica que para una presión en cabecera de 19 m.c.a el caudal máximo producido es de 2 l/h mientras que hay emisores que presentan un caudal mínimo de 1.66 l/h. La diferencia de caudales es de un 17 % y la uniformidad de emisión es del 98 %.

En la figura 4 d), se puede ver que la simulación indica que para una presión en cabecera de 7 m.c.a el caudal máximo producido es de 1.78 l/h mientras que hay emisores que presentan un caudal mínimo de 0.17 l/h. La diferencia de caudales es de un 127 % y la uniformidad de emisión es del 84 %.

En la figura 5 se muestra la distribución de caudales de los goteros de otra subunidad de 5,1 ha, con forma, punto de alimentación y colocación de la tubería terciaria muy distinta al caso anterior, para presiones en cabecera de 45, 39, 33, 27 m.

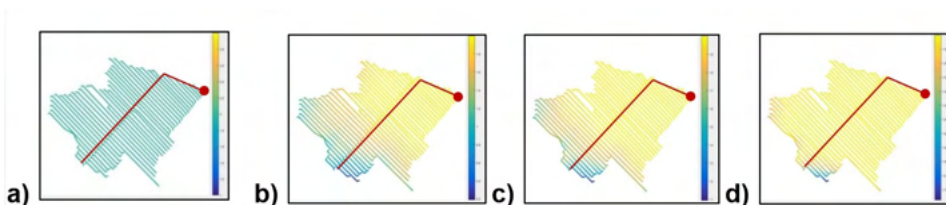


Figura 5. Distribución de caudales descargados por los goteros de una subunidad de 5,1 ha para una presión en cabecera de: 45 m (a), 39 m (b), 33 m (c) y 27 m (d).

En la figura 5 a), podemos ver que la simulación indica que para una presión en cabecera de 45 m.c.a todos los goteros esta autocompensando, es decir todos los goteros están suministrando el caudal de diseño que es de 2 l/h y por tanto la uniformidad de emisión es del 100 %.

En la figura 5 b), podemos ver que la simulación indica que para una presión en cabecera de 39 m.c.a el caudal máximo producido es de 2 l/h mientras que hay emisores que presentan un caudal mínimo de 1,76 l/h. La diferencia de caudales es de un 11,77 % y la uniformidad de emisión es del 99 %.

En la figura 5 c), podemos ver que la simulación indica que para una presión en cabecera de 33 m.c.a el caudal máximo producido es de 2 l/h mientras que hay emisores que presentan un caudal mínimo de 1,09 l/h. La diferencia de caudales es de un 47.52 % y la uniformidad de emisión es del 94 %.

En la figura 5 d), podemos ver que la simulación indica que para una presión en cabecera de 27 m.c.a. el caudal máximo producido es de 2 l/h mientras que hay emisores que presentan un caudal mínimo de 0,19 l/h. La diferencia de caudales es de un 106 % y la uniformidad de emisión es del 82 %.

Como se puede ver, con los datos presentados, según la presión en cabecera de la subunidad, existen zonas cuyos emisores están aportando caudales muy bajos mientras que en otras zonas existen emisores que están trabajando con valores similares o iguales al caudal de diseño.

4 | CONCLUSIONES

La irregularidad de las subunidades y las grandes pendientes del terreno tienen una clara influencia sobre la presión en el origen de la subunidad y en consecuencia sobre el caudal y la uniformidad de emisión de la misma.

Los resultados obtenidos permiten conocer las curvas caudal-presión de cada subunidad, además de la uniformidad de emisión y el coeficiente de variación de presiones y caudales, entre otros, lo que permite cuantificar la calidad del riego. Además, en el caso de la utilización de energía solar fotovoltaica para alimentar el bombeo, puede ayudar a establecer la secuencia óptima de apertura de subunidades según la presión disponible en cabecera de la red de distribución, ya que los cambios estacionales, la presencia de nubes y hora del día condicionan la potencia disponible en el bombeo. Por lo tanto, también permite identificar las zonas de la subunidad de riego con mayores problemas de falta de presión y caudal, lo que resulta fundamental para intentar buscar soluciones con distintos diámetros de tuberías, tipos de goteros, etc.

El modelo generado es de gran ayuda para el diseño y dimensionamiento de las instalaciones de riego a presión, en este caso en bombeo solar, ya que permite el conocimiento de las necesidades de presión, caudal y uniformidad de emisión de las subunidades para decidir el momento óptimo del día para el riego según la energía generada por el sistema fotovoltaico.

REFERENCIAS

Daccache, A., Csurana, J.S., Rodríguez Díaz, J.A., Knox, J.W. (2014). **Water and energy footprint of irrigated agriculture in the Mediterranean region**. Environ. Res. Lett., 9, 124014 (12pp).

Carrillo-Cobo, M.T., Camacho Poyato, E., Montesinos, P., Rodríguez Díaz, J.A. (2014). **Assessing the potential of solar energy in pressurized irrigation networks. The case of Bembézar MI irrigation district (Spain)**. Span. J. Agric. Res. 12 (3), 838–849.

Carrión, F., Montero, J., Tarjuelo, J.M., Moreno, M.A. (2014). **Design of sprinkler irrigation subunit of minimum cost with proper operation. Application at corn crop in Spain**. Water Resour. Manag., 28, 5073–5089.

Carrión, F., Sanchez-Vizcaino, J., Corcoles, J.I., Tarjuelo, J.M., Moreno, M.A. (2016). **Optimization of groundwater abstraction system and distribution pipe in pressurized irrigation systems for minimum cost**. Irrig Sci., 34, 145–159.

Carrión, F., Tarjuelo, J.M., Hernández, D., Moreno, M.A. (2013). **Design of microirrigation subunit of minimum cost with proper operation**. Irrig. Sci., 31(5), 1199-1211.

Karmeli, D., Keller, J. (1975). **Trickle irrigation design**. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corp. Glendora, 133p.

Moreno, M.A., Planells, P., Córcoles, J.I., Tarjuelo, J.M., Carrión, P.A. (2009). **Development of a new methodology to obtain the characteristic pump curves that minimize the total cost at pumping stations**. Biosyst. Eng., 102 (1), 95-105.

Moreno M.A., del Castillo A., Montero J., Tarjuelo J.M., Ballesteros R. (2016). **Optimization of the design of pressurized irrigation systems for irregular shaped plots**. Biosyst. Eng., 151, 361-373.

Moreno, M.A., Medina, D., Ortega, J.F., Tarjuelo, J.M. (2012). **Optimal design of centre pivot systems with water supplied from wells**. Agricultural Water Management, 107, 112-121.

Rossman, L.A. (2000). **EPANET 2, users' manual**, Water supply and Water Resources Division, National Risk Management Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati.

PLANO DE GESTÃO SUSTENTÁVEL DA SUB-BACIA DE TEJALPA-TERRERILLOS NO NEVADO DE TOLUCA

Data de aceite: 01/11/2021

Fecha de envío: 18/07/2021

Marcia Adriana Yáñez Kernke

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
ORCID: 0000-0002-4452-5584
Jiutepec, Morelos, México.

RESUMEN: En el interés de promover la captación de agua, así como de combatir el deterioro de los recursos naturales presentes en el Área Natural Protegida Nevado de Toluca (ANP-NT), se realizó un diagnóstico biofísico, así como la implementación de algunas acciones conducentes al manejo adecuado de los recursos agua, suelo y vegetación de la subcuenca Tejalpa-Terrerillos, localizada en una superficie aproximada de 5,048.25 ha de los municipios de Toluca y Zinacantepec, Estado de México, en la porción norte del volcán Nevado de Toluca. Se recopiló la información existente en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), relacionada con clima, tipos de suelo, vegetación, usos de suelo, recursos hídricos y localidades, así como de tipos de propiedad proporcionados por el Registro Agrario Nacional (RAN), generando un sistema de información geográfica para la zona de estudio, mediante el uso del programa Arc View 3.2. Posteriormente, con base a recorridos de campo, se generaron 21 mapas temáticos asociados a las acciones propuestas enfocadas al manejo de áreas de uso forestal, agrícola y pecuario. Entre los principales

resultados se tiene la identificación de una superficie prioritaria para reforestación de 528.627 ha y su propuesta de manejo, la cuantificación de superficies agrícolas por rango de pendiente en 1435.17 ha y las prácticas conservacionistas propuestas para su manejo, el diseño de un módulo silvopastoril en 145.73 ha en el paraje "El Arenal", perteneciente a los Bienes Comunales del ejido Santiago Tlacotepec, Toluca, el diseño y establecimiento de 65 represas de costales de geotextil en un área de 6.84 ha del ejido San Juan de las Huertas, Zinacantepec y el diseño y establecimiento de dos módulos agroforestales en el ejido San Cristóbal Tecolot.

PALABRAS CLAVE: Manejo sustentable, Nevado de Toluca, conservación de recursos naturales, prácticas de manejo agropecuario y forestal.

SUSTAINABLE MANAGEMENT PLAN FOR THE TEJALPA-TERRERILLOS SUBWATER IN NEVADO DE TOLUCA

ABSTRACT: In the interest of promoting the capture of water, as well as combating the deterioration of the natural resources present in the Nevado de Toluca Protected Natural Area (ANP-NT), a biophysical diagnosis was carried out, as well as the implementation of some actions conducive to the adequate management of water, soil and vegetation resources of the Tejalpa-Terrerillos sub-basin, located in an approximate area of 5,048.25 ha in the municipalities of Toluca and Zinacantepec, State of Mexico, in the northern portion of the Nevado de Toluca volcano. The existing information was compiled

in the National Institute of Statistics and Geography (INEGI), related to climate, types of soil, vegetation, land uses, water resources and localities, as well as types of property provided by the National Agrarian Registry (RAN), generating a geographic information system for the study area, using the Arc View 3.2 program. Subsequently, based on field trips, 21 thematic maps associated with the proposed actions focused on the management of areas of forest, agricultural and livestock use were generated. Among the main results are the identification of a priority area for reforestation of 528,627 ha and its management proposal, the quantification of agricultural areas by slope range in 1,435.17 ha and the conservation practices proposed for their management, the design of a silvopastoral module in 145.73 ha in the area “El Arenal”, belonging to the Communal Assets of the ejido Santiago Tlacotepec, Toluca, the design and establishment of 65 geotextile sack dams in an area of 6.84 ha of the San Juan de las Huertas ejido, Zinacantepec and the design and establishment of two agroforestry modules in the ejido San Cristóbal Tecolit.

KEYWORDS: Sustainable management, Nevado de Toluca, conservation of natural resources, agricultural, livestock and forestry management practices.

INTRODUCCIÓN

El Área Natural Protegida Nevado de Toluca (ANP-NT) fue creada originalmente por decreto presidencial con la categoría de Parque Nacional en 1936, con el objetivo fundamental de preservar la belleza escénica y la importancia hidrológica del macizo montañoso, con una superficie total de 53912 ha, distribuidas en diez municipios del Estado de México. El decreto señalaba la necesidad de expropiar los terrenos, pero esto nunca ocurrió, por lo que los propietarios de la tierra nunca la abandonaron. Por tal motivo, las actividades antropogénicas y la falta de un plan de manejo adecuado, han causado un deterioro severo, particularmente en su vertiente norte, debido esencialmente al cambio de uso del suelo de vocación forestal a actividades agrícolas, ganaderas y mineras, así como al establecimiento de áreas urbanas.

Los bienes y servicios ambientales brindados por esta superficie, principalmente la captación de agua y recarga del acuífero, se han reducido como consecuencia de la pérdida de la cobertura vegetal y el incremento de la erosión, provocados principalmente por la aplicación de prácticas forestales, agrícolas y ganaderas inadecuadas. Bajo este contexto, en octubre de 2013 se decretó el cambio de categoría de dicha Área Natural Protegida de “Parque Nacional” a “Área de Protección de Flora y Fauna” (DOF, 2013b), permitiendo implementar el manejo adecuado de los diversos usos del suelo existentes, conforme a sus nuevos lineamientos de zonificación y subzonificación, cuyos objetivos son:

Zona núcleo: Preservación de los ecosistemas a mediano y largo plazo, investigación científica y educación ambiental

a) Protección: Sólo se permitirán actividades de monitoreo del ambiente y de investigación científica. Corresponde a la parte interior del c áter.

b) Uso restringido: Superficies en buen estado de conservación donde se

busca mantener y mejorar las condiciones actuales de los ecosistemas, realizando excepcionalmente actividades de aprovechamiento que no modifiquen los ecosistemas. Corresponde a la parte exterior del cráter, hasta el límite con la vegetación arbórea de *Pinus hartwegii*.

Zona de amortiguamiento: Orientada a las actividades de aprovechamiento bajo un manejo sustentable.

a) Preservación: Ecosistemas relevantes o frágiles en los que se requiere de un manejo específico para su adecuada preservación.

b) Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales: Superficies en las que los recursos naturales pueden ser aprovechados para actividades productivas que se efectúen bajo esquemas de aprovechamiento sustentable.

c) Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas: Superficies con usos agrícolas y pecuarios actuales, en que se podrán realizar dichas actividades en baja intensidad en predios que cuenten con esa aptitud, así como actividades de agroforestería y silvopastoriles en forma sustentable.

d) Uso público: Superficies que presentan atractivos naturales para la realización de actividades de recreación y esparcimiento de manera controlada.

e) Asentamientos humanos: Superficies donde se ha llevado a cabo una modificación sustancial o desaparición de los ecosistemas originales, debido al desarrollo de asentamientos humanos, previos a la declaratoria del área protegida.

f) Recuperación: Aquellas superficies en las que los recursos naturales han resultado severamente alterados o modificados, y que serán objeto de programas de recuperación y rehabilitación.

Por tal motivo, el Organismo de Cuenca Lerma Santiago Pacífico de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), solicitó al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), la elaboración de un plan para el manejo sustentable de la subcuenca Tejalpa-Terrerillos, como una de las más representativas del ANP-NT, seleccionada con la finalidad de que las actividades planteadas en ella puedan ser replicadas en otras subcuencas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recopiló y analizó la información y estudios previos de la zona, como son:

- Propuesta de recategorización y decreto del Parque Nacional Nevado de Toluca (2011)
- Estudio previo justificativo para la modificación de la declaratoria del Área Natural Protegida Parque Nacional Nevado de Toluca (2013)
- AVISO por el que se informa al público en general que está a su disposición el estudio realizado para justificar la expedición del Decreto por el que se pretende modifica el Decreto y cambiar la categoría del Área Natural Protegida Parque Nacional Nevado de

Toluca ubicada en el Estado de México y decretada mediante publicación del 25 de enero de 1936 (2013)

- DECRETO que reforma, deroga y adiciona diversas disposiciones del diverso publicado el 25 de enero de 1936, por el que se declaró Parque Nacional la montaña denominada “Nevado de Toluca” que fue modificado por el diverso publicado el 19 de febrero de 1937. (2013)

- Delimitación de la cuenca en formato digital, proporcionada por los interesados.

Así mismo, se recopiló la información cartográfica digital disponible de edafología, uso del suelo, vegetación, clima, precipitación, hidrología, fisiografía, geología y topografía procedentes del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), así como de los tipos de propiedad presentes en la zona proporcionados por el Registro Agrario Nacional (RAN) y las imágenes de satélite en formato digital de alta resolución, pancromáticas y de falso color, de la Estación de Recepción México de la constelación Spot (ERMEX), proporcionadas por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y la Secretaría de Marina (SEMAR).

Con todo esto, se conformó un Sistema de Información Geográfica (SIG) para la zona de estudio, utilizando el programa Arc View 3.2, incorporando la información digital obtenida y generando los mapas temáticos para la cuenca Tejalpa-Terrerillos, relacionados a los temas: ubicación geográfica, ubicación hidrográfica e hidrológica, ubicación político – administrativa, clima, hidrología, geología, fisiografía y topografía, paisaje, perturbaciones, edafología, uso actual del suelo y vegetación.

Se verificó la información cartográfica a partir de recorridos de campo, particularmente del uso actual del suelo y vegetación de la cuenca, haciendo una descripción de los sistemas de producción presentes en la zona y de la problemática asociada a ellos, tales como erosión, degradación de la vegetación, producción de agua o caudal líquido, producción de sedimentos o caudal sólido y el nivel de contaminación del agua en la parte baja de la cuenca.

Con base a lo anterior, se procedió a la elaboración de los proyectos detallados para el uso forestal, agrícola y pecuario de la subcuenca Tejalpa-Terrerillos, en función de las categorías de zonificación y subzonificación del ANP-NT, analizando las alternativas de manejo en cada caso. Así mismo, se seleccionaron los sitios para el diseño de las acciones dirigidas a la resolución de la problemática detectada en la cuenca, consistentes en el diseño de un módulo silvopastoril en el paraje “El Arenal”, localizado en los Bienes Comunales del ejido Santiago Tlacotepec, municipio de Toluca, el diseño y establecimiento de represas no filtrantes de geocostales en cauces pequeños en el ejido San Juan de las Huertas, municipio de Zinacantepec y el diseño y establecimiento de dos módulos agroforestales en el Ejido de San Cristóbal Tecolit, municipio de Zinacantepec.

RESULTADOS

La cuenca Tejalpa – Terrerillos forma parte del sistema de drenaje natural de la ladera Norte del volcán Nevado de Toluca (Xinantécatl), con una superficie de 5,048.25 ha distribuida entre el municipio de Toluca (1256.27 ha, 24.89%) y el municipio de Zinacantepec (3791.85 ha, 75.11%). Sus coordenadas geográficas extremas son 19° 06' 57.18" Norte, 19° 14' 20.76" Sur, 99° 44' 36.21" Este y 99° 47' 57.51" Oeste.

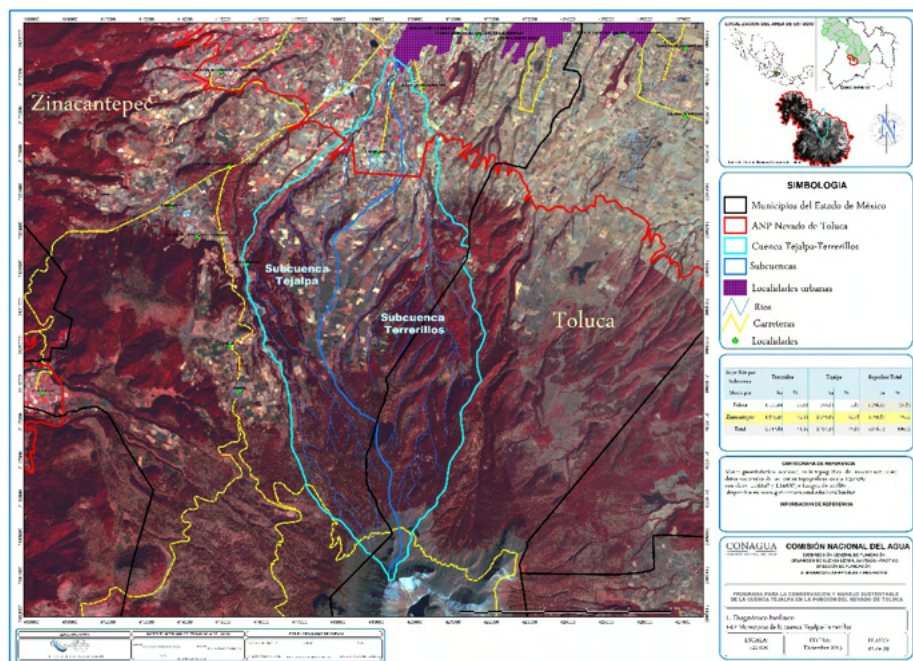


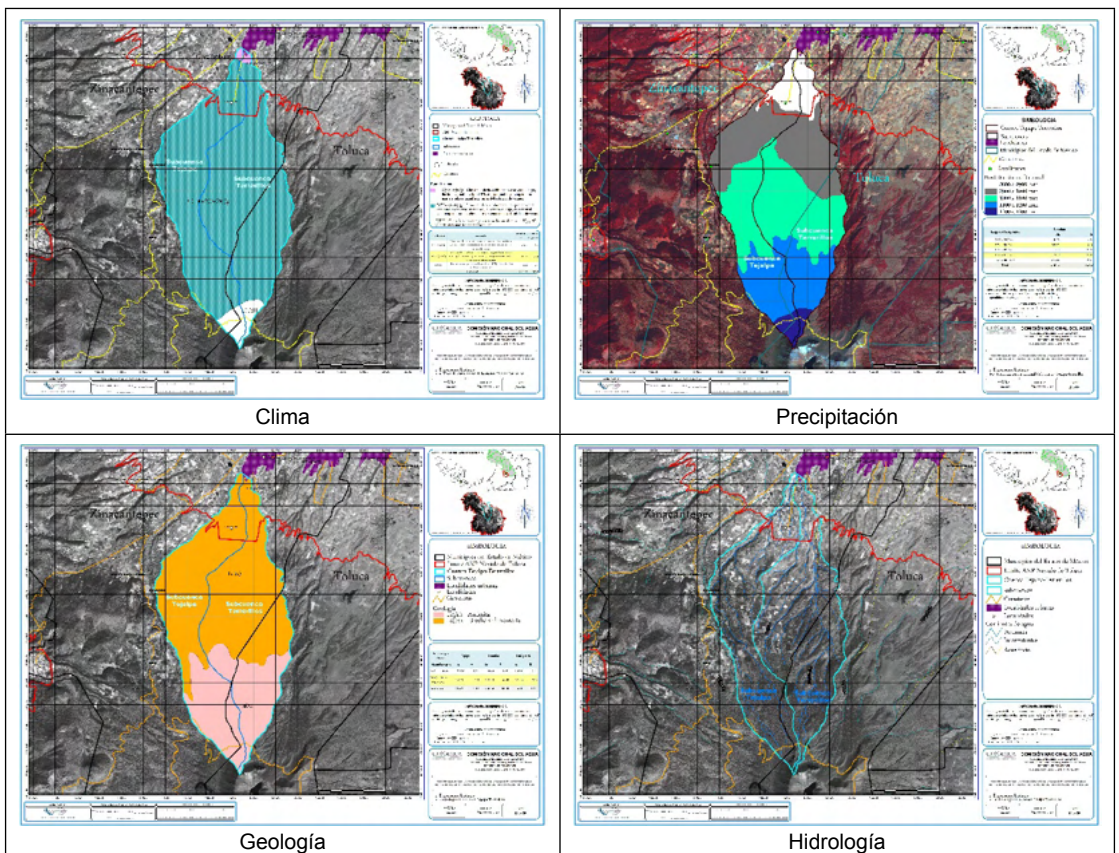
Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca Tejalpa-Terrerillos.

La cuenca Tejalpa-Terrerillos se ubica en la región hidrográfica RH12 Lerma Santiago, dentro de la cuenca 12A denominada Alto Lerma, en la subcuenca RH12Aj del río Tejalpa.



Figura 2. Ubicación hidrográfica e hidrológica de la cuenca Tejalpa-Terrerillos.

Algunos ejemplos de la cartografía generada en el desarrollo del diagnóstico biofísico de la zona se presentan a continuación:



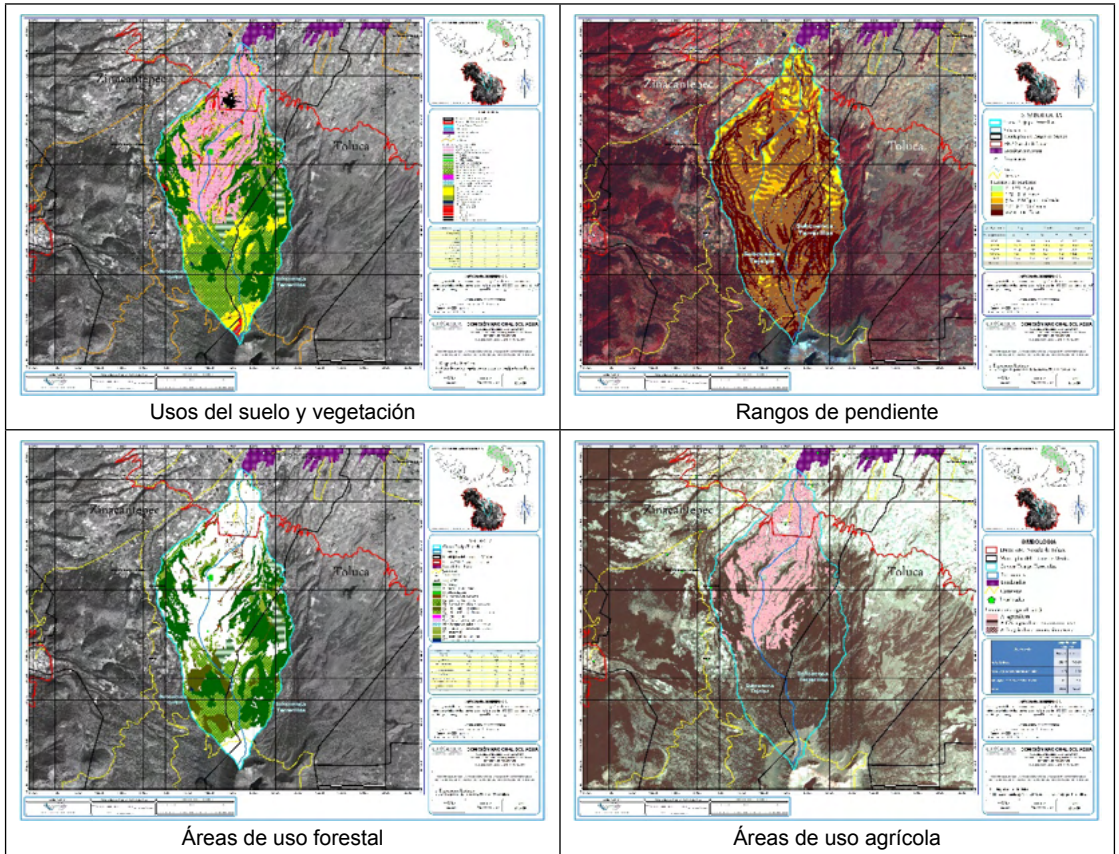


Figura 3. Cartografía generada para la cuenca Tejalpa-Terrerillos

Así mismo, se elaboró la carta en la que se señaló la distribución de las zonas y subzonas de ANP-NT dentro de la cuenca, a partir de la cual se desarrollaron las propuestas de manejo agrícola, pecuaria y forestal (Figura 4).

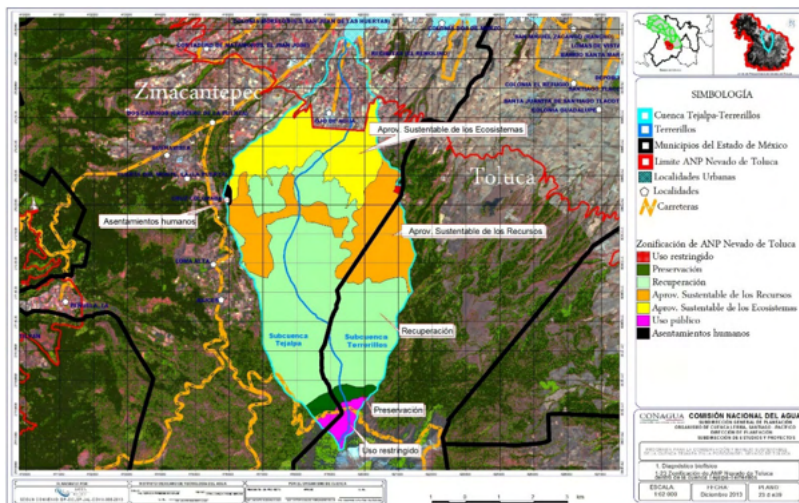


Figura 4. Zonas y subzonas de ANP-NT dentro de la cuenca Tejalpa-Terrerillos.

En la propuesta de manejo forestal se identificaron las especies presentes en la cuenca, así como de las unidades de manejo o rodales presentes en ella y las áreas prioritarias de reforestación, como puede observarse en el Cuadro 1 y las Figura 5 y 6.

Clave	Especies	Cobertura (%)	Superficie (ha)
R1	Abies religiosa, Alnus spp, Pinus pseudostrobus, P montezumae, P. hartwegii y P. rudis	60	486.66
R2	Pinus montezumae, P. pseudostrobus, P. rudis, P. hartwegii, P. ayacahuite, Cupressus, Abies, Alnus	70	286.02
R3	Pinus pseudostrobus, P. ayacahuite, P. hartwegii, P. montezumae, P. rudis, Cupressus, Abies, Alnus	80	183.87
R4	Pinus hartwegii, P. rudis y Alnus	70	9.74
R5	Pinus hartwegii, P. rudis y Alnus	55-60	14.2
R6	Plantación Ayacahuite Var. Veitchii	60	5.47
R7	Pinus hartwegii	70	0.53
R8	Abies, P. hartwegii, P. rudis P. montezumae, Arbutus	80	406.99
R9	Pinus hartwegii, rudis (3,800 msnm), Abies religiosa (3650 msnm)	35 a 45	895
R10	Abies religiosa, Alnus sp.	80	1.6
R11	Abies, Cupressus, P. pseudostrobus, P. montezumae, P. ayacahuite, Alnus y Arbutus	50	68.86

Clave	Especies	Cobertura (%)	Superficie (ha)
R12	Abies, Alnus, P Cupressus	80	4.05
R13	Abies, Cupressus, P. ayacahuite y otros	70	39.29
R14	Pinus spp, Abies, Alnus	70	22.75
R15	P.ayacahuite, P. pseudostrobus , P. hartwegii, P. rudis	70	17.21
R16	Cupressus sp, Alnus, P Hartwegii	50	1.47
R17	Pinus hartwegii, Cupressus,	60	1.72

Cuadro 1. Identificación de especies y unidades de manejo forestal presentes en la cuenca.

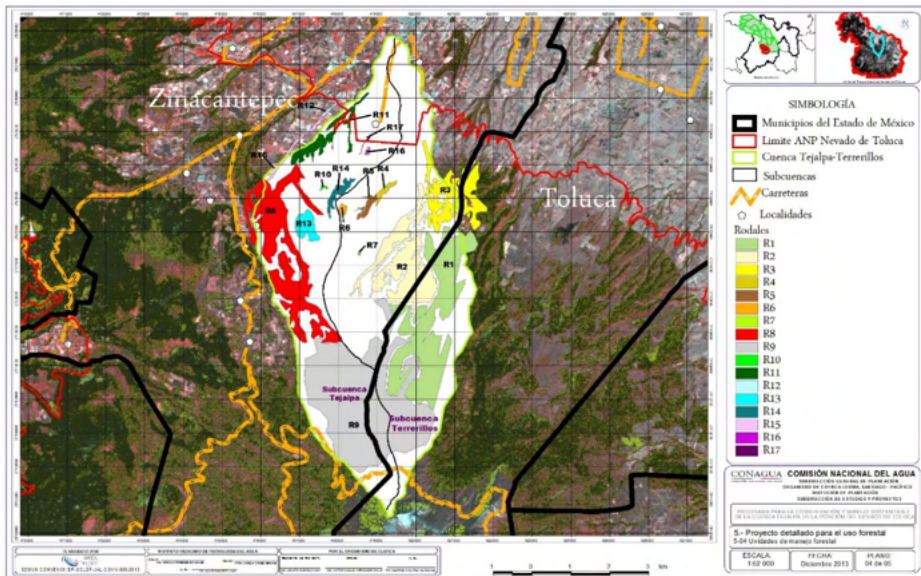


Figura 5. Identificación de especies y unidades de manejo forestal en la cuenca Tejalpa-Terrerillos.

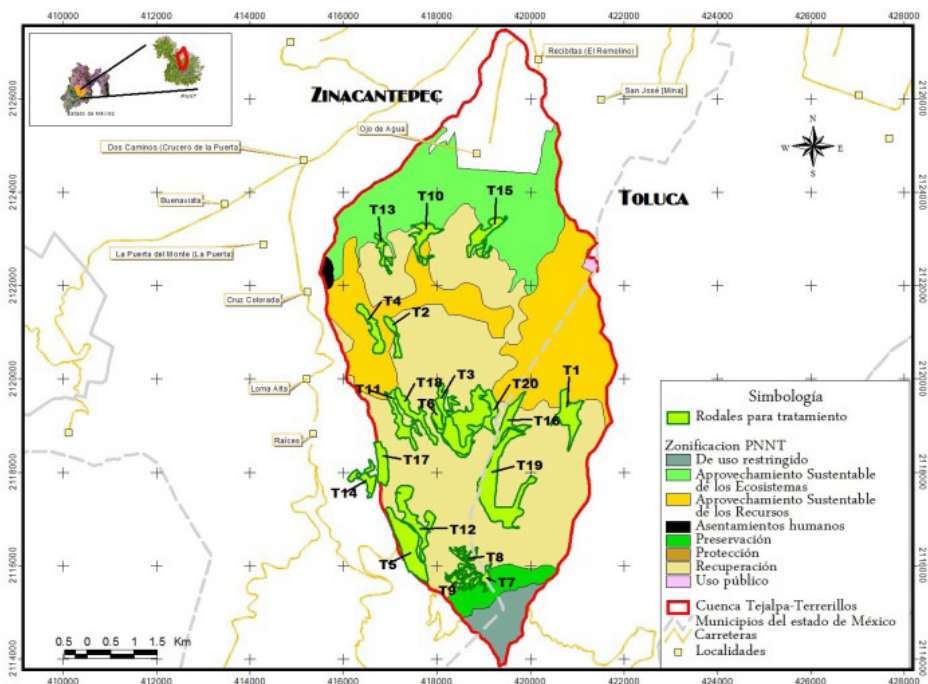


Figura 6. Identificación de áreas prioritarias de reforestación de la cuena Tejalpa-Terrerillos.

La propuesta de manejo agrícola contabilizó un total de 1435.17 ha de uso agrícola en la cuena, distribuidas en rangos de pendiente desde 0% hasta mayores de 30%, sobre las cuales predominan los cultivos de avena (396.73 ha, 27.64%), papa (354.05 ha, 24.67%) y maíz (318.72 ha, 22.21%) de temporal, así como áreas en descanso (268.90 ha, 18.74%).

De acuerdo a lo descrito en la subzonificación del ANP-NT, la agricultura debería estar limitada a la subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas. Por lo que de la superficie total, 304.13 ha quedan fuera de la subzonificación, en las cuales se pueden realizar actividades agrícolas sin restricciones. En la subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas (431.46 ha) se permitiría la actividad agrícola con un manejo sustentable. Mientras que las superficies encontradas en las subzonas de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos (156.47 ha) y Recuperación (538.45 ha), deberían considerarse como superficies para la reconversión al uso forestal (Figura 7).

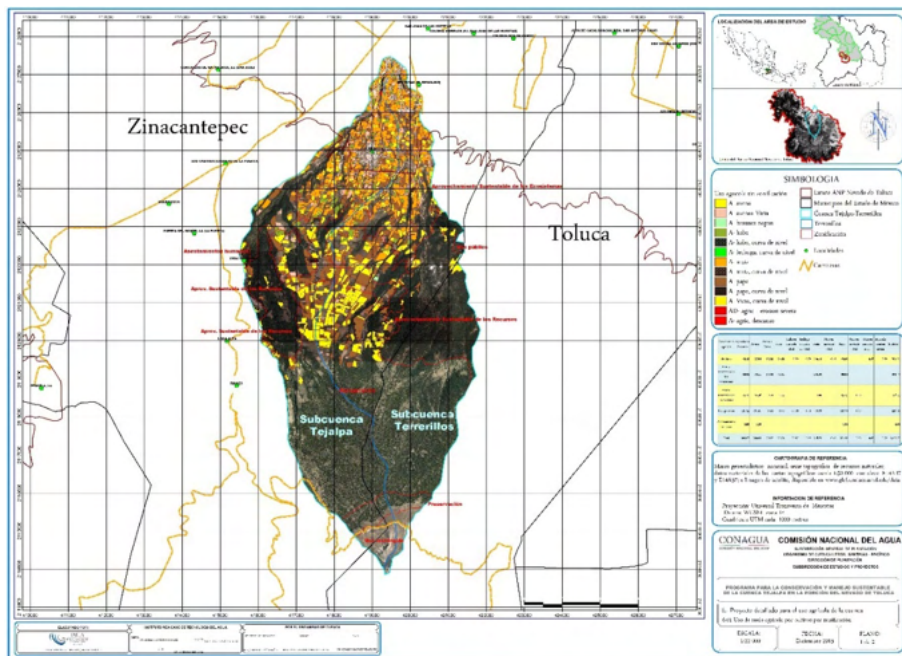


Figura 7. Superficies de uso agrícola por subzona existentes en la cuenca Tejalpa-Terrillos.

No obstante, al tratar de aplicar el criterio establecido en el decreto de recategorización del ANP.NT, prácticamente se tendría que dejar de producir en un 30% de la superficie agrícola donde se tienen pendientes mayores al 15%. Esta es una condición que difícilmente llevarían a cabo los productores al tratarse de parcelas en que producen cultivos para su sustento. Por lo que se propuso el uso prácticas de manejo conservacionista en las áreas agrícolas de cada una de las subzonas de la cuenca, como se muestra en el siguiente cuadro.

Práctica conservacionista	Pendiente			Total (ha)
	0-10%	10-30%	>30%	
Área sin subzona				
Surcado al contorno	158			158
Asociación de cultivos	100	50	3	153
Rotación de cultivos	58	60	3	121
Abonos verdes	50	25	2	77
Labranza de conservación	30	30		60
Cultivos de cobertura	30	30		60
Incorporación de materia orgánica	80	25		105
Barreras vivas	20	15		35
Cultivos de cobertura	30	20		50

Prática conservacionista	Pendiente			
	0-10%	10-30%	>30%	Total (ha)
Agroforestería	10	40		50
Terrazas de formación paulatina		113		113
Terrazas de banco			8	8
Plantaciones comerciales forestales			8	8
Control de cárcavas	50	40	8	98
Subzona: Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas				
Surcado al contorno	124			124
Asociación de cultivos	85	120	8	213
Rotación de cultivos	50	150	6	206
Abonos verdes	50	100	5	155
Labranza de conservación	30	40		70
Cultivos de cobertera	25	80		105
Incorporación de materia orgánica	60	120		180
Barreras vivas	25	50		75
Cultivos de cobertera	40	60		100
Agroforestería	20	70		90
Terrazas de formación paulatina		220		220
Terrazas de banco			19	19
Plantaciones comerciales forestales			19	19
Control de cárcavas	60	100	19	179
Subzona: Aprovechamiento Sustentable de los Recursos				
Surcado al contorno	71			71
Asociación de cultivos	25	15	3	43
Rotación de cultivos	25	10	3	38
Abonos verdes	25	10	1	36
Labranza de conservación	20	15		35
Cultivos de cobertera	25	10		35
Incorporación de materia orgánica	35	25		60
Barreras vivas	20	15		35
Cultivos de cobertera	25	15		40
Agroforestería	15	10		25
Terrazas de formación paulatina		52		52
Terrazas de banco			7	7
Plantaciones comerciales forestales			7	7
Control de cárcavas	30	20	7	57

Práctica conservacionista	Pendiente			Total (ha)
	0-10%	10-30%	>30%	
Subzona: Recuperación				
Surcado al contorno	201			201
Asociación de cultivos	90	80	2	172
Rotación de cultivos	80	70	2	152
Abonos verdes	80	70	2	152
Labranza de conservación	50	40		90
Cultivos de cobertera	60	50		110
Incorporación de materia orgánica	100	100		200
Barreras vivas	50	50		100
Cultivos de cobertera	40	30		70
Agroforestería	35	35		70
Terrazas de formación paulatina		198		198
Terrazas de banco			6	6
Plantaciones comerciales forestales			6	6
Control de cárcavas	80	80	6	166

Cuadro 2. Propuesta de superficies por práctica conservacionista que se pueden implementar en cada subzona de la cuenca Tejalpa-Terrerillos.

En la propuesta de manejo pecuario, se identificaron las superficies de uso potencial para la ganadería, la cual se maneja de manera errante, utilizando la vegetación disponible en áreas de matorral (124.516 ha) y pastizales (617.690 ha), para la alimentación de ganado ovino y bovino principalmente. El 35.46% de dicha superficie se encuentra enclavada en áreas de conflictos agrarios que se nuestra como sin registro, mientras que la superficie restante se localiza principalmente en los ejidos de Santiago Tlacotepec (233.704 ha, 31.49%) y San Juan de las Huertas (133.597 ha, 18.00%), como se muestra en la Figura 8.

No obstante, conforme a lo descrito en el decreto de recategorización del ANP-NT, la actividad pecuaria se vería limitada a la subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas, por lo que el área potencial se reduce a 109.303 ha distribuidas principalmente en el ejido San Juan de las Huertas (67.840 ha, 62.07%), así como al área de conflictos agrarios (22.418 ha, 20.51%), como se muestra en el Cuadro 3. Cabe señalar que, al momento de hacer el estudio, se utilizaban las áreas de zacatonales alpinos para el pastoreo, siendo que esta zona es de uso restringido.

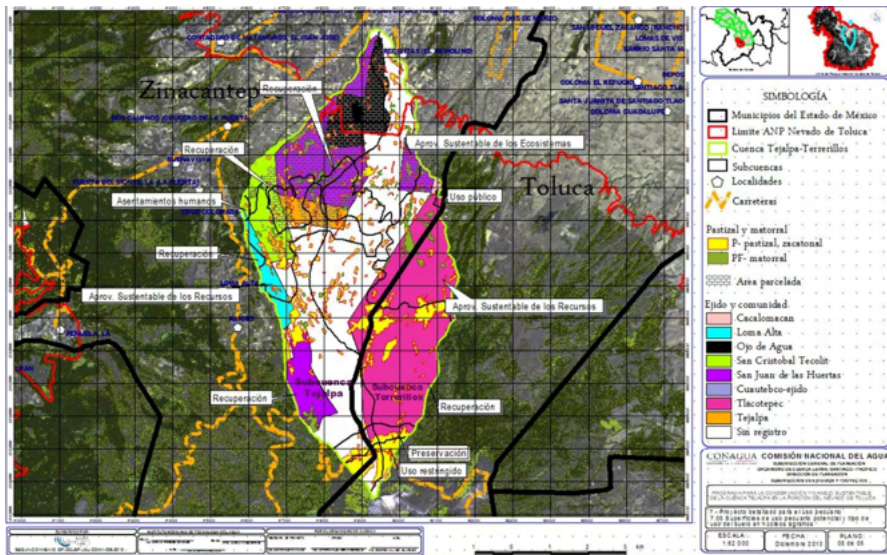


Figura 8. Distribución de las superficies de uso pecuario por ejido y comunidad y subzonas de la cuenca Tejalpa-Terrerillos.

Subzona	Ejido/comunidad	Superficie (ha)				Total general	% del total
		Tejalpa		Terrerillos			
		Matorral	Pastizal	Matorral	Pastizal		
Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas	Ojo de Agua	1.607	5.141			6.748	6.06
	San Cristóbal Tecolotit	8.348	2.215			10.563	9.49
	San Juan de las Huertas	21.290	30.003	6.240	11.562	69.095	62.07
	Sin registro	0.061	0.192	6.364	16.216	22.833	20.51
	Santa Cruz Cuauhtenco (ejido)			0.101	1.985	2.086	1.87
Totales		31.306	37.551	12.705	29.763	111.325	100.00

Cuadro 3. Distribución de superficies potenciales de uso pecuario, de acuerdo a la subzonificación de ANP-NT

El diseño del módulo silvopastoril consideró una superficie total de 145.730 ha ubicadas en los Bienes Comunes del ejido Santiago Tlacotepec, Toluca, entre las coordenadas 19.1972°N 19.1821°S, -99.7242°E y -99.7084°W y una altitud aproximada de 3123 msnm. La superficie se distribuyó en dos predios

En el primer predio de 137.370 ha, se consideraron diversos modelos silvopastoriles, diseñados respetando los especímenes arbóreos existentes como Aile (*Alnus jorullensis*), como se muestra en la Figura 9.

- Para el modelo A, se estimó obtener una población de 40,140 árboles, en convivencia con la vegetación herbácea nativa, con el propósito de reducir los efectos erosivos del agua en el suelo y proporcionar hábitat y alimento a la fauna silvestre. Solo se utilizaría en forma moderada con fines de pastoreo

- El modelo silvopastoril B, se establecería sobre el pastizal nativo con predominancia de *Agrostis tolucensis* y *Festuca tolucensis*, agregando árboles de *Pinus patula* en hileras dobles con una distancia de 2m entre hileras y plantas a curvas de nivel, esperando plantar 41,798 árboles. Entre los grupos de hileras se establecerán fajas de pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris*) variedad Texas + trébol blanco (*Trifolium repens*), para diversificar la producción, reducir los efectos erosivos en el suelo y hacer un uso rotativo del pasto para corte para forraje.

- En el área de dendroenergía, se pretendía establecer árboles de *Pinus patula* a una densidad de 2,000 árboles/ha o mayor, para la extracción de leña a futuro, además de proporcionar hábitat y alimento a la fauna silvestre. Se estimó establecer 7,220 árboles en total.

En el segundo predio, de 8.360 ha reforestadas 8 años atrás, se consideró el mejoramiento del estrato herbáceo con fines de pastoreo y con la finalidad de mejorar la cobertura del suelo. En el Cuadro 4 se estima la producción de materia seca al año y el número posible de animales a alimentar.

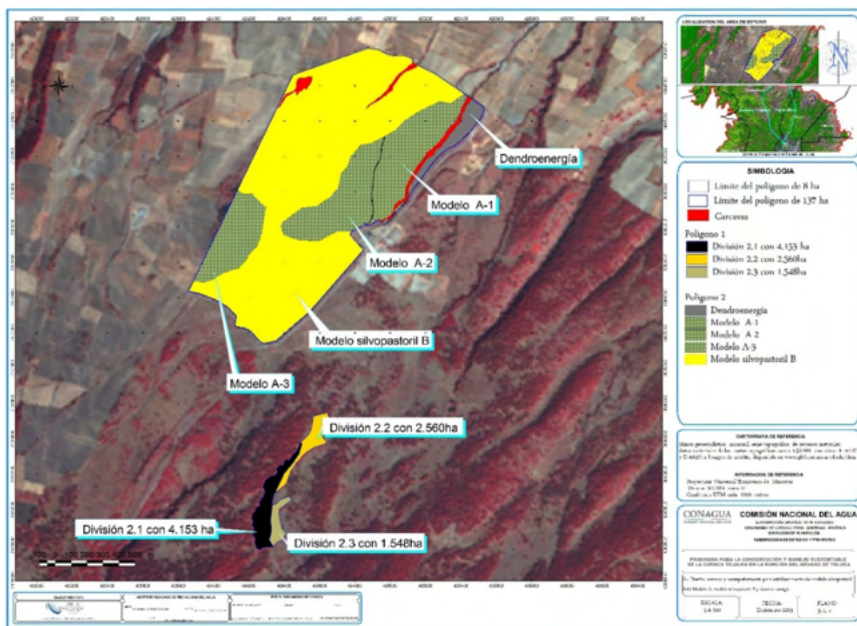


Figura 9. Delimitación de superficies y modelos de sistemas silvopastoriles propuestos para el Polígono 1.

Nombre	Nomenclatura	Superficie (ha)	No. Arboles a introducir
Modelo A		39.366	
A-1	MA1	14.860	15025
A-2	MA2	14.137	14238
A-3	MA3	10.369	10877
Modelo B	MB	88.627	41798
Dendroenergía	DE	3.610	7220
Caminos	Camino	2.777	
Cárcavas		2.990	
Área total		137.370	

Cuadro 4. Producción estimada de materia seca/año y número de ovinos alimentados en los Modelos B y C.

Modelo	Superfici	Producción estimada (t de MS/año)	Consumo anual por animal (t de MS/año)	No. ovinos alimentados al año
B	15.979	308.421	0.438	704
C	5.766	33.445	0.438	76
Total	21.745	341.866		781

Se diseñaron y establecieron dos módulos agroforestales en el Ejido San Cristóbal Tecolít, Zinacantepec, con superficies aproximadas a 0.9 ha cada uno, utilizando terrazas de formación sucesiva con plantación de *Pinus montezumae* sobre los bordos y cultivo de avena en las terrazas (Figura 10).

Módulo agroforestal 1

Módulo agroforestal 2

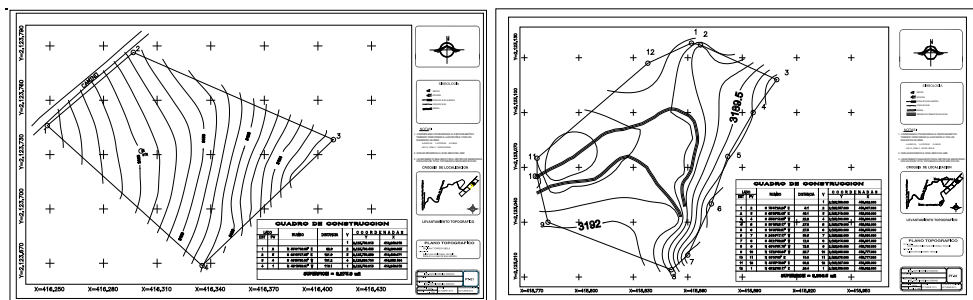


Figura 10. Estabelecimento de dos módulos agroforestales en la cuenca Tejalpa-Terrerillos.

Así mismo, se establecieron 65 represas de geocostales en una superficie de 6.84 ha con presencia de pequeños cauces en áreas erosionadas del Ejido de San Juan de Las Huertas, Zinacantepec, estimando la retención de 632.0 m³ de azolve, favoreciendo la infiltración y recarga el acuífero y el mejoramiento del suelo y la vegetación (Figura 11).

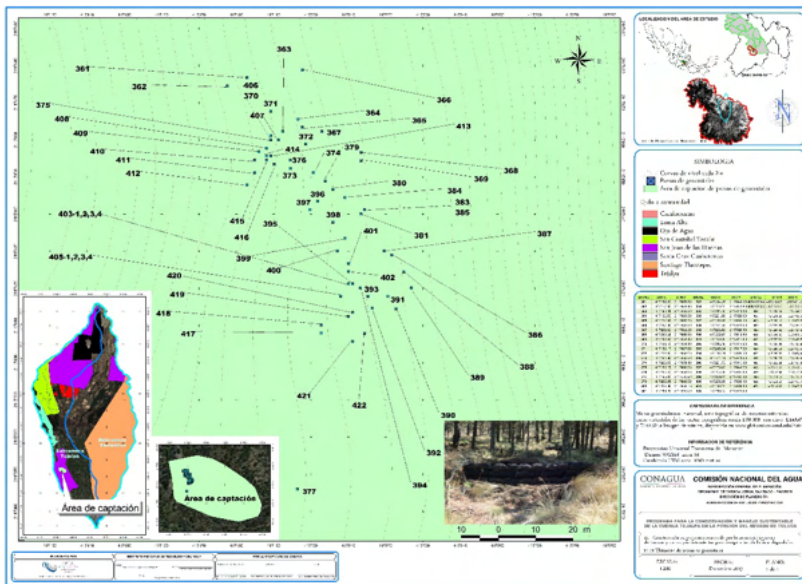


Figura 11. Mapa de localización de 65 presas de geocostales en la cuenca Tejalpa-Terrerillos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se observó una explotación intensiva de las áreas agrícolas de la subcuenca Tejalpa-Terrerillos que conlleva a la degradación del suelo y generación de escurrimientos que afectan las partes bajas de la cuenca.
- La restauración y el manejo de los recursos naturales de la subcuenca, requiere de una mayor participación social para ejecutar proyectos concretos que atiendan los intereses y necesidades de los pobladores de la subcuenca.
- Los resultados obtenidos proporcionan conocimiento con relación a la problemática de la subcuenca Tejalpa-Terrerillos, identificando las acciones que deben emprenderse conforme y en respaldo a la ejecución del decreto como Área de Protección de Flora y Fauna.

BIBLIOGRAFÍA

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2013. **Estudio Previo Justificativo para la Modificación de la Declaratoria del Parque Nacional Nevado de Toluca, ubicada en el Estado de México**, México. 81 p. + 4 Anexos, total 123 páginas.

DOF. 2013a. **AVISO por el que se informa al público en general que está a su disposición el estudio realizado para justificar la expedición del Decreto por el que se pretende modificar el Decreto y cambiar la categoría del Área Natural Protegida Parque Nacional Nevado de Toluca ubicada en el Estado de México y decretada mediante publicación del 25 de enero de 1936**. SEMARNAT. 29 de enero de 2013. México, D.F.

DOF. 2013b. **DECRETO que reforma, deroga y adiciona diversas disposiciones del diverso publicado el 25 de enero de 1936, por el que se declaró Parque Nacional la montaña denominada “Nevado de Toluca” que fue modificado por el diverso publicado el 19 de febrero de 1937**. (Primera sección). SEMARNAT. 01 de octubre de 2013. México, D.F.

Secretaría del Medio Ambiente. Gobierno del Estado de México. H. Ayuntamiento de Toluca. 2011. **Propuesta de recategorización y decreto del Parque Nacional Nevado de Toluca**. Toluca, Estado de México.

CAPÍTULO 18

MÉTODOS PARA A ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA E PLACAS - PA

Data de aceite: 01/11/2021

Pernambuco - UFPAE

Garanhuns, Pernambuco

<https://orcid.org/0000-0002-7715-9285>

Maria do Bom Conselho Lacerda Medeiros

Universidade Federal Rural da Amazônia –
UFRA
Belém, Pará
<https://orcid.org/0000-0002-1364-6877>

Flávio Henrique Santos Rodrigues

Universidade Federal Rural da Amazônia –
UFRA
Belém, Pará
<https://orcid.org/0000-0002-0080-5453>

Adriano Anastácio Cardoso Gomes

Universidade Federal Rural da Amazônia –
UFRA
Belém, Pará
<http://lattes.cnpq.br/712337451446284>

Ermano Prévoir

Universidade Federal Rural da Amazônia –
UFRA
Belém, Pará
<https://orcid.org/0000-0002-7845-5967>

Peola Reis de Sousa

Universidade Federal Rural da Amazônia –
UFRA
Belém, Pará
<https://orcid.org/0000-0002-8102-0905>

Wellington Leal dos Santos

Universidade Federal Rural de Pernambuco –
UFRPE
Recife, Pernambuco
<https://orcid.org/0000-0001-6257-7743>

Keila Aparecida Moreira

Universidade Federal do Agreste de

Luciana da Silva Borges

Universidade Federal Rural da Amazônia –
UFRA
Paragominas, Pará
<https://orcid.org/0000-0002-1194-641>

Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza

Universidade Federal Rural da Amazônia –
UFR
Belém, Pará
<https://orcid.org/0000-0003-4748-1502>

Joaquim Alves de Lima Júnior

Universidade Federal Rural da Amazônia –
UFRA
Capanema, Pará
<https://orcid.org/0000-0001-9003-7998>

Data de submissão: 06/08/2021

RESUMO: A evapotranspiração é um dos principais componentes do balanço hídrico e corresponde ao total de água perdida pela superfície do solo no processo de evaporação e pelo dossel da planta através da transpiração. O objetivo desse estudo foi comparar o desempenho dos métodos de Penman original e Thornthwaite para a região de Conceição do Araguaia e Placas no estado do Pará, baseando-se em valores diários e mensais de evapotranspiração. Os dados meteorológicos foram obtidos das estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no período de janeiro a dezembro de 2016 durante 365 dias nas duas cidades. Os maiores índices

da evapotranspiração se sobressaíram durante o período mais seco da região, enquanto os menores índices se destacaram no período frio. Os componentes da aerodinâmica expresso em porcentagem através do método de Penman, aumentou nos meses mais chuvosos e reduziu no período seco, expressando valores opostos para os componentes energéticos. Dentre os métodos avaliados o melhor desempenho foi obtido com o método de Penman 1948 ou original devido apresentar menor oscilação durante o período avaliado comparando com o método de Thornthwaite.

PALAVRAS-CHAVE: desempenho, meteorológico, período frio, período seco.

METHODS FOR ESTIMATION OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA E PLACAS-PA

ABSTRACT: The evapotranspiration is one of the main components of the water balance and corresponds to the total water lost by the soil surface in the evaporation process and also by the plant canopy through perspiration. The objective of this study was to compare the performance of the original Penman and Thornthwaite methods for the region of Conceição do Araguaia and Placas in the state of Pará, based on daily and monthly values of evapotranspiration. The meteorological data were obtained from the stations of the National Institute of Meteorology (INMET) from January to December of 2016 for 365 days in the cities of Conceição do Araguaia and Placas of the state of Pará. The highest rates of evapotranspiration stood out during the dryness of the region, while the lowest indexes stood out in the cold period. The components of aerodynamics expressed in percentage by the Penman method, increased in the wetter months and reduced in the dry period, expressing opposite values for the energetic components. Among the evaluated methods, the best performance was obtained with the Penman 1948 or original method, due to the lower oscillation during the evaluation period compared with the Thornthwaite method.

KEYWORDS: performance, meteorological, cold period, dry period.

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração é um dos principais componentes do balanço hídrico e corresponde ao total de água perdida pela superfície do solo no processo de evaporação e pelo dossel da planta através da transpiração (MARTINS et al., 2017). A água utilizada na irrigação se perde devido o processo de evapotranspiração a qual é controlado pela disponibilidade de energia, demanda atmosférica e umidade no solo (PETER et al., 2017).

A disponibilidade de água no solo; presença de vegetação; transporte do vapor; velocidade do vento; radiação disponível; temperatura do ar; déficit de pressão de vapor e precipitação influenciam a ocorrência da evapotranspiração (PEREIR et al., 2013).

De acordo com Coelho et al. (2000) a evapotranspiração consiste em um componente do balanço de energia, representada pelo calor latente de evaporação que corresponde a evaporação da água do solo e transpiração de água das plantas, resultante da transformação do saldo de radiação solar (R_n) em calor sensível e latente do ar e aquecimento do solo. A estimativa da evapotranspiração (ET) é fundamental para o planejamento da irrigação, para

aplicação em modelos de predição e produção de culturas (RANA et al., 2001).

A evapotranspiração de referência, desenvolvido por Thornthwaite (1948), tem como objetivo estudar a demanda evaporativa da atmosfera para qualquer cultura, e os fatores climáticos são as únicas variáveis a afetarem a evapotranspiração (COSTA et al. 2015). Existem diversos métodos para estimar a ET_0 , e seu desempenho pode variar conforme o ambiente (SILVA et al., 2013). O modelo de Thornthwaite funciona adequadamente em regiões de clima úmido, independentemente da latitude e altitude (CAMARGO; CAMARGO 2000).

De acordo com Sedyama (1998) o conceito proposto por Thornthwaite era explicar as variações sazonais do balanço de água no solo e tentar definir as diferenças regionais do clima. No entanto a sua equação era apenas uma proposta de estimativa da evapotranspiração em função da temperatura média do ar a partir de um índice térmico anual e do comprimento do dia para um determinado mês do ano.

O método de estimativa da evapotranspiração de referência preconizado por Penman em 1948, apresenta grande precisão sendo a mais utilizada. Tendo em sua equação dois termos, o energético e o aerodinâmico, seu emprego e comparação com valores medidos desse parâmetro tem permitido ajustes para adequá-lo para diversas condições (JESUS, 2000).

Conforme Almeida et al., (2010) a determinação da evapotranspiração contribui para o crescimento da produção agrícola e sua estimativa auxilia no manejo adequado dos sistemas irrigados. O objetivo desse estudo foi comparar o desempenho dos métodos de Penman e Thornthwaite para a região de Conceição do Araguaia e Placas no estado do Pará, baseando-se em valores diários e mensais da evapotranspiração.

METODOLOGIA

Os dados meteorológicos utilizados foram obtidos das estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no período de janeiro a dezembro de 2016 durante 365 dias nas cidades de Conceição do Araguaia e Placas do estado do Pará.

A cidade de Conceição de Araguaia de acordo com a figura 1, está localizada entre as coordenadas geográficas Latitude: -8.25811 e Longitude: -49.2696 8° 15' 29" Sul, 49° 16' 11" Oeste, faz limite com o estado de Tocantins com o Rio Araguaia, o solo da região é caracterizado em sua maioria como arenoso. O município apresenta o super-úmido, tipo Am de acordo com a classificação de Köppen. Possui temperatura média anual de 26,3° C, a umidade relativa elevada, com oscilações entre a estação muito chuvosa e muito seca, que vai de 90% a 52%, a precipitação do período chuvoso ocorre entre novembro a maio e o mais seco, de junho a outubro e um índice pluviométrico anual em torno de 2.000 mm (COUTINHO et al., 2002).



Figura 1. Localização geográfica da cidade de Conceição do Araguaia –PA.

Fonte: Google imagem, 2018.

De acordo com a figura 2 o clima da cidade de Placas é tropical, na maioria dos meses do ano, existe uma pluviosidade significativa. Só existe uma curta época seca e não é muito eficaz. O clima é classificado como Am segundo a Köppen, com temperatura média anual de aproximadamente 25.7 °C.

A pluviosidade média chega em torno de 1817 mm. O mês de julho é o considerado mais seco com 45 mm. Em relação a precipitação o maior índice é considerado o mês de março, com uma média de 322 mm, outubro é o mês mais quente do ano com uma temperatura média de 26.6 °C, fevereiro corresponde ao mês mais frio, com uma temperatura média de 25.0 °C (CLIMATE-DATA.ORG, 2018).



Figura 2. Localização geográfica da cidade de Placas – A.

Fonte: Google imagem, 2018.

Para cálculo da ET, foram utilizados dados meteorológicos do período de janeiro a dezembro de 2016, das estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizadas nos municípios de Conceição do Araguaia e Placas no estado do Pará. Após obtenção dos valores foi realizado a aplicação dos métodos de Penman e Thornthwaite.

O método de Penman (1948) destaca-se com excelentes resultados através da sua aplicação, pois sua utilização apresenta grande viabilidade como, a evapotranspiração definida em funções dos parâmetros climáticos obtidos devido as estações meteorológicas padrão. Este método é sintetizado na seguinte equação:

$$ET = (\Delta/\Delta + \gamma) * (\Delta/\lambda) + (\gamma/\Delta + \gamma) * Ea$$

Onde:

ET – evapotranspiração mm d⁻¹

Δ – gradiente da curva pressão vapor vs temperatura, kPa °C⁻¹

γ – constante psicrométrica, kPa °C⁻¹ u_2 – velocidade do vento a 2 m, m s⁻¹ e_s – pressão de saturação do vapor de água atmosférico, kPa

λ – considerao calor latente de vaporização, $\lambda E = 2,45$ MJ

E_a – poder evaporante do ar em mm d⁻¹, onde;

$E_a = f(U) \cdot \Delta e$

Sendo:

Δe o déficit de pressão de vapor em kPa e $f(U)$ dado pelo modelo

$$f(U)=m(a+b.U)$$

Que, segundo Penman (1948), assume os seguintes valores:

$$f(U)=2,62(1+0,526U)$$

Onde:

U é a velocidade do vento a 2,0 m de altura em $m s^{-1}$, m em $mm d^{-1}$ kPa^{-1} , a é adimensional e b em $s m^{-1}$.

Foi obtido também o déficit de pressão de vapor através da seguinte forma:

$$\Delta e = e_s - e_a$$

Onde:

Pressão de saturação de vapor (e_s) – representa a quantidade de vapor que pode existir em determinada atmosfera como função das temperaturas ($T_{méd}$, T_{min} , $T_{máx}$), a pressão de saturação do vapor pode ser calculada (em kpa), conhecendo a temperatura (T em °C)

$$e_s = 0,611 \cdot 10^{[(7,5 \cdot T)/(237,3+T)]}$$

Pressão parcial de vapor (e_a) – obtida como função da umidade relativa média ($UR_{méd}$) e da pressão de saturação do vapor (e_s).

$$e_a = (UR \cdot e_s) / 100$$

O método de Thornthwaite estabelecido por Thornthwaite (1948) também foi utilizado, foi expresso pelas seguintes equações:

$$E_{To} = E_{T'} \frac{N}{12} \frac{n}{30}$$

$$E_{T'} = C \left(\frac{10T_a}{I} \right)^a$$

$$a = 67,5 \cdot 10^{-8} I^3 - 77,1 \cdot 10^{-6} I^2 + 0,0179 I + 0,492$$

$$I = \sum_{j=1}^{12} i_j$$

$$i = \left(\frac{T_a}{5} \right)^{1,51}$$

em que:

E_{To} – evapotranspiração de referência ($mm d^{-1}$)

$E_{T'}$ – evapotranspiração padronizada para um mês de 30 dias

N – Insolação máxima diária teórica, função da latitude e época do ano, (fotoperíodo em horas)

n – número de dias do mês abordado

C – Constante igual a 16 a – expoente função do índice anual

i – índice mensal de calor para o mês j

I – índice anual, que corresponde ao somatório dos 12 índices i mensais

Ea corresponde ao poder evaporante do ar (mm d^{-1}) representado por:

$Ea = f(U) \cdot \Delta e$

Em seguida, foi realizado a execução dos gráficos através do Excel 2010 após a tabulação de todos os dados meteorológicos obtido durante os 365 dias no ano de 2016 nas cidades de Conceição do Araguaia e Placas-PA. Os dados foram expressos em mm dia^{-1} e mensal de acordo com as recomendações das metodologias propostas pelos modelos utilizados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se na figura 3, que os dois modelos aplicados para a estimativa da evapotranspiração nas, no período de janeiro a dezembro de 2016, apresentou os maiores valores durante o período seco da região de junho a outubro. No método de Penman, os meses de janeiro e abril apresentaram os menores índices de evapotranspiração, com 4,79 e 4,68 mm d^{-1} . Os maiores valores foram obtidos através deste método, durante o período de setembro e agosto com uma estimativa de 5,85 e 6,06 mm d^{-1} , respectivamente.

Para os valores obtidos para a evapotranspiração através da utilização do método de Thornthwaite, os maiores índices em mm d^{-1} se sobressaiu durante o período mais seco, com valores estimados para o mês de setembro de 6,60 mm d^{-1} e os menores valores constatados durante o período menos chuvoso para a região em estudo, correspondendo aos meses de novembro a março.

Observa-se uma menor estimativa da evapotranspiração para os meses de janeiro com valor de 4,58 mm d^{-1} e ao mês de dezembro com 4,83, apresenta-se também uma oscilação durante o período de julho, o que se sobressaiu com uma redução na evapotranspiração obtida nos dias avaliados neste mês, provavelmente estes resultados estão relacionados com o aumento da alta temperatura e a velocidade do vento no período mais seco da região em estudo (figura 3)

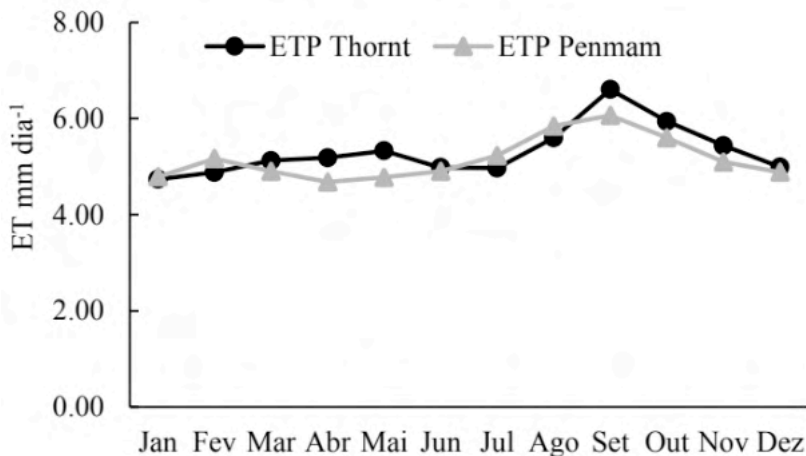


Figura 3. Evapotranspiração ET mensal (mm dia⁻¹) estimada a partir de dados climatológicos diários através dos métodos de Penman original e Thornthwaite no período de janeiro a dezembro de 2016, o município de Conceição do Araguaia - PA, 2016.

Duarte et al. (2003), observaram que as condições ambientais contribuem para a diferenciação da evapotranspiração durante as estações do ano, fatores que podem ser influenciados devido os valores de umidade relativa do ar, radiação disponível, temperatura ambiente e à intensidade dos ventos, o que possivelmente justifica os resultados obtidos neste estudo durante o período de janeiro a dezembro de 2016.

De acordo com o estudo de Araújo et al. (2007) quando estimaram a evapotranspiração de referência mensal pelos métodos de Thornthwaite, Penman e Penman-Monteith para a região de Boa Vista-RR, constataram que os métodos de Thornthwaite pode ser usado com a ressalva de superestimar os valores de ET_0 ao longo do ano, confirmando os resultados obtidos por Vieira et al. (2007) em Diamantina-MG, que ressalta sobre o método que superestimou a ET_0 em relação ao método padrão de Penman-Monteith com um erro médio de 4,55 mm dia⁻¹, resultados semelhantes foram encontrado nesse estudo utilizando o método de avaliação Penman original.

A variável mais sensível na determinação da evapotranspiração de referência pelo método de Penman é o saldo de radiação, seguida da umidade relativa, velocidade do vento e a temperatura média do ar (SOUZA., 2009). Em estudo comparativo de equações empíricas para a estimativa da ET_0 em três localidades do Espírito Santo, tendo o método de Penman-Monteith como padrão, Bragança (2007) concluiu que os métodos de Penman e Penman modificado apresentaram ótimos desempenhos

A figura 4 mostra a estimativa da evapotranspiração mensal obtida através dos dois métodos avaliados. Para o método de Penman os valores mínimos foram considerados durante o período mais frio do ano para a região em estudo, considerando os meses de maio com uma estimativa de 3,96 mm d⁻¹, seguindo com valores aproximados para

janeiro e março com $4,08 \text{ mm d}^{-1}$. Nos meses mais quentes do ano, observa maior estimativa da evapotranspiração de $4,97$ e $4,92 \text{ m d}^{-1}$ para os meses de setembro e outubro respectivamente, o que possivelmente interferiu nos valores acentuados para a evapotranspiração na região de Placas – PA.

O método de Thornthwaite apresentou maior índice na estimativa da evapotranspiração durante os meses de setembro com $5,73 \text{ mm d}^{-1}$ e os meses de outubro e novembro com $5,61$ e $6,65$ respectivamente. Nota-se que apenas em fevereiro e junho os valores obtidos foram inferiores aos demais meses. No mês de fevereiro a evapotranspiração apresentou um índice de $4,38$ seguindo com o mês de junho com uma estimativa de $4,66 \text{ mmd}^{-1}$. Comparando os dois métodos avaliados observa semelhanças nos resultados obtidos, sendo que nos meses mais frios do ano com temperaturas mais baixas que estão atreladas à precipitação afetam os resultados dos métodos analisados (figura 4).

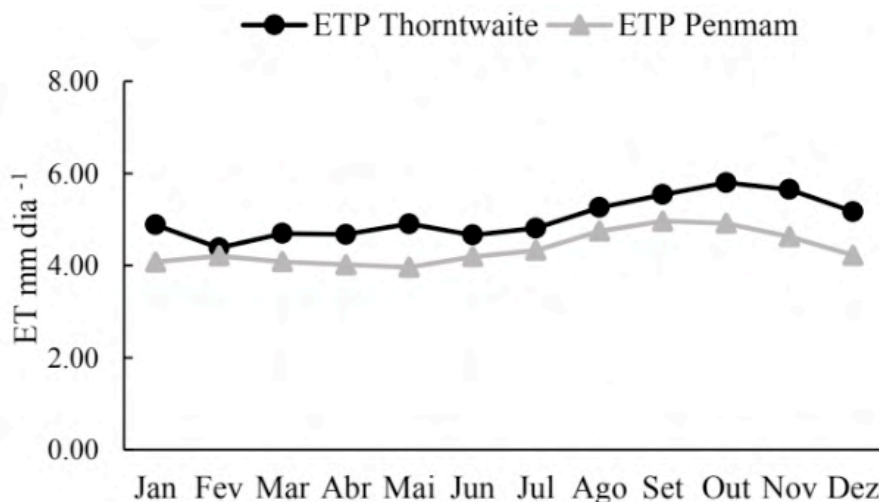


Figura 4. Evapotranspiração ET mensal (mm dia^{-1}) estimada a partir de dados climatológicos diários através dos métodos de Penman original e Thornthwaite no período de janeiro a dezembro de 2016, no município de Placas - PA, 2016.

O método original de Thornthwaite não estima satisfatoriamente a evapotranspiração, por não considerar o termo aerodinâmico ou contribuição da energia latente, e seu resultado pode ter sido reflexo da ausência deste termo em sua formulação (Camargo et al., 1999). Moura et al., (2013), analisando a evapotranspiração através da referências baseada em métodos empíricos em bacia experimental do estado de Pernambuco, ressaltaram que o método de Thornthwaite modificou apresentou maior erro padrão com estimativa igual a $1,1 \text{ mm dia}^{-1}$.

De acordo com a figura 5 é possível constatar que houve uma maior contribuição para a estimativa da evapotranspiração através do método de Penman avaliados na

cidade de Conceição do Araguaia-PA. Para a porcentagem obtida no comportamento da aerodinâmica os maiores valores foram estimados no período de fevereiro a abril de 2016, com porcentagem de 73,46 % e 72,62% respectivamente, seguindo com uma expressividade nos meses de novembro com 71,08 % e 72,14% para dezembro. Observa-se um decréscimo nos meses de julho e agosto com 61,54% e 60,92% respectivamente.

Tais resultados poderão responder a interferência de uma maior temperatura do ar bem como a radiação de maior incidência nesse período, pois levando em consideração os fatores climáticos a uma umidade de aproximadamente 90%, sendo o período de com maiores chuvas os meses de novembro e dezembro e período seco de junho a outubro. Para os valores estimados na porcentagem do método analisado de Penman, os índices mínimos ocorreram durante o período mais frio, de janeiro com 26,98% e março com 26,58%. No período mais seco, os dados se destacaram durante em julho com 38,46% e agosto com 39,09%.

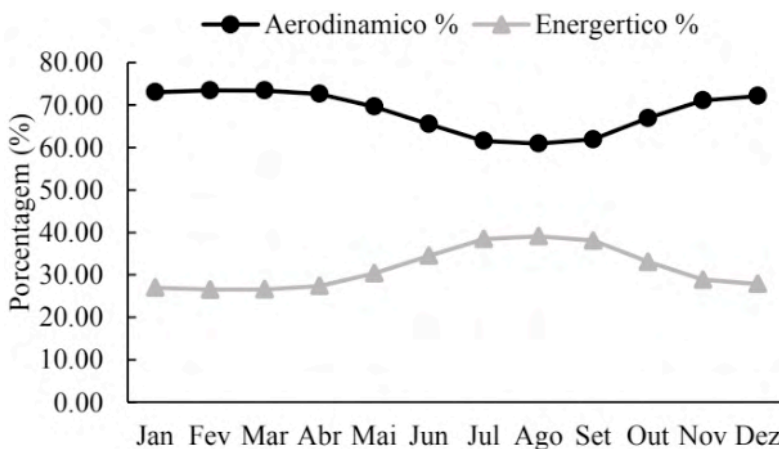


Figura 5. Valores estimados para a contribuição do componente da aerodinâmica e energético através do método de Penman na cidade de Conceição do Araguaia – PA.

O aumento da evapotranspiração é influenciado pelas altas temperaturas, pois apresenta uma relação direta como base de cálculos, e maior poder evaporante. De acordo com Pereira et al. (1997), a evapotranspiração é controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água para as plantas no solo, sendo a demanda atmosférica controlada pelo poder evaporante do ar relacionado à velocidade do vento e ao déficit de pressão de vapor .

Sentelhas et al. (2000), avaliando as condições da evapotranspiração para a cidade de Piracicaba - SP, encontraram valores de 0,97 para o período úmido e 1,32 para o período seco. No período seco houve maior contribuição do termo aerodinâmico, 32% do termo energético, a qual os autores afirmam que houve grande dispersão de dados

Na figura 6 foi possível observar que os maiores índices para a evapotranspiração através do método de Penman, obteve os maiores valores em porcentagem na aerodinâmica nos meses de abril e março com 79,04 % e 78,89 %. Os menores valores se destacaram aos meses de agosto com 73,94% se estabilizando até dezembro. O mês de fevereiro é considerado o mais frio do ano, e outubro o mais quente, apresentando uma precipitação significativa no mês de março e temperatura de aproximadamente 25,7°C

Observando a figura 6 é possível constatar que os componentes envolvidos para os valores energéticos em porcentagem através da utilização do método analisado de Penman se sobressaíram com uma maior estimativa aos meses de setembro com 25,77% e agosto com 26,06%. Os menores índices foram estimados aos meses de fevereiro e abril com 21,24% e 20,96%. Provavelmente essa interferência está relacionada as condições climáticas da região, pois a cidade de Placas-PA, nos meses de julho a outubro são os mais secos, já em dezembro a maio com maior intensidade de chuvas, destacando o mês de março que corresponde a maior precipitação anual da região.

Com bases nesses resultados, o poder evaporante do ar, se destaca como um dos principais fatores que afetam o comportamento de porcentagem dos componentes energéticos, assim como a temperatura do ar e radiação, o que possivelmente interferiu nos resultados, pois na maioria dos meses do ano, existe uma pluviosidade significativa

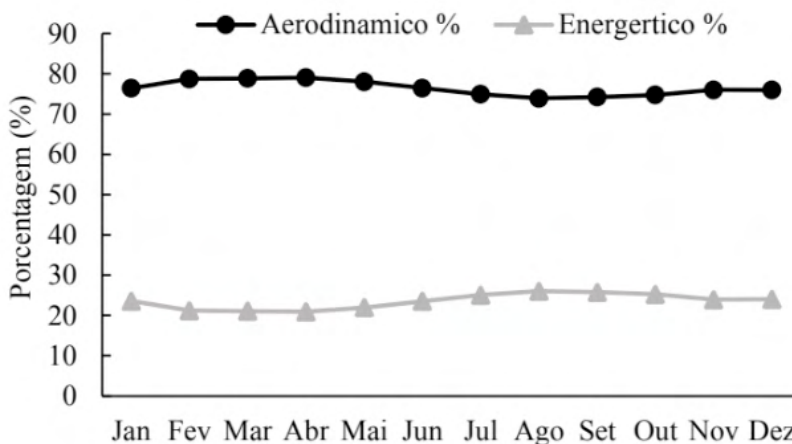


Figura 6. Valores estimados para a contribuição do componente da aerodinâmica e energético através do método de Penman na cidade de Placas – PA.

Na maioria dos meses do ano o clima da cidade de Placas é tropical e existe apenas uma pluviosidade significativa e uma curta época seca não muito eficaz que se destaca no mês de julho. De acordo com Souza, (2009), o vento influencia a advecção, onde suas interações junto com a temperatura, umidade relativa, déficit de pressão de vapor, são geralmente difíceis de serem estimadas por equações, pois quanto maior for à disponibilidade

de energia solar, temperatura do ar e velocidade do vento, e menor a umidade relativa, maior será a taxa de evapotranspiração de referência.

De acordo com Wurbs e Ayala, (2014) a variação da evaporação de um local para o outro, às diferenças climáticas, como, temperatura do ar, velocidade do vento, radiação solar, umidade relativa e precipitação são predominantes para a alteração da evapotranspiração em ambientes com período secos e úmidos bem definidos. McMahon et al., (2013) também destaca que ocorre mudanças na evapotranspiração através da remoção do vapor d'água acima da superfície evaporante pela ação do vento.

De acordo com Medeiros, (2002), a mudança introduzida no método original de Thornthwaite, reduziu o valor dos erros, esses erros podem decorrer do fato do método de Thornthwaite não apresentar um componente aerodinâmico, que considere o poder evaporante do ar, embora a diferença entre temperatura máxima e mínima represente uma opção de estimativa desse efeito. O método de Penman-Monteith que foi proposto após o método original de Penman 1948, sendo considerado o método-padrão para estimar ET_0 , porque se aproxima da evapotranspiração do padrão grama nos locais avaliados e apresenta superioridade em relação aos outros métodos (XING et al., 2008).

CONCLUSÃO

Os métodos de Penman original e Thornthwaite aplicados para avaliar os dados meteorológicos das cidades de Conceição do Araguaia e Placas no estado do Pará no período de janeiro a dezembro de 2016, apresentaram comportamento similares para as estimativas da evapotranspiração em mm dia^{-1} , inferindo que os maiores índices se sobressaíram durante o período mais secos da região, reduzindo expressivamente no período frio.

Os componentes da aerodinâmico expresso em porcentagem através do método de Penman, aumentou nos meses mais chuvosos e reduziu no período seco, expressando valores opostos para os componentes energético. O método de Penman original apresentou melhores resultados devido uma menor oscilação durante o período avaliado quando comparado com o método de Thornthwaite.

RERERENCIAS

ALMEIDA, B. M.; ARAÚJO, E. M.; CAVALCANTE JUNIOR, E. G.; OLIVEIRA, J. B.; NOGUEIRA, B. R. C. Comparação de métodos de estimativa da ET₀ na escala mensal em Fortaleza, CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.4, n.2, p.93–98, 2010.

ARAÚJO, W. F.; COSTA, S. A. A.; SANTOS, A. E. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET₀) para Boa Vista, Roraima. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 4, p. 84-88, 2007.

BRAGANÇA, R. **Estudo comparativo da estimativa da evapotranspiração de referência para três localidades no Estado do Espírito Santo**. 2007. 89 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 59, n. 2, p.125-137, 2000.

CAMARGO, A.P. et al. Ajuste da equação de Thornthwaite para estimar a evapotranspiração potencial em climas áridos e superúmidos, com base na amplitude térmica diária. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 7, n. 2, p.251-257, 1999.

CLIMATE-DATA.ORG; **Clima: Placas**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/location/43940>. Acessado em: 01/05/2018.

COELHO, E. F.; SOUSA, V. F. de.; AGUIAR NETTO, A de. O.; OLIVEIRA, A. S. de. **Manejo de irrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000. 48p. (Circular Técnica n. 40).

COSTA, M. S.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C. Comportamento dos diferentes métodos de determinação da evapotranspiração de referência nas cinco regiões brasileiras. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 9, n. 5, p. 310-319, 2015.

COUTINHO, E. C.; BARBOSA, A. J. S.; GUTIERREZ, L. A. L. C.; PAES, G. K. A. A.; SILVA FILHO, A. B. Variabilidade da precipitação no município de conceição do Araguaia no sudeste do estado do Pará relacionada com os fenômenos el niño e la niña entre 2001 e 2011. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2002, Fortaleza. Anais...

DUARTE, W. O.; BARROS, D. L.; ASSUNÇÃO, W. L. Comparação entre as leituras diárias do tanque classe “A” e o evaporímetro de piche, da estação climatológica da UFU. In: **Simpósio Regional de Geografia Perspectivas para o Cerrado no Século XXI**, 2, 2003, Uberlândia. Anais... Uberlândia: UFU, 2003, p.6-7.

JESUS, W. R. Desempenho do método de Penman modificado por equação proposta de estimativa do saldo de radiação de ondas longas. Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia BOTUCATU – SP, 2000, 66 p.

MARTINS, I. P.; FARIA, R. T.; PALARETTI, L. F.; DALRI, A. B.; OLIVERIO, C.; LIBARDI, L. G. P. Lisímetros De Pesagem Para Medidas De Evapotranspiração Em Estufa. **Irriga**, v. 22, n. 4, p. 715-722, 2017.

McMAHON, T. A.; PEEL, M. C.; LOWE, L.; SRIKANTHAN, R.; McVICAR, T. R. Estimating actual, potential, reference crop and pan evaporation using standard meteorological data: a pragmatic synthesis. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 17, n. 4, p. 1331-1363, 2013.

MEDEIROS, A. T. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraipaba, CE**. 2002. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP, 2002.

MOURA, A. R. C.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ANTONINO, A. C. D.; AZEVEDO, J. R. G.; SILVA, B. B.; OLIVEIRA, L. M. M. Evapotranspiração de referência baseada em métodos empíricos em bacia experimental no estado de Pernambuco – Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.2, 181 - 191, 2013.

PENMAN, H.L. Evaporation: an introductory survey. **Neth Journal Agricultural Science**, v. 4, p. 9-29, 1956.

PEREIRA, A. R.; SEDIYAMA, G. C.; VILLA NOVA, N. A. **Evapotranspiração**. Campinas: Fundag, 2013. 323p.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1997. 183 p.

PETER, A.R.; RUHOFF, A.L.; SILVA, B.B.; ROBERTI, D.R.; BREYER, L.M.; SANTOS, R.P. Monitoramento da evapotranspiração por sensoriamento remoto em áreas de agricultura irrigada no brasil. **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Florianópolis – SC, 2017.

RANA, G.; KATERJI, N.; PERNIOLA, M. Evapotranspiration of sweet sorghum: A general model and multilocal validity in semiarid environmental conditions. *Water Resources Research*, Washington, v.37, n.12, p.3237-3246, 2001.

SEDIYAMA, G. C. Evapotranspiração: necessidades de água para as plantas cultivadas. Brasília, DF: ABEAS, 1998, 181 p. Curso de especialização por tutoria à distância.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; FOLEGATTI, M. V. et al. Variação sazonal do parâmetro de Priestley-Taylor para estimativa diária da evapotranspiração de referência. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.8, n.1, p.49-53, 2000.

SILVA, M. G.; ARRAES, F. D. D.; LEDO, E. R. F.; SANTOS, N. T.; FILHO, J. A. da S. Avaliação da evapotranspiração de referência por Penman-Monteith usando dados climáticos mínimos no sertão do Ceará. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 7, n. 3, p. 284- 293, 2013.

SOUZA, M. L. A. **Comparação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (Eto) em Rio Branco, Acre**. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Produção Vegetal), Universidade Federal do Acre, Rio Branco-Acre, 2009.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, New York, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

VIEIRA, J. P. G.; SOUZA, M. J. H.; SOUSA, F. A.; TEIXEIRA, J. M. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para Diamantina, MG. In: XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2007, Aracaju. Anais... Aracaju: SBAGRO, 2007. CD-Rom.

WURBS, R. A. e AYALA, R. A. Reservoir evaporation in Texas, USA. **Journal of Hydrology**, v. 510, p. 1-9, 2014.

XING, Z.; CHOW, L.; MENG, F.R.; REES, H.W.; STEVENS, L.; MONTEITH, J., Validating evapotranspiration equations using Bowen Ratio in New Brunswick. Maritime Canada. **Sensors, Lausanne**, n. 8. p. 412–428, 2008.

CAPÍTULO 19

RODA D'ÁGUA: ALTERNATIVA DE BAIXO CUSTO PARA BOMBEAMENTO DE ÁGUA NO ASSENTAMENTO SERRA VERDE EM BARRA DO GARÇAS - MT

Data de aceite: 01/11/2021

Data de submissão: 03/08/2021

Ivo Luciano da Assunção Rodrigues

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Mato Grosso
Barra do Garças – MT
<https://orcid.org/0000-0001-5670-5067>

Martha Tussolini

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Mato Grosso
Barra do Garças – MT

Enzo Negri Cogo

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Mato Grosso
Barra do Garças – MT

RESUMO: Este projeto teve como objetivo desenvolver um sistema de bomba roda d'água de baixo custo e fácil montagem, instalação e manuseio. A bomba foi construída com conexões de PVC e as rodas d'água com pneus, tábuas, e plástico de galões de Arla. Foi elaborado também um manual ilustrado, de fácil entendimento, explicando todas as etapas de construção da última versão da roda d'água. Ao final, foi realizado um curso livre da construção e instalação da roda d'água no assentamento Serra Verde visando capacitar os assentados.

PALAVRAS-CHAVE: água, bombeamento, roda d'água.

WATERWHEEL: LOW COST ALTERNATIVE FOR PUMPING WATER IN THE SETTLEMENT SERRA VERDE IN BARRA DO GARÇAS - MT

ABSTRACT: This project aimed to develop a low cost waterwheel pump system that is easy to assemble, install and handle. The pump was built with PVC connections and the waterwheels with tires, planks, and Arla gallon plastic. An easy-to-understand illustrated manual was also prepared, explaining all the steps of the construction of the latest version of the waterwheel. At the end, a free course of the construction and installation of the water wheel in the Serra Verde settlement was held, aiming to training the settlers.

KEYWORDS: water, pumping, waterwheel.

1 | INTRODUÇÃO

A água é um elemento indispensável para a vida humana. Considerando que sua distribuição é irregular, faz-se necessário o transporte de onde ela está disponível até os locais onde ela é necessária. De tal modo, desde o início das primeiras sociedades urbanas organizadas a hidráulica se apresenta como uma ferramenta de equalização entre oferta e demanda. O aumento em proporções geométricas no consumo de água para o desenvolvimento econômico, com a utilização direta para o consumo e para insumo industrial e agrícola faz do uso racional dos recursos hídricos uma questão de sobrevivência.

Mesmo com a grande evolução da

engenharia hidráulica nas últimas décadas na construção de projetos de complexidade cada vez maior, em algumas situações o custo de um sistema para bombeamento de água torna-se inacessível, especialmente para a população de baixa renda. Nesse contexto, evidencia-se a importância do desenvolvimento de uma bomba de água acionada por roda d'água, leve, barata e adaptável em inúmeras situações.

As rodas d'água são uma boa alternativa para o aproveitamento da energia cinética da correnteza dos rios e da energia potencial das quedas d'água. São equipamentos de custo relativamente baixo e possuem sua série de tamanhos podendo ser utilizadas tanto em vazões pequenas como em vazões grandes. Pode ser uma boa alternativa para o bombeamento de água onde não há acesso a energia elétrica e a instalação de um motor a combustão se torna inviável, seja pelo custo ou pela dificuldade de instalação. Desde a antiguidade a roda d'água vem sendo usada como força motriz de uma série de equipamentos. Atualmente sua aplicação está mais restrita ao acionamento de bombas de pequena vazão e geradores elétricos de pequeno porte (corrente contínua). As rodas d'água são uma boa alternativa para o aproveitamento da energia cinética da correnteza dos rios e da energia potencial das quedas d'água. São equipamentos de custo relativamente baixo e possuem sua série de tamanhos podendo ser utilizadas tanto em vazões pequenas como em vazões grandes. Pode ser uma boa alternativa para o bombeamento de água onde não há acesso a energia elétrica e a instalação de um motor a combustão se torna inviável, seja pelo custo ou pela dificuldade de instalação. Também são aplicadas no acionamento de geradores elétricos locais remotos ou que nas possuam acesso à rede contanto que exista um ponto apropriado para sua instalação com vazão e altura de queda suficiente (ECKERT 2010, p. 11).

Em algumas regiões do Brasil, de acordo com Grah (2011), o clima não é favorável para a agricultura durante todo o ano em tais regiões as chuvas são deficitárias em alguns períodos e mal distribuídas, tornando a irrigação uma técnica imprescindível para o desenvolvimento das culturas. Os métodos de irrigação disponíveis para serem adotados nos cultivos agrícolas são vários, entretanto, cada sistema adapta-se melhor em situações específicas, ou seja, não existe um método melhor do que outro, mas sim sistemas de irrigação que se adaptam melhor a determinadas situações.

Chakrabarti & Chakrabarti (2002), destacam que é crescente a busca por formas alternativas de energia em áreas rurais irrigadas. Para Ibrahim et al. (2011) a energia hídrica é a fonte de maior potencial quando comparadas com outras fontes de interesse como, células solares, geotérmica, fóssil e sistemas de energia a hidrogênio. Ainda segundo os últimos autores a energia hídrica, em pequena escala, é uma das energias de melhor custo efetivo quando considerados sistemas de energia rural.

O bombeamento por energia hídrica é uma prática muito antiga e bastante utilizada em pequenas propriedades agrícolas onde não há disponibilidade de energia elétrica. A roda d'água como forma de geração de energia hídrica, vem se apresentando como uma

alternativa promissora e renovável para áreas isoladas (IKEDA et al., 2010). Adicionalmente, as bombas movidas por roda d'água apresentam alta capacidade de elevação de água, entretanto, a vazão é intermitente devido o princípio de funcionamento da bomba de pistão, a majoritariamente encontrada.

O objetivo desse projeto foi desenvolver um sistema de roda d'água para o Assentamento Serra Verde com materiais alternativos e de baixo custo, capaz de bombear pequenas quantidades de água através da utilização da energia hidráulica disponível em pequenos cursos d'água, independente da presença de quedas d'água.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Para a construção da roda d'água foram utilizados materiais de baixo custo, fácil obtenção e/ou reaproveitados. O corpo da roda foi feito com tampas de plástico de tambor de 200 L e eixo de antena parabólica. Para as pás utilizou-se o fundo de galões de Arla (solução líquida para veículos utilizada em caminhões), esse material foi obtido de forma gratuita em postos de gasolina. Nos primeiros protótipos da roda foram testados pneus e madeira, porém, os resultados não apresentaram a rigidez e resistência necessários.

Os corredores da água foram feitos de tubo de PVC 100 mm. Os demais materiais foram parafusos, prego e mangueira, rolamentos, tábuas, tubos e conexões, garrafas de água de 250 mL e um casco de extintor automotivo. As imagens do próximo tópico dão uma ideia mais clara da função de cada item.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao término do projeto, o modelo final (Figura 1) de roda d'água conseguiu elevar água a uma altura de aproximadamente 5 metros com uma vazão de 4 L/min, consideramos o resultado satisfatório, pois, o que determina a escolha da bomba são, principalmente, as condições de operação e de manutenção além dos recursos econômicos disponíveis. Nesse sentido, considerando a realidade do Assentamento Serra Verde, no tocante às atividades desenvolvidas, o relevo e as características dos cursos d'água (em geral pequenos córregos sem quedas significativas) uma roda d'água com baixo custo de construção e instalação da roda pode ser de grande utilidade.

É recomendável instalar uma unidade que forneça a vazão desejada de fluido para a pressão necessária (AZEVEDO NETTO et al, 2003). O modelo de roda que foi desenvolvido possui a vantagem operacional de, se houver um volume d'água considerável, funcionar sem a necessidade de queda d'água natural ou artificial, bastando canalizar a água numa canaleta para a parte inferior da roda.

Ao final do projeto foi elaborado um manual ilustrado, de fácil entendimento, explicando detalhadamente todas as etapas de construção da roda d'água. Também foi realizada uma oficina (Figura 2) com os assentados para capacitá-los na construção da roda d'água.



Figura 1. Versão final da roda d'água em funcionamento;
Fonte: Acervo do projeto (2019).



Figura 2. Oficina de construção da roda d'água no assentamento Serra Verde;
Fonte: Acervo do projeto (2019).

4 | CONCLUSÃO

É possível desenvolver um sistema de roda d'água com materiais alternativos e de baixo custo, capaz de bombear quantidade de água suficiente para atender a uma propriedade rural de pequeno porte.

Com treinamento e capacitação adequados foi possível dar condições aos assentados de reproduzir a roda d'água projetada e assim amenizar o problema do déficit hídrico de suas propriedades.

AGRADECIMENTOS

Em especial à Pró-reitoria de Extensão do IFMT (PROEX) pelo financiamento do projeto.

Agradecemos também à Secretaria Municipal de Meio Ambiente, à Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA) e ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) pelo apoio ao projeto.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO N.; **Manual de Hidráulica**. 8. Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2003. 669 p.

CHAKRABARTI, S. CHAKRABARTI, S.; Rural electrification programme with solar energy in remote region-a case study in an island. **Energy Policy**, v.30, p. 33-42, 2002.

ECKERT, J. J.; Desenvolvimento de um manual para construção de rodas d' água. 2010. 163 p. **Dissertação (Monografia em Engenharia Mecânica) - UPF**. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo -RS, 2010.

GRAH, V. F.; Desenvolvimento de um sistema hidráulico-mecânico para o acionamento sequenciado da irrigação por aspersão em malha. 2011. 67 p. **Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem)** - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

IBRAHIM, G.A. CHE, C.H. AZHARI, C.H.; Sustainable rural energy: traditional water wheels in Pandang PWWp, Indonesia. **Int. J. Renewable Energy Technology**, v. 2, n. 1, p. 23-31, 2001.

IKEDA, T. LIO, S. TATSUNO, K.; Performance of nano-hydraulic turbine utilizing waterfalls. **Renew Energy**, v. 35, p. 293-300, 2010.

MACINTYRE, A.J. **Bombas e Instalações de Bombeamento**. 2ª. Ed. rev. Rio de Janeiro: LTC, 1997.782 p.

CAPÍTULO 20

CAPACIDADE PREDATÓRIA DE NINFAS DE LÍBELULAS (ODONATA) EM LARVAS DE *Aedes Aegypti* (DIPTERA: CULICIDAE)

Data de aceite: 01/11/2021

Data de submissão: 07/10/2021

Lays Laianny Amaro Bezerra

Universidade Federal do Cariri.

Crato – CE

<http://lattes.cnpq.br/6244215422206754>

Rafael Pereira da Cruz

Universidade Regional do Cariri

Crato – CE

<http://lattes.cnpq.br/3675589918865790>

Francisco Roberto de Azevedo

Universidade Federal do Cariri

Crato – CE

<http://lattes.cnpq.br/7232754070890745>

RESUMO: Em consequência à persistência da dengue e outras arboviroses no Brasil, o poder público tem intensificado as ações de combate ao mosquito vetor *Aedes aegypti*. O uso de produtos químicos, método de controle mais utilizado atualmente, apresenta inúmeras desvantagens na sua utilização, pois além de impactar a saúde humana e o meio ambiente, induz a resistência dos mosquitos. Dessa maneira, estudos em buscas de metodologias sustentáveis e com atributos promissores à natureza e à sociedade se fazem necessárias na atual conjuntura. Em vista disso, a utilização de ninfas de libélulas (Odonata) no controle biológico de larvas de *Aedes aegypti* apresenta características importantes e favoráveis, uma vez que essas são predadoras hábeis e competitivas, colonizam diversos tipos

de ambientes aquáticos, sejam eles com muita ou pequena quantidade de água, perenes ou temporários, evidenciam comportamento de patrulha e defesa territorial, possui um longo estágio de ninfa, que dependendo da espécie pode chegar a durar até dois anos, é um método de controle mais acessível devido ao seu baixo custo, além de que, tanta a sua fase de ninfa, como na fase adulta, o consumo das larvas do mosquito faz parte do seu regime alimentar, sendo consideradas como excelentes armadilhas bioecológicas.

PALAVRAS-CHAVE: Dengue. Controle biológico. Método alternativo.

PREDATORY CAPACITY OF DRAGONFLY NYMPHES (ODONATA) IN *Aedes Aegypti* larvae (DIPTERA: CULICIDAE)

ABSTRACT: As a result of the persistence of dengue and other arboviruses in Brazil, the government has intensified actions to combat the *Aedes aegypti* mosquito vector. The use of chemical products, the most widely used control method today, has numerous disadvantages in its use, as in addition to impacting human health and the environment, it induces mosquito resistance. Thus, studies in search of sustainable methodologies and promising attributes to nature and society are necessary in the current situation. In view of this, the use of dragonfly nymphs (Odonata) in the biological control of *Aedes aegypti* larvae has important and favorable characteristics, since these are skilled and competitive predators, colonizing different types of aquatic environments, whether with a large or small amount of water, perennial or temporary,

show patrolling behavior and territorial defense, has a long nymph stage, which depending on the species can last up to two years, is a more accessible method of control due to its low cost, in addition to As much in its nymph stage as in adulthood, the consumption of mosquito larvae is part of its diet, being considered excellent ecological traps.

KEYWORDS: Dengue. Biological control. Alternative method.

1 | INTRODUÇÃO

Os insetos são animais pertencentes ao filo dos artrópodes, que representam grande diversidade biológica com mais de um milhão de espécies registradas (FINKLER, 2013). Os mosquitos (Diptera: Culicidae), por sua vez, se destacam como o grupo de insetos com maior risco para a saúde pública, uma vez que são responsáveis pela transmissão de diversas doenças infecciosas e parasitárias causando milhões de mortes mundialmente (SHAD & ANDREW, 2013; BENELLI, 2015).

A dengue é um exemplo de doença viral transmitida por mosquito vetor que se espalha rapidamente pelo mundo, principalmente em países com climas tropicais e subtropicais (MURUNGAN et al., 2015; SAMANMALI et al., 2018). A organização Mundial da Saúde (OMS, 2016) estima que cerca de 50 milhões de infecções por dengue ocorrem anualmente e aproximadamente 2,5 bilhões de pessoas residem em países onde essa doença é endêmica. A maioria das infecções por dengue são leves, porém, em cerca de 10% dos casos, a doença progride para dengue hemorrágica, na qual o rompimento dos vasos sanguíneos pode levar à óbito (GÔUVEA, 2017).

O mosquito *Aedes aegypti* é o principal vetor da dengue e outras doenças virais, como febre amarela, zika e chikungunya (FAÇANHA & CAVALCANTE, 2012; AKRAM & ALI-KHAN, 2016). Alguns fatores contribuem para reprodução e proliferação do *A. aegypti* em ambientes urbanos, por exemplo: níveis elevados de precipitação, temperatura, crescimento urbano desordenado e aspectos socioeconômicos (SOBRAL & SOBRAL, 2019). No Brasil, no ano de 2015 devido ao grande número de casos de infecções por mosquitos transmissores e consequentemente agravamento das condições clínicas da população, o Ministério da Saúde declarou situação de Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional, enfatizando a necessidade de fortalecer as estratégias para controlar o mosquito vetor (BRASIL, 2015).

Atualmente, as estratégias de combate contra *A. aegypti* são agrupadas em três tipos de controle: mecânico, químico e biológico (SAMANMALI et al., 2018). Ao longo dos anos o controle de larvas e mosquitos adultos têm sido realizados por inseticidas organofosforados, no entanto, o uso desses produtos químicos apresenta impactos para a saúde humana e meio ambiente, além de induzirem resistência em várias espécies de mosquitos, incluindo mosquitos vetores da dengue (MENEZES, 2005; WALKER & LYNCH, 2007; KHAN et al., 2011; MURUNGAN et al., 2015). Por isso, os programas governamentais que atuam no controle da dengue, buscam métodos alternativos, inovadores e bioecológicos, que possam ser utilizados no combate dos mosquitos transmissores (WETERINGS et al., 2015).

Nesse contexto, uma alternativa promissora ao controle químico seria o controle biológico natural que tem como base a conservação e, se possível, o aumento dos predadores nativos (CARVALHO et al., 2020). Esse método consiste na utilização de inimigos biológicos (entomopatógenos, parasitoides ou geralmente predadores) contra estádios imaturos ou adultos dos mosquitos em seus micro-habitats naturais, representando baixo custo, facilidade de aplicação e abordagem ecológica (KUMAR & HWANG, 2006).

Há evidências na redução da densidade populacional de larvas de diferentes espécies de mosquitos pela ação de predadores aquáticos, como anfíbios (RAGHAVENDRA et al., 2008), peixes (CHANDRA et al., 2008), crustáceos (SU & MULLA, 2002), insetos aquáticos (ADITYA et al. 2004), ninfas de libélulas (SINGH et al., 2003) dentre outros. Destes predadores conhecidos, as libélulas (Odonata: Anisoptera) ainda são pouco exploradas, no entanto apresentam grande potencial para serem utilizadas em programas de controle biológico de mosquitos (MANDAL et al., 2008).

2 | O *Aedes aegypti* COMO UM VETOR DE DOENÇAS

O aumento da incidência de doenças causadas pelo *A. aegypti* está correlacionado à diversos fatores, como o crescimento intensivo dos sistemas de transporte globais, fazendo com que a dispersão dos vírus ocorra mais rapidamente, adaptação dos vetores à urbanização progressiva, dificuldade em conter a população de mosquitos, além das alterações no meio ambiente (ARAÚJO et al., 2015, GOULD et al., 2017). Outro ponto que dificulta o controle no Brasil está relacionado às condições ambientais ótimas para a permanência e disseminação desse vetor (GREGIANINI et al., 2017).

No ano de 2015 houve mais de dois milhões de casos notificados de dengue, sendo que 1,65 milhão foram registrados no Brasil, com 811 óbitos e taxa de incidência de 813 casos por 100 mil habitantes (Ministério da Saúde, 2015; DONALÍSIO et al., 2017). Agregado a isso, os recursos financeiros utilizados para o controle dessa doença no Brasil são tidos como o maior das Américas, equivalendo a 42% dos gastos totais referentes à doença no continente. Ademais, o Brasil apresentou os maiores gastos agregados para o período de 2000 a 2007 relacionados a dengue quando comparado a todos os países do hemisfério ocidental, com média de US\$ 1,35 bilhão/ano, levando em consideração custos diretos médicos e não médicos e custos indiretos (SHEPARD et al., 2011).

Em consequência disso, diversos países passaram a elaborar planos de contenção buscando diminuir os efeitos das arboviroses (NASH et al., 2017), sendo que o investimento em providências que pretendam controlar o vetor transmissor e reduzir os focos de proliferação são tão fundamentais quanto o desenvolvimento de vacinas e métodos diagnósticos (ZARA et al., 2016).

Em relação à prevenção das arboviroses, o Brasil conta com o Programa Nacional de Controle da Dengue, que tem como principal objetivo o controle do *A. aegypti*, tanto

através de profissionais, como também da população, por meio do apoio governamental e possui também o Programa Nacional de Apoio ao Combate às Doenças Transmitidas pelo *Aedes* (PRONAEDES), que possui como finalidade o financiamento de projetos de combate à proliferação das doenças transmitidas pelo vetor (ANDRADE et al., 2016). Contudo, devido ao elevado número de casos de arboviroses nos últimos anos no país, é possível entender que a efetividade dos programas na tentativa de reduzir as populações de vetores em níveis que poderiam interromper a transmissão das doenças ainda é baixa (ARAÚJO et al., 2015; ANDRADE et al., 2016).

Mesmo com recursos suficientes destinados ao controle do inseto, boa parte das vezes é difícil a sua execução, em virtude de que é necessária uma ação conjunta de toda a sociedade a fim de conter a disseminação do vetor (DONALÍSIO & GLASSER, 2002)

Devido às características adaptativas que permitem o mosquito se disseminar tanto em ambientes rurais como urbanos, torna o seu controle efetivo ainda mais difícil (DONALÍSIO et al., 2017). Cada inseto vive em média de 30 a 35 dias e nesse período as fêmeas fazem a postura dos ovos de quatro a seis vezes, o que pode originar até 1.500 novos mosquitos. Além disso, os ovos são espalhados em diversos criadouros, estratégia que garante a disseminação e a preservação da espécie, sendo necessária a adoção de estratégias que dificultem a sua propagação desde sua fase larval, que acontece na água (LOPES, 2015).

3 | ATRIBUTOS DAS LIBÉLULAS

As libélulas são os insetos que representam a ordem Odonata, nome que deriva do grego “Odon” que significa dente, referindo-se a suas mandíbulas fortes (RAMÍREZ, 2010). Essa ordem possui aproximadamente 5.600 espécies, divididas entre três grupos: Anisozygoptera (limitado à região asiática), Anisoptera e Zygoptera (GODÉ et al., 2015). Também são conhecidos popularmente pelos nomes de “jacinta”, “cavalo de judeu”, “chupeta”, “aviãozinho”, “lavadeira”, “lava bunda”, entre outros (RAMÍREZ, 2010).

Segundo o Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil, até 2015 foram registradas 849 espécies no país, divididas entre 14 famílias e 140 gêneros, com estimativa de haver 1.500 espécies, sendo a região Norte a que possui maior distribuição de táxons válidos de espécies (PINTO, 2015).

Os adultos possuem abdômen alongado e fino, o tórax dispõe de quatro asas membranosas com veias densas e reticuladas e na sua cabeça se destaca seus grandes olhos compostos e salientes, além de possuir aparelho bucal do tipo mastigador (HAMADA et al., 2014). Costumam voar perto de riachos, rios, lagoas e outros corpos de água doce ou salobra, onde as ninfas se desenvolvem e tendem a ser mais ativas em dias ensolarados (RAMÍREZ, 2010).

Estes insetos conseguem utilizar os mais diversos tipos de ambientes aquáticos, sejam eles com muita ou pequena quantidade de água, perenes ou temporários. Além disso,

há algumas espécies que possuem habitat bastante específico, como as fitotelmas, que são cavidades contendo água em plantas terrestres, como cascas de frutos, raízes, caules, bambus, axilas de plantas e bromélias (GODÉ et al., 2015).

São insetos hemimetábolos, tendo como principal característica o ciclo de vida dividido em três fases de desenvolvimento: ovo, ninfa e adulto (RAMÍREZ, 2010). Os adultos são terrestres/aéreos, responsáveis pela dispersão e reprodução através da postura dos ovos na vegetação ao redor do corpo d'água ou diretamente na água, enquanto as ninfas, também chamadas de náíades, representam o estágio aquático (SUBRAMANIAN, 2015).

O período de vida das libélulas varia de acordo com a espécie, sendo que o estágio ninfal é o de maior duração, podendo durar de dois meses até dois anos, enquanto que os insetos adultos tendem a viver de três a seis meses (RAMÍREZ, 2010; JUNIOR- ERTHAL, 2011).

Em relação ao seu hábito alimentar, são considerados predadores altamente eficientes, uma vez que são aptos de consumirem até 14% do seu peso, consumindo desde mosquitos, moscas, besouros, vespas, abelhas, pernilongos e até mesmo outras libélulas (GULLAN & CRANSTON, 2012).

As ninfas de libélulas se alimentam preferencialmente de invertebrados aquáticos encontrados em seus habitats naturais, incluindo estádios larvais do *A. aegypti* e mesmo na fase adulta esses insetos continuam sendo predadores das larvas do mosquito, conforme descrito na literatura (MURUNGAN et al., 2015; WETERINGS et al., 2015; AKRAM; ALI-KHAN, 2016; SAMANMALI et al., 2018; CARVALHO et al., 2020).

4 | CONTROLE BIOLÓGICO COM LIBÉLULAS

No Brasil, os inseticidas químicos têm sido o principal método de controle adotado pelos programas de manejo de pragas e insetos vetores de doenças. Porém, diante da problemática de resistência existente a esses compostos sintéticos, além dos malefícios causados ao meio ambiente de maneira geral, vêm se destacando pesquisas de novos métodos alternativos como uma alternativa promissora (SILVA FILHO, 2017).

O controle biológico pela utilização de predadores naturais de mosquitos transmissores apresenta características mais favoráveis à sustentabilidade, uma vez que se caracteriza como um sistema totalmente ecológico, de fácil manutenção, baixo custo econômico e não causa nenhum prejuízo ao meio ambiente (SILVA FILHO, 2017). Dessa forma, sabendo-se que as larvas de mosquitos constituem uma importante parte da dieta de predadores aquáticos, a sua utilização pode ajudar no combate ao vetor *A. aegypti*, diminuindo assim a incidência de infecções transmitidas por esse mosquito (CARVALHO et al., 2020).

As ninfas de Odonata, por sua vez, geralmente coexistem com muitas espécies imaturas de mosquitos e seu longo estágio de ninfa, além da sua habilidade predatória e competitiva, oferece uma boa oportunidade para usá-las como agentes biológicos, pois

estaria a mais tempo disponível no ambiente habitável pela presa (larvas do *A. aegypti*, por exemplo). Sendo assim, essas ninfas são consideradas como armadilhas ecológicas, já que estas capturam e consomem uma variada gama de organismos aquáticos, contribuindo para o controle de algumas espécies de mosquitos veiculadores de doenças (KRISTAN III, 2003).

Além disso, outras vantagens dos odonatas estão no fato de que essa ordem possui características vantajosas na colonização dos ambientes, podendo ocupar qualquer tipo de habitat de água doce; suas ninfas são capazes de suportar distúrbios ambientais, além de serem relativamente sedentárias; os insetos adultos apresentam uma excelente capacidade de disseminação e rápido restabelecimento em habitats adequados; são insetos que evidenciam comportamento de patrulha e defesa territorial realizado nos ambientes aquáticos; tanto a fase de ninfa como o adulto são predadores vorazes, exercendo um serviço ambiental ou ecossistêmico, além de que esses insetos podem ser facilmente identificados em suas respectivas espécies (HAMADA et al., 2014; CARVALHO, 2020;).

Outro ponto importante é que o controle biológico de *A. aegypti* com ninfas de libélulas possui custos muito mais acessíveis do que os gastos exorbitantes que os órgãos governamentais precisam desembolsar com o controle químico (FAITHPRAISE, 2014). Apenas no ano de 2012 foram gastos 1,25 bilhões de reais com o controle desse vetor no Brasil (BRASIL, 2015a).

Na literatura existem algumas pesquisas desenvolvidas nessa perspectiva, corroborando com as informações de que ninfas de Odonata são eficazes para diminuição da população de *A. aegypti* (AKRAM & ALI-KHAN, 2016). No entanto, se faz necessários estudos mais aprofundados para o desenvolvimento de procedimentos seguros e eficazes, que avaliem possíveis espécies que possam ser mais eficientes na predação, além de analisar a probabilidade de haver desbalanços na cadeia alimentar com o aumento do número de libélulas e verificar formas mais eficientes para preservar os insetos cumprindo esse papel (CARVALHO et al., 2020).

REFERÊNCIAS

ADITYA, G.; BHATTACHARYYA, S.; KUNDU, N.; SAHA, G. K.; RAUT, S. K. Predatory efficiency of the water bug *Sphaerodema annulatum* on mosquito larvae (*Culex quinquefasciatus*) and its effect on the adult emergence. **Bioresource Technology**, v. 95, n. 2, p. 169-172, 2004.

AKRAM, W.; ALI-KHAN, H. A. Odonate nymphs: generalist predators and their potential in the management of dengue mosquito, *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Journal of arthropod-borne diseases**, v. 10, n. 2, p. 252, 2016.

ANDRADE, P. P. DE; ARAGÃO, F. J. L.; WALTER, C.; DELLAGOSTIN, O. A.; FINARDI-FILHO, F.; HIRATA, M. H.; LIRA-NETO, A. DE. C.; MELO, M. A. DE.; NEPOMUCENO, A. L.; NÓBREGA, F. G. DA.; SOUSA, G. D. DE.; VALICENTE, F. H.; ZANETTINI, M. H. B. Use of transgenic *Aedes aegypti* in Brazil: risk perception and assessment. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 94, n. 10, p. 766-771, 2016.

ARAÚJO, H. R. C.; CARVALHO, D. O.; IOSHINO, R. S.; COSTA-DA-SILVA, A. L.; CAPURRO, M.

L. *Aedes aegypti* control strategies in Brazil: incorporation of new technologies to overcome the persistence of dengue epidemics. **Insects**, v. 6, n. 2, p. 576-594, 2015.

BENELLI, G. Research in mosquito control: current challenges for a brighter future. **Parasitology research**, v. 114, n. 8, p. 2801-2805, 2015.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Sistema de Coordenação e Controle para intensificar as ações de mobilização e combate ao mosquito**. Diretriz Geral SNCC/2015.

BRASIL. Portal Brasil. 2015a. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/saude/2015/04/orcamento-2015-para-acoes-de-combate-a-dengue-cresce-37,2015>>. Acesso em: 16 Set 2021.

CARVALHO, G.; COZZER, G. D.; SOUZA-REZENDE, R.; DAL-MAGRO, J.; SIMÕES, D. A. Efeito sinérgico do BTI e predação sobre a mortalidade de larvas do mosquito *Aedes aegypti* (LINNAEUS, 1762). **Revista Acta Ambiental Catarinense**, v. 17, n. 1, p. 10-16, 2020.

CHANDRA, G.; BHATTACHARJEE, I.; CHATTERJEE, S. N.; GHOSH, A. Mosquito control by larvivorous fish. **Indian Journal of Medical Research**, v. 127, n. 1, p. 13, 2008.

DONALISIO, M.; GLASSER, C. Vigilância entomológica e controle de vetores do dengue. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 5, n. 3, p. 259-279, 2002.

DONALISIO, M. R.; FREITAS, A. R. R.; VON, A. P. B. Z. Arboviroses emergentes no Brasil: desafios para a clínica e implicações para a saúde pública. **Revista de Saúde Pública**, v. 51, n. 30, p. 1-6, 2017.

FAÇANHA, M. C.; CAVALCANTE, L. P. G. Doenças emergentes e reemergentes. In: ROUQUAYROL, M. Z.; GURGEL, M. (Org.) **Epidemiologia e Saúde**. 8 ed. Rio de Janeiro: MEDBOOK. 2017, p. 217-238.

FAITHPRAIESE, F. O.; IDUNG, J.; USIBE, B.; CHATWIN, C. R.; YOUNG, R.; BIRCH, P. Natural control of the mosquito population via Odonata and Toxorhynchites. **International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology**, v. 3, n. 5, p. 1-14, 2014.

FINKLER, C. L. L. Controle de insetos: uma breve revisão. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônoma**, v. 8, p. 169-189, 2013.

GODÉ, L.; PERUQUETTI, P. F. 2015. Libélulas (Odonata) da Reserva Biológica de Pedra Talhada. In: STUDER, A., L.; NUSBAUMER; SPICHIGER, R. (Eds.). Biodiversidade da Reserva Biológica de Pedra Talhada (Alagoas, Pernambuco - Brasil). **Boissiera**, v. 68, p. 199-203, 2015.

GOULD, E.; PETTERSSON, J.; HIGGS, S.; CHARREL, R.; DE LAMBALLERIE, X. Emerging arboviruses: why today? **One Health**, v. 4, p. 1-13, 2017.

GREGIANINI, T. S.; RANIERI, T.; FAVRETO, C.; NUNES, Z. M. A.; GIANNINI, G. L. T.; SANBERG, N. D.; ROSA, M. T. M. DA; VEIGA, A. B. G. DA. Emerging arboviruses in Rio Grande do Sul, Brazil: Chikungunya and Zika outbreaks, 2014-2016. **Reviews in Medical Virology**, v. 27, n. 6, p. 1-10, 2017.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Os insetos: um resumo de entomologia**. 4° ed. São Paulo: Roca, 2012, 480 p.

HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Manaus: Editora do INPA, 2014 722 p.

JUNIOR-ERTHAL, M. Controle biológico de insetos pragas. I Seminário Mosaico Ambiental: Olhares sobre o Ambiente. **Anais [...]** Campos do Goytacazes/RJ. 2011.

KRISTAN III, W. B. The role of habitat selection behavior in population dynamics: source–sink systems and ecological traps. **Oikos**, v. 103, n. 3, p. 457-468, 2003.

KUMAR, R.; HWANG, J. S. Larvicidal efficiency of aquatic predators: a perspective for mosquito biocontrol. **Zoological studies-taipei-**, v. 45, n. 4, p. 447, 2006.

LOPES, M. A. O que aprendemos com o Manejo Integrado de Pragas (MIP) da agricultura para o controle do *Aedes aegypti*. **Revista de Política Agrícola**, v. 24, n. 4, p. 134-136, 2015.

MANDAL, S. K.; GHOSH, A.; BHATTACHARJEE, I.; CHANDRA, G. Biocontrol efficiency of odonate nymphs against larvae of the mosquito, *Culex quinquefasciatus* Say, 1823. **Acta Tropica**, v. 106, n. 2, p. 109-114, 2008.

MENEZES, E. L. A. Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola. Seropédica, Rio de Janeiro: Embrapa Agrobiologia, 2005. 58p

Ministério da Saúde (Brasil). Secretaria de Vigilância em Saúde. Monitoramento dos casos de dengue, febre de chikungunya e febre pelo vírus Zika até a Semana Epidemiológica 52. **Boletim Epidemiológico**, v. 47, n. 3, p. 1-7, 2015.

MURUGAN, K.; SANOOPA, C. P.; MADHIYAZHAGAN, P.; DINESH, D.; SUBRAMANIAM, J.; PANNEERSELVAM, C.; BENELLI, G. Rapid biosynthesis of silver nanoparticles using *Crotalaria verrucosa* leaves against the dengue vector *Aedes aegypti*: what happens around? An analysis of dragonfly predatory behaviour after exposure at ultra-low doses. **Natural product research**, v. 30, n. 7, p. 826-833, 2015.

NASH, S.; KOTZKY, K.; ALLEN, J.; BERTOLLI, J.; MOORE, C. A.; PEREIRA, I. O.; PEACOCK, G. Health and development at age 19–24 months of 19 children who were born with microcephaly and Laboratory Evidence of Congenital zika virus infection during the 2015 zika virus outbreak — Brazil. **MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report**, v. 49, n. 66, p. 1347–1351, 2017.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Special Programme for Research, Training in Tropical Diseases, World Health Organization, Epidemic, Pandemic Alert. **Dengue: guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control**, v.8, 2016.

PINTO, A. P. 2015. Odonata in **Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. PNUD. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/171>>. Acesso em: 20 Set. 2021

RAGHAVENDRA, K.; SHARMA, P.; DASH, A. P. Biological control of mosquito populations through frogs: opportunities & constrains. **Indian Journal of Medical Research**, v. 128, n. 1, p. 22, 2008.

RAMÍREZ, A. Odonata. **Revista de Biología Tropical**, v. 58, n. 4, p. 97-136, 2010.

SAMANMALI, C.; UDAYANGA, L.; RANATHUNGE, T.; PERERA, S. J.; HAPUGODA, M.; WELIWITIYA, C. Larvicidal potential of five selected dragonfly nymphs in Sri Lanka over *Aedes aegypti* (Linnaeus) larvae under laboratory settings. **BioMed research international**, v. 2018, n. 1, p. 1-10, 2018.

SHAD, A.; ANDREW, J. Original Research Article A Study on the Predatory Potency of Dragonfly , *Bradinopyga geminata* Nymphs over the Immature Stages of the Filarial Vector, *Culex quinquefasciatus* Say. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 2, n. 4, p. 172-82, 2013.

SHEPARD, D. S.; COUDEVILLE, L.; HALASA, Y. A.; ZAMBRANO, B.; DAYAN, G. H. Economic impact of dengue illness in the Americas. **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 84, n. 2, p. 200-2007, 2011.

SILVA FILHO, E. S. **Eficiência de ninfas de libélula (Odonata) como potenciais predadores de larvas de *Aedes aegypti*, em condições laboratoriais em São Cristóvão, Sergipe**. 35 p. Monografia (Tecnólogo em Agroecologia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe, São Cristóvão, 2017.

SINGH, R. K.; DHIMAN, R. C.; SINGH, S. P. Laboratory studies on the predatory potential of dragon-fly nymphs on mosquito larvae. **The Journal of communicable diseases**, v. 35, n. 2, p. 96-101, 2003.

SOBRAL, M. F. F.; SOBRAL, A. I. G. P. Casos de dengue e coleta de lixo urbano: um estudo na Cidade do Recife, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, p. 1075-1082, 2019. .

SU, TIANYUN; MULLA, MIR S. Spatial occurrence and hatch of field eggs of the tadpole shrimp *Triops newberryi* (Notostraca: Triopsidae), a potential biological control agent of immature mosquitoes. **Journal of vector ecology**, v. 27, n. 1, p. 128-137, 2002.

SUBRAMANIAN, K. A. **A checklist of Odonata (Insecta) of India**. 2014. Zoological survey of India, Maharashtra, India, v. 871, 37 p.

WALKER, K; LYNCH, M. Contributions of Anopheles larval control to malaria suppression in tropical Africa: review of achievements and potential. **Medical and Veterinary Entomology**, v. 21, n. 1, p. 2–21, 2007.

WETERINGS, R.; UMPONSTIRA, C.; BUCKLEY, H. L. Predation rates of mixed instar Odonata naiads feeding on *Aedes aegypti* and *Armigeres moultoni* (Diptera: Culicidae) larvae. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 18, n. 1, p. 1-8, 2015.

ZARA, A. L. S. A.; SANTOS, S. M.; OLIVEIRA, E. S. F.; CARVALHO, R. G.; COELHO, G. E. Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 2, n. 25, p. 391-404, 2016.

SOBRE OS ORGANIZADORES

PEDRO HENRIQUE ABREU MOURA - Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Mestre e Doutor em Agronomia/Fitotecnia pela mesma instituição, onde também realizou pós-doutorado na área de fruticultura. Desde 2015, atua como pesquisador na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), lotado no Campo Experimental de Maria da Fé. Desenvolve pesquisa e extensão nas áreas de Olivicultura e Fruticultura. Participa na organização de eventos de transferência e difusão de tecnologias para produtores, técnicos e estudantes, bem como ações de popularização da Ciência para a comunidade em geral. É membro do corpo editorial da Atena Editora. Possui experiência na área de Fruticultura, principalmente no manejo de oliveira e de outras frutíferas de clima temperado.

VANESSA DA FONTOURA CUSTÓDIO MONTEIRO - Doutora (2017) e mestra (2014) em Botânica Aplicada pela Universidade Federal de Lavras. Possui pós-graduação *lato sensu* em Avaliação de Flora e Fauna em Estudos Ambientais (2011) pela mesma instituição. Bacharel em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário de Barra Mansa (2009) e licenciada pela Universidade Vale do Rio Verde (2011). É membro do corpo docente dos cursos de Ciências Biológicas e Administração da Universidade do Vale do Sapucaí (UNIVÁS). No ensino superior, já atuou como professora formadora no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), e ocupou o cargo de professor substituto na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Também já ministrou aulas de Biologia no Cursinho Assistencial e Centro de Inteligência e Cultura (CACIC). Foi bolsista de Apoio Técnico na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) - Campo Experimental de Maria da Fé. É membro do corpo editorial da Atena Editora. Possui experiência na área de Botânica, com ênfase em Ecofisiologia Vegetal, Ecologia e Educação Ambiental.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abordagem 7, 10, 98, 100, 167, 176, 230

Agricultura 3, 1, 2, 3, 6, 7, 17, 20, 21, 24, 29, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 58, 59, 61, 65, 87, 89, 90, 91, 95, 97, 98, 99, 116, 119, 121, 122, 124, 125, 127, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 144, 145, 150, 151, 156, 157, 166, 183, 193, 199, 221, 222, 224, 227, 235

Agricultura familiar 1, 2, 3, 7, 29, 38, 39, 40

Agricultura orgânica 87, 89, 90, 91

Agricultura verde 135

Agroecologia 3, 4, 1, 3, 4, 6, 7, 19, 29, 35, 39, 131, 132, 236

Agronegócio 11, 40, 42, 78, 86, 98, 99, 100, 101, 105, 106, 107, 108, 109, 121, 123

Agronomía 21, 158, 166

Agropecuária 43, 62, 63, 64, 74, 85, 102, 119, 133, 237

Agrossilvipastoril 41, 43

Agrotóxicos 4, 5, 30, 31, 35, 39, 120, 124, 125, 140, 145

Água 8, 1, 4, 12, 41, 52, 79, 114, 115, 120, 121, 136, 139, 145, 147, 148, 151, 152, 173, 209, 210, 211, 213, 218, 220, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 231, 232, 233

Amazônia 4, 8, 9, 10, 15, 17, 18, 19, 62, 110, 120, 167, 209, 234

B

Biosólidos 7, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166

Bombeamento 8, 223, 224, 227

C

Colheita 9, 15, 16, 19, 36, 139

Contabilidade rural 76, 79, 80

Controle biológico 3, 4, 111, 113, 114, 116, 118, 119, 121, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 228, 230, 232, 233, 235

Crédito rural 5, 6, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109

Culturas 9, 13, 14, 16, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 46, 47, 57, 58, 65, 77, 78, 112, 115, 116, 126, 127, 128, 130, 211, 224

D

Dengue 228, 229, 230, 233, 234, 235, 236

Desempenho 16, 18, 39, 65, 174, 176, 180, 209, 210, 211, 221

Desenvolvimento sustentável 7, 10, 19, 40, 85, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 179, 180, 181

Diversidade biológica 229

E

Eficiência econômica 29

Efluentes industriais 158, 159

Embalagens 144, 145, 148, 150

Energia fotovoltaica 182, 184

Espécies 9, 10, 12, 13, 14, 18, 42, 51, 60, 61, 78, 79, 103, 111, 112, 114, 115, 116, 145, 146, 229, 230, 231, 232, 233

F

Fungos entomopatogênicos 110, 111, 112, 113, 114, 116, 119

G

Geoprocessamento 41, 43, 48, 54, 58

Gestão 7, 3, 6, 40, 62, 106, 109, 131, 135, 172, 180, 181, 190

I

ILPF 41, 42, 43, 44, 45, 48, 53, 61, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 74

Impacto ambiental 32, 138, 144

Indicadores 2, 3, 7, 19, 23, 26, 27, 50, 64, 65, 66, 73, 74, 95, 167, 170, 171, 173, 174, 175, 180, 183

Inflação 167, 170, 174, 176, 177, 178, 179, 180

Inseto-praga 121

M

Manejo 5, 12, 15, 16, 18, 19, 20, 23, 24, 26, 28, 43, 51, 62, 64, 66, 73, 74, 77, 79, 88, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 112, 113, 114, 115, 116, 121, 125, 127, 128, 130, 131, 133, 137, 138, 139, 157, 182, 183, 190, 191, 192, 193, 196, 197, 198, 199, 200, 202, 207, 211, 221, 232, 235, 237

Meteorológico 210

Método alternativo 228

N

Nanotecnologia 6, 7, 134, 135, 136, 137, 138, 140, 141

Nanotecnologia ambiental 135

P

Plantas 4, 5, 14, 15, 16, 18, 62, 65, 67, 76, 78, 79, 81, 84, 91, 92, 113, 121, 122, 123, 124, 128, 129, 130, 132, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 145, 157, 160, 204, 210, 218, 222, 232

Polímero repelente 144, 145

Produção 2, 3, 4, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 43, 46, 51, 66, 71, 72, 76, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 85, 99, 101, 102, 103, 104, 106, 107, 110, 112, 113, 114, 116, 118, 121, 122, 123, 124, 129, 131, 132, 133, 135, 137, 138, 139, 141, 150, 151, 152, 171, 172, 174, 175, 179, 181, 211, 221, 222

Productores 5, 2, 5, 6, 19, 22, 26, 30, 32, 34, 37, 39, 41, 43, 64, 65, 66, 70, 73, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 94, 95, 96, 97, 116, 120, 122, 139, 150, 156, 169, 173, 175, 180, 200

Q

Qualidade 64, 74

R

Recursos hídricos 51, 52, 182, 190, 222, 223

Regressão linear 7, 167, 170, 171, 175, 176, 177, 179, 180

Remediation 143, 159, 166

Roda d'água 223, 224, 225, 226, 227

S

Segurança alimentar 1, 2, 3, 5, 7, 9, 18, 19, 137

Silvipastoril 5, 43, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86

Sistema agroflorestal 4, 8, 9, 14, 16, 17, 18, 19, 66, 67

Solo 4, 9, 12, 13, 16, 34, 35, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 60, 61, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 78, 79, 85, 95, 96, 102, 120, 121, 122, 127, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 164, 173, 204, 209, 210, 211, 218

Suelos contaminados 158, 159, 160, 164, 165

Sustentabilidade 3, 3, 14, 17, 29, 30, 33, 38, 40, 43, 76, 77, 78, 86, 115, 116, 125, 127, 135, 136, 144, 156, 168, 169, 170, 171, 172, 179, 181, 232

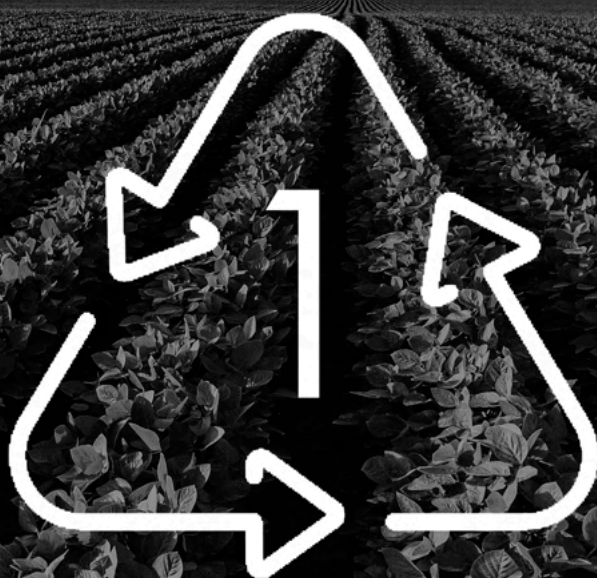
Sustentável 7, 9, 10, 19, 30, 36, 40, 61, 64, 65, 74, 76, 78, 84, 85, 108, 121, 123, 127, 132, 133, 134, 135, 136, 138, 156, 157, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 179, 180, 181, 190

V

Vegetação 4, 13, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 210, 232

Viabilidade 4, 5, 10, 19, 29, 30, 35, 36, 38, 76, 77, 79, 80, 81, 85, 86, 104, 106, 113, 114, 172, 213

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, INDICADORES E SISTEMAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEIS



🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena
Editora
Ano 2021

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, INDICADORES E SISTEMAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEIS



 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br


Ano 2021