

ENGENHARIA AGRONÔMICA:

Ambientes Agrícolas e
seus Campos de Atuação



Tamara Rocha dos Santos
(Organizadora)

Atena
Editora
Ano 2021

ENGENHARIA AGRONÔMICA:

Ambientes Agrícolas e
seus Campos de Atuação



Tamara Rocha dos Santos
(Organizadora)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

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.



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 Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaió – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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 Gírlene 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 Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Engenharia agrônômica: ambientes agrícolas e seus campos de atuação

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Tamara Rocha dos Santos

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia agrônômica: ambientes agrícolas e seus campos de atuação / Organizadora Tamara Rocha dos Santos. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-044-2

DOI 10.22533/at.ed.442210605

1. Agronomia. I. Santos, Tamara Rocha dos (Organizadora). II. 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.

APRESENTAÇÃO

A “Engenharia Agrônômica: Ambientes Agrícolas e seus Campos de Atuação” é uma obra que apresenta dentro de seu contexto amplas visões que reflete em ambientes agrícolas e seus campos de atuação trazendo inovações tecnológicas e sustentáveis que proporciona em melhorias sociais, ambientais e econômicas para toda comunidade agrária.

A coleção é baseada na discussão científica através de diversos trabalhos que constitui seus capítulos. Os volumes abordam de modo agrupado e multidisciplinar pesquisas, trabalhos, revisões e relatos de que trilham nos vários caminhos da Engenharia Agrônômica.

O objetivo principal foi apresentar de modo agrupado e conciso a diversidade e amplitude de estudos desenvolvidos em inúmeras instituições de ensino e pesquisa do país. Inicialmente são apresentados trabalhos relacionados a sustentabilidade, envolvendo questões agroecológicas, produção orgânica e natural, e suas relações sociais. Em seguida são contemplados estudos acerca de inovações tecnológicas do meio rural, que abrange qualidade de sementes, nutrição mineral, mecanização, genética, dentre outros. Na sequência são expostos trabalhos voltados à irrigação e manejo do solo, envolvendo processos hídricos, sistemas agroflorestais e adubação.

A obra apresenta-se como atual, com pesquisas modernas e de grande relevância para o país. Apresenta distintos temas interessantes, discutidos aqui com a proposta de basear o conhecimento de acadêmicos, mestres, doutores e todos que de algum modo se dedicam pela Engenharia Agrônômica. Abrange todas regiões do país, valorizando seus diferentes climas e hábitos.

Inicialmente são apresentados trabalhos relacionados a sustentabilidade, envolvendo questões agroecológicas, produção orgânica e natural, e suas relações sociais. Em seguida são contemplados estudos acerca de inovações tecnológicas do meio rural, que abrange qualidade de sementes, nutrição mineral, mecanização, genética, dentre outros. Na sequência são expostos trabalhos voltados à irrigação e manejo do solo, envolvendo processos hídricos, sistemas agroflorestais e adubação.

Assim a obra Engenharia Agrônômica: Ambientes Agrícolas e seus Campos de Atuação expõe um conceito bem fundamentado nos resultados práticos atingidos pelos diversos educadores e acadêmicos que desenvolveram arduamente seus trabalhos aqui apresentados de modo claro e didático. Sabe-se da importância da divulgação científica, portanto ressalta-se também a organização da Atena Editora habilitada a oferecer uma plataforma segura e transparente para os pesquisadores exibirem e disseminarem seus resultados.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE PRODUÇÃO DE *Beauveria bassiana* EM FERMENTAÇÃO SUBMERSA

Aloisio Freitas Chagas Junior
Lillian França Borges Chagas
Rodrigo Silva de Oliveira
Albert Lennon Lima Martins
Flávia Luane Gomes
Lisandra Lima Luz
Kellen Ângela O. de Sousa
Manuella Costa Souza
Celso Afonso Lima
Paulo Alexandre Rodrigues Pereira
Hollavo Mendes Brandão
Brigitte Sthepani Orozco Colonia

DOI 10.22533/at.ed.4422106051

CAPÍTULO 2..... 14

ALTERNATIVAS DE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO CÂNHAMO INDUSTRIAL (*Cannabis sativa* L.)

Dilma Francisca de Paula
Kassio Ferreira Mendes
Maura Gabriela da Silva Brochado
Ana Flávia Souza Laube
Rafael D'Angieri
Paulo Sérgio Ribeiro de Souza

DOI 10.22533/at.ed.4422106052

CAPÍTULO 3..... 39

USO DE BIOESTIMULANTES EM SEMENTES DE FEIJÃO-MUNGO-VERDE SUBMETIDAS AO ESTRESSE DE ALTAS TEMPERATURAS E UMIDADE

Sabrina Cássia Fernandes
Adriano Maltezo da Rocha
Eslaine Camicheli Lopes
Lucas Eduardo Batista da Cruz
Wagner Gervázio

DOI 10.22533/at.ed.4422106053

CAPÍTULO 4..... 55

IMPORTÂNCIA DO CARÁ-DE-ESPINHO (DIOSCOREA CHONDROCARPA GRISEB - DIOSCOREACEAE) NO CONTEXTO SEGURANÇA ALIMENTAR PARA OS POVOS DA AMAZÔNIA

Eleano Rodrigues da Silva
Sonia Sena Alfaia
Luiz Antonio de Oliveira

Robert Corrêa Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.4422106054

CAPÍTULO 5..... 73

ANÁLISE E PROSPECÇÃO DO CONSUMO DE PRODUTOS ORGÂNICOS EM TEIXEIRA DE FREITAS - BAHIA

Breno Meirelles Costa Brito Passos

Lívia Santos Lima Lemos

Jeilly Vivianne Ribeiro da S. B. de Carvalho

Luanna Chácara Pires

Reinan do Carmo Souza

Mariana Abaeté dos Santos

Gerald Gomes Alves

Mariana Pereira Calais

DOI 10.22533/at.ed.4422106055

CAPÍTULO 6..... 84

RESISTÊNCIA TÊNIL E FRIABILIDADE DOS AGREGADOS DO SOLO CULTIVADO COM MORANGO ORGÂNICO SOB SISTEMAS DE MANEJO

Daiane de Fátima da Silva Haubert

Camila Pereira Cagna

Nádia Silva Salatta

Roberto de Assis de Sousa Junior

DOI 10.22533/at.ed.4422106056

CAPÍTULO 7..... 89

AGRICULTURA FAMILIAR E A INTER-RELAÇÃO COM O DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL: UM ESTUDO DE CASO NO EXTREMO OESTE PAULISTA

Júlio Martins Jerônimo Muhongo

Silvia Cristina Vieira Gomes

Beatriz Vieira Gomes

DOI 10.22533/at.ed.4422106057

CAPÍTULO 8..... 102

AVALIAÇÃO DE BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO EM SEMENTES E PLANTAS DE FEIJÃO CAUPI EM ARINOS – MG

Luana da Silva Botelho

Ítalo Rodrigues Mesquita

Diorny da Silva Reis

Francisco Valdevino Bezerra Neto

DOI 10.22533/at.ed.4422106058

CAPÍTULO 9..... 113

AGRICULTURA NATURAL DE MOKITI OKADA APLICADA NO CULTIVO DE HORTIFRUTI NO ASSENTAMENTO ÁGUA LIMPA – PRESIDENTE BERNARDES – SP

Anderson Murilo de Lima

Alba Regina Azevedo Arana

Maíra Rodrigues Uliana

DOI 10.22533/at.ed.4422106059

CAPÍTULO 10..... 126

INFLUÊNCIA DOS INIMIGOS NATURAIS DE SOLO NA OCORRÊNCIA DE DANOS DA BROCA DA BATATA-DOCE (*EUSCEPES POSTFASCIATUS* – COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)

Douglas da Silva Ferreira
Camila Costa Gomes
Thailla Maria Costa Lisboa
Marcelo Perrone Ricalde
Janaina Ribeiro Costa Rouws
Alessandra de Carvalho Silva

DOI 10.22533/at.ed.44221060510

CAPÍTULO 11..... 128

ECOFEMINISMO: MULHERES E POVOS RUMO À UMA CULTURA SUSTENTÁVEL

Bárbara Nascimento Flores
Salvador Dal Pozzo Trevizan

DOI 10.22533/at.ed.44221060511

CAPÍTULO 12..... 138

CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA E PRODUTIVA DA PECUARIA FAMILIAR NA COMUNIDADE CAIP, PARAGOMINAS – PA

David Deivson de Sousa Castro
Janiele Bittencourt Barbosa
Carlos Douglas de Sousa Oliveira
Rafael Aquino de Oliveira
Antonia Simone Farias da Silva
Waldjânio de Oliveira Melo
Marcos Samuel Matias Ribeiro
Bruno Cabral Soares

DOI 10.22533/at.ed.44221060512

CAPÍTULO 13..... 154

PHYTOCHEMICAL PROFILE AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF RAW EXTRACTS FROM *Richardia brasiliensis* GOMES (POAIA-BRANCA)

Fernanda Farisco
Jhonatas Emilio Ribeiro da Cruz
Marcos de Souza Gomes
Enyara Rezende Moraes

DOI 10.22533/at.ed.44221060513

CAPÍTULO 14..... 166

SISTEMA AGROFLORESTAL SEMENTE VIVA: INICIATIVA ESTUDANTIL NA CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA DE CULTIVO AGROECOLÓGICO

Mariana Manzato Tebar
Marianne de Souza Santos

DOI 10.22533/at.ed.44221060514

CAPÍTULO 15.....	173
DESEMPENHO DE SEMENTES DE MILHO TRATADAS COM PRODUTOS ALTERNATIVOS	
Fernando Roberto Cologni	
Marlene Cristina de Oliveira Laurindo	
DOI 10.22533/at.ed.44221060515	
CAPÍTULO 16.....	186
COMPONENTE ARBÓREO DA UFSM - CAMPUS CACHOEIRA DO SUL: UMA CONTRIBUIÇÃO AO PAISAGISMO SUSTENTÁVEL	
Viviane Dal-Souto Frescura	
Dulce Vitória Machado da Silveira	
Felipe Turchetto	
DOI 10.22533/at.ed.44221060516	
CAPÍTULO 17.....	192
DIVERSIDADE SOCIOCULTURAL DAS/OS ESTUDANTES DO IFBA – CAMPUS SEABRA, ORIUNDAS/OS DAS ZONAS RURAIS DO TERRITÓRIO DA CHAPADA DIAMANTINA	
Claiver Maciel de Souza	
Jeovângela de Matos Rosa Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.44221060517	
CAPÍTULO 18.....	216
VÍRUS ENTOMOPATOGÊNICO NO CONTROLE BIOLÓGICO DA LAGARTA-DA-SOJA (<i>Anticarsia gemmatalis</i>, HÜBNER, 1818): REVISÃO	
Clenivaldo Pires da Silva	
Michele Harumi Motoyama	
Andrea Sabag Duarte	
Emmanuel Predestin	
Helio Conte	
DOI 10.22533/at.ed.44221060518	
SOBRE A ORGANIZADORA.....	228
ÍNDICE REMISSIVO.....	229

CAPÍTULO 1

AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE PRODUÇÃO DE *Beauveria bassiana* EM FERMENTAÇÃO SUBMERSA

Data de aceite: 03/05/2021

Data de submissão: 06/04/2021

Aloisio Freitas Chagas Junior

Prof. Universidade Federal do Tocantins
Gurupi -TO
<http://lattes.cnpq.br/9286795171322846>

Lillian França Borges Chagas

Universidade Federal do Tocantins UFT
Gurupi – TO
<http://lattes.cnpq.br/6412767227344500>

Rodrigo Silva de Oliveira

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi -TO
<http://lattes.cnpq.br/8864662648525817>

Albert Lennon Lima Martins

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi -TO
<http://lattes.cnpq.br/6846570980484580>

Flávia Luane Gomes

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO
<http://lattes.cnpq.br/6868051909051202>

Lisandra Lima Luz

Universidade Federal do Tocantins UFT
Gurupi – TO
<http://lattes.cnpq.br/6204830132230633>

Kellen Ângela O. de Sousa

Universidade Federal do Tocantins UFT
Gurupi – TO
<http://lattes.cnpq.br/5604850625107241>

Manuella Costa Souza

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO
<http://lattes.cnpq.br/0256046793020150>

Celso Afonso Lima

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO
<http://lattes.cnpq.br/0782819751659217>

Paulo Alexandre Rodrigues Pereira

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO
<http://lattes.cnpq.br/7147317852959004>

Hollavo Mendes Brandão

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO
<http://lattes.cnpq.br/2330147998311663>

Brigitte Sthepani Orozco Colonia

Universidade Federal do Paraná
Curitiba – PR
<http://lattes.cnpq.br/6836533722856963>

RESUMO: O fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* vem sendo muito utilizado como constituinte ativo de produtos para controle biológico e como uma alternativa ao uso de inseticidas químicos. O fungo produz enzimas e metabólitos capazes de ocasionar a morte do hospedeiro. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros de produção de *Beauveria bassiana* em fermentação submersa em dois diferentes meios de cultura líquidos. O experimento foi realizado no laboratório de microbiologia da Universidade Federal do

Tocantins (UFT). Foram realizadas análises de bancada (150 mL e 300 mL) em shaker orbital (120 rpm, 28 °C) e em larga escala (50 L) em biofábrica (rotação desconhecida, 42,8 °C), durante 9 e 7 dias respectivamente. Foi analisado os seguintes parâmetros de produção: conídeos mL⁻¹, UFC mL⁻¹, BRIX, pH e biomassa. Foi constatado o dimorfismo de *Beauveria* quando em meio líquido, semelhante a morfologia dela quando se encontra na hemolinfa de insetos, ou seja, em estágio leveduriforme. Os resultados alcançaram a potência de 10⁹ conídios mL⁻¹ e 10⁷ UFC mL⁻¹. Dos dois meios utilizados, o de levedura foi o que obteve melhores resultados (57,18% maior para conídios mL⁻¹ e 39,47% maior para UFC mL⁻¹). Além disso, foi possível constatar que o tempo de fermentação ideal em larga escala para evitar possíveis contaminações é de 3 dias, onde observou-se uma quantidade de 10⁹ conídios mL⁻¹ e 10⁷ UFC mL⁻¹ no meio levedura e de 10⁹ conídios mL⁻¹ e 10⁴ UFC mL⁻¹ no meio Vogel.

PALAVRAS-CHAVE: Biofábrica. Nutrição microbiana. Processos fermentativos.

EVALUATION OF PRODUCTION PARAMETERS OF *Beauveria bassiana* IN SUBMERSED FERMENTATION

ABSTRACT: The entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* is being widely used as an active constituent of products for biological control and as an alternative to the use of chemical insecticides. The fungus produces enzymes and metabolites capable of causing the death of the host. Therefore, the objective of this work was to evaluate the production parameters of *Beauveria bassiana* in submerged fermentation in two different liquid culture media. The experiment was carried out in the microbiology laboratory of the Federal University of Tocantins (UFT). (150 mL and 300 mL) were analyzed in orbital shaker (120 rpm, 28 °C) and large scale (50 L) in bioreactor (unknown rotation, 42.8 °C) during 9 and 7 days respectively. The following production parameters were analyzed: conidia mL⁻¹, CFU mL⁻¹, °BRIX, pH, and biomass. It was verified the dimorphism of *Beauveria* in liquid medium, similar to its morphology when it is found in the hemolymph of insects, that is, in the yeast stage. The results reached the potency of 10⁹ conidia mL⁻¹ and 10⁷ UFC mL⁻¹. Out of the two medias used, yeast medium was the one that obtained the best results (57.18% higher for conidia mL⁻¹ and 39.47% higher for CFU mL⁻¹). In addition, it was possible to verify that the ideal fermentation time in a large scale to avoid possible contamination is 3 days, where 10⁹ conidia mL⁻¹ and 10⁷ CFU mL⁻¹ were observed in the yeast medium and 10⁹ conidia mL⁻¹ and 10⁴ UFC mL⁻¹ in Vogel medium.

KEYWORDS: Bioreactor. Microbial nutrition. Fermentative process.

1 | INTRODUÇÃO

O intenso uso de pesticidas químicos ao longo dos anos vem acarretando muitos problemas ao meio ambiente, elevação da resistência a inseticidas, e excesso em alimentos. Métodos alternativos de controle biológico vem sendo utilizado na tentativa de amenizar os problemas causados por diversas pragas, mantendo-as a baixo do nível de danos econômicos (BARBOZA et al., 2011; RAAFAT et al., 2015).

Os fungos entomopatogênicos possuem eficácia na produção de esporos e manifestam maior especificidade ao hospedeiro em relação aos inseticidas químicos (FEIJÓ, 2004). Dentre os fungos entomopatogênicos mais empregados no controle de

pragas estão o *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. e *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorok, devido sua vasta distribuição geográfica, verificados em condições naturais, enzoóticas ou epizooticas, e capacidade de ser encontrados em diversos hospedeiros (OLIVEIRA et al., 2008).

Existindo naturalmente no solo, *Beauveria bassiana* Bals. Vuill (Deuteromycota: Hyphomycetes) tem grande relevância econômica, visto que pode ser utilizado como agente de controle biológico por possuir vasto espectro de insetos hospedeiros e dispor de vantagem sobre os pesticidas convencionais, já que diminui a longevidade e acarreta elevadas taxas de mortalidade em larvas e adultos das populações de insetos, além de se dispersar facilmente em sua ampla diversidade de hospedeiros (Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera, Diptera, Hymenoptera e Orthoptera) (MERGULHÃO et al., 2014).

A capacidade de hidrolisar os polímeros da cutícula dos insetos pragas pelas enzimas, proteases e quitinases, produzidas por *Beauveria* é o que caracteriza sua virulência, além de produzirem metabólitos secundários como bassianina, bassiacridina e beauvericina, que atuam causando a morte do hospedeiro (MERGULHÃO et al., 2014).

O potencial de *Beauveria bassiana* no controle biológico vem sendo comprovado por inúmeros pesquisadores, e para Feijó (2004), foi verificado 100% de mortalidade de *Anthonomus grandis*, o bicudo do algodoeiro, em escala laboratorial com concentração de conídios superiores a 10^7 e 10^{10} . Em *Collaria scenica*, foi observado mortalidade acima de 80% na concentração de 10^9 , com tempo letal de 4,3 dias (BARBOZA et al., 2011).

Segundo Ottati-de-Lima (2007), a produção de *Beauveria bassiana* tem sido realizada através de fermentação em meio líquido, semi-sólida ou sólida, sendo o micélio seco a maneira mais comum de produção atualmente. Em fermentações sólidas e semi-sólidas os substratos mais utilizados são arroz parbolizado, milho triturado, farelo de arroz, bagacilho de cana-de-açúcar triturado.

Por ser mais fácil de monitorar as condições físicas e nutricionais exigidas pelos microrganismos, os meios líquidos vêm sendo empregados cada vez mais. Os meios mais ricos em C e N, geralmente produzem mais formas vegetativas: blastosporos, corpos hifais e micélios, sendo muito utilizado sacarose e extrato de levedura para cultivo em meio líquido que resulta em alta produção de conídios (OTTATI-DE-LIMA, 2007).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento do fungo *Beauveria bassiana* em diferentes formulações de meio de cultura utilizando a fermentação submersa assim como avaliar seus parâmetros de produção.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção da cepa de *Beauveria bassiana*

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Agromicrobiologia Aplicada e

Biotecnologia da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi (PPGPV/UFT).

O fungo *Beauveria bassiana* foi isolado de ninfas de mosca branca (*Bemisia tabaci*) colonizadas pelo fungo entomopatogênico. As ninfas colonizadas foram coletadas da região abaxial das folhas de soja durante o estágio vegetativo da cultura na estação experimental da UFT. Antes de realizar cada ensaio, o fungo foi reativado em meio BDA (20% de Infusão de batata, 2% de dextrose e 2% de ágar) para verificar a viabilidade.

Fermentação submersa

Após a reativação do fungo em agar BDA, foi realizado o cultivo submerso da cepa de *Beauveria bassiana* em incubadora shaker de bancada (28 °C, 100 rpm) através da inoculação de 1% de uma suspensão contendo 10^8 conídios mL⁻¹. A suspensão foi obtida adicionando 20 mL de água destilada estéril em cada placa contendo a cepa matriz *Beauveria bassiana*. Dessa forma, foi adicionado 1,5 mL da suspensão de conídios em 150 mL de meio líquido contido em Erlenmeyer (250 mL) previamente esterilizado. Paralelamente, foi utilizado um cultivo controle sem adição de inóculo (testemunha).

Foram produzidas duas diferentes formulações de meio de cultura para o cultivo e análise dos parâmetros de *Beauveria bassiana* em fermentação submersa, sendo os meios denominados: Meio Levedura e Meio Vogel, cuja formulações estão apresentadas na tabela 1.

Meio	Composição por litro	Referência
Levedura	Glicose (15 g) Extrato de levedura (10 g) Levedura de cervejaria (20 g) Peptona (10 g)	TUMUHAISE et al. (2015)
Vogel	Sais de Vogel (20 mL) Sacarose (15 g)	VOGEL (1956) modificado ¹

¹ A solução de biotina não foi usada e o nitrato de amônia foi substituído pelo extrato de levedura.

Tabela 1. Meios de cultura utilizados para o cultivo submerso dos fungos entomopatogênicos.

Para cada meio foram realizadas análises em escala de bancada e larga escala, em biofábricas. As análises de bancada foram realizadas para verificar o tempo de fermentação ideal, na qual obtivesse o maior número de UFC mL⁻¹, ou seja, o pico da fase log do microrganismo em questão. As avaliações foram realizadas nos dias 0, 3, 5, 7 e 9, e foram feitos a aferição do pH, contagem de conídios em câmara de Neubauer em mL⁻¹, plaqueamento por superfície das amostras para contagem de UFC em meio BDA e após a fermentação, o produto final foi filtrado em papel Whatman® estéril (Grau 1, 11 µm) utilizando a bomba a vácuo acoplada ao Kitassato e Bico de Buchner. A massa seca

do fungo recuperada no processo de filtração foi submetida ao processo de secagem em estufa de circulação forçada (50 °C, 72 h) e posteriormente pesada em balança analítica para verificar qual meio de cultura líquido favoreceu o crescimento micelial (SINGH et al., 2012).

Na produção em larga escala (Figura 1) foram utilizados para a obtenção do inóculo inicial, um erlenmeyer de 5 L com 3,6 L de meio de cultura, seis Erlenmeyer de 500 mL com 270 mL de meio de cultura e um de 250 mL com 150 mL de meio (testemunha). Foi inoculado 10% (30 mL) da suspensão de conídios nos erlenmeyers de 500 mL e 10% (400 mL) no erlenmeyer de 5 L e os erlenmeyers foram acondicionados em shaker orbital (120 rpm, 28 °C, 5 dias). As mesmas análises de bancada para o volume de 150 mL também foram realizadas para a produção do inóculo inicial até o quinto dia de fermentação. Neste dia, o inóculo foi colocado em biofábrica com 50 L de água estéril passando a ser o tempo 0 da produção em larga escala. Na biofábrica foram feitas as mesmas análises, com acréscimo da aferição do °BRIX nos tempos 0, 3, 5 e 7. E para a obtenção da biomassa seca neste sistema foi realizada a centrifugação de duas amostras de 15 mL de cada tempo em uma microcentrífuga a 7200 x g/ 4000 rpm durante 20 minutos, o sobrenadante foi descartado e a biomassa foi seca em estufa de circulação forçada (50 °C, 72 h). Excepcionalmente para o meio levedura foi realizado o ajuste de pH na biofábrica utilizando solução de HCl (10%) para reduzir o pH a 5,5.

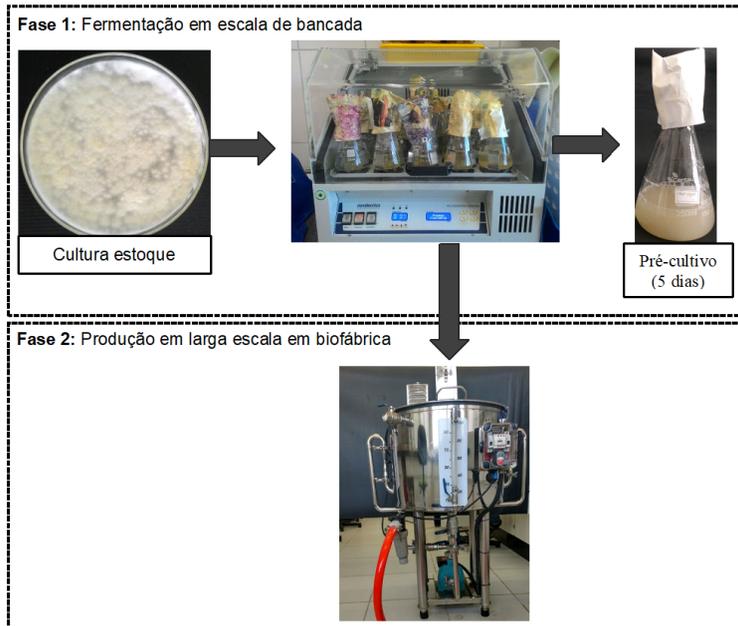


Figura 1. Etapas do processo de produção de *Beauveria bassiana* em fermentação submersa em escala de bancada e biofábrica.

Análise estatística

As análises de pH, UFC mL⁻¹, biomassa, esporos mL⁻¹ e °BRIX foram realizadas em triplicata. Os valores das médias e desvio padrão foram usados para confecção dos gráficos no programa Sigma plot®.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados da figura 2-A o pH durante a fermentação em escala de bancada (150 mL) variou em uma faixa de 5,0 a 6,5 para o meio levedura, sendo que até o quinto dia de fermentação houve uma leve acidificação do meio (de 5,5 do início da fermentação para 5,0) e no sétimo dia de fermentação houve um aumento no pH, sendo observado nesse dia também o aumento da biomassa seca do fungo (25,37 g L⁻¹).

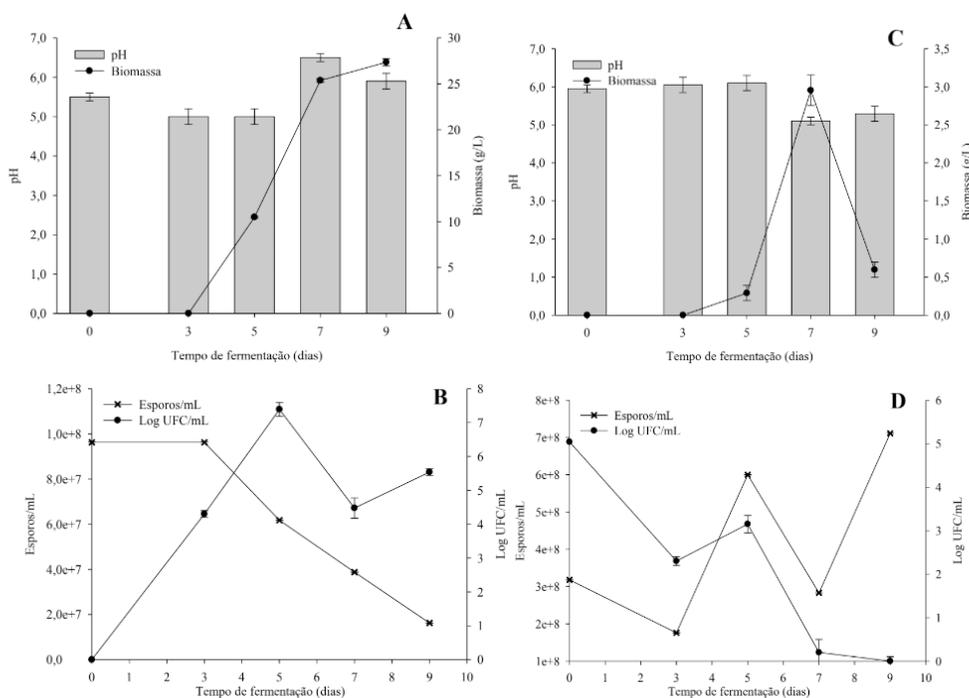


Figura 2. pH, Biomassa (g L⁻¹) (A e C), Unidade formadora de colônias (UFC mL⁻¹) e conídios mL⁻¹ (B e D) de *Beauveria bassiana* produzida em meio levedura (A e B) e Vogel (C e D) durante 9 dias de fermentação submersa em escala de bancada (150 mL, 28 °C, 120 rpm, 9 dias).

Na figura 2-B, após três dias de fermentação, a quantidade de conídios mL⁻¹ decresce 35,8% até o quinto dia (9,63 x 10⁷ para 6,18 x 10⁷ conídios mL⁻¹), e 83,1% até

o nono dia de fermentação ($9,63 \times 10^7$ para $1,63 \times 10^7$ conídios mL^{-1}). Já a quantidade de unidades formadoras de colônia por mL (UFC mL^{-1}) começa a crescer após o terceiro dia de fermentação ($2,0 \times 10^4$ UFC mL^{-1}), com pico de formação de colônias observado no quinto dia de fermentação ($2,45 \times 10^7$ UFC mL^{-1}), podendo este tempo ser considerado o ponto máximo da fase log de *Beauveria bassiana* no meio levedura.

Para o meio de Vogel (figura 2-C), foi observado que o pH variou numa faixa de 5,1 a 7,4, acidificando ao longo da fermentação, e apresentou pico de biomassa no sétimo dia ($2,95 \text{ g L}^{-1}$) assim como observado no meio levedura.

Na figura 2-D podemos observar que a quantidade de conídios mL^{-1} foi superior no quinto dia ($6,0 \times 10^8$ conídios mL^{-1}) e no nono dia ($7,11 \times 10^8$ conídios mL^{-1}), crescendo 70,67% e 75,25 % respectivamente em relação ao terceiro dia. Para os dados de UFC, pode-se observar o crescimento das colônias a partir do terceiro dia ($2,0 \times 10^2$ UFC mL^{-1}) até o quinto dia ($4,79 \times 10^3$ UFC mL^{-1}), e depois decresceu até o nono dia, podendo considerar o quinto dia como o menor tempo para se alcançar o pico de UFC da fase log de *Beauveria bassiana* no meio Vogel.

A partir dos dados da figura 3-A podemos observar que o pH durante a fermentação em escala de bancada (300 mL) para obtenção de inóculo para larga escala variou em uma faixa de 5,5 a 4,7 para o meio levedura, ocorrendo uma leve acidificação do meio a partir do terceiro dia (de 5,5 do início da fermentação para 4,9) e a biomassa aumentou no quinto dia ($20,96 \text{ g L}^{-1}$).

Os dados obtidos para concentração de esporos mL^{-1} na figura 3-B mostram que houve um aumento de 31,51% do dia da inoculação até o terceiro dia ($1,25 \times 10^8$ para $1,83 \times 10^8$ conídios mL^{-1}) no meio levedura e depois foi decaindo até o quinto dia. Já a quantidade de unidades formadoras de colônia por mL (UFC mL^{-1}) manteve-se constante na potência de 10^8 .

Na figura 3-C podemos observar que para o meio Vogel em escala de bancada (300 mL) para obtenção de inóculo para larga escala o pH variou de 5,7 a 6,7, e só foi observada presença de biomassa fúngica no quinto dia ($5,9 \text{ g L}^{-1}$).

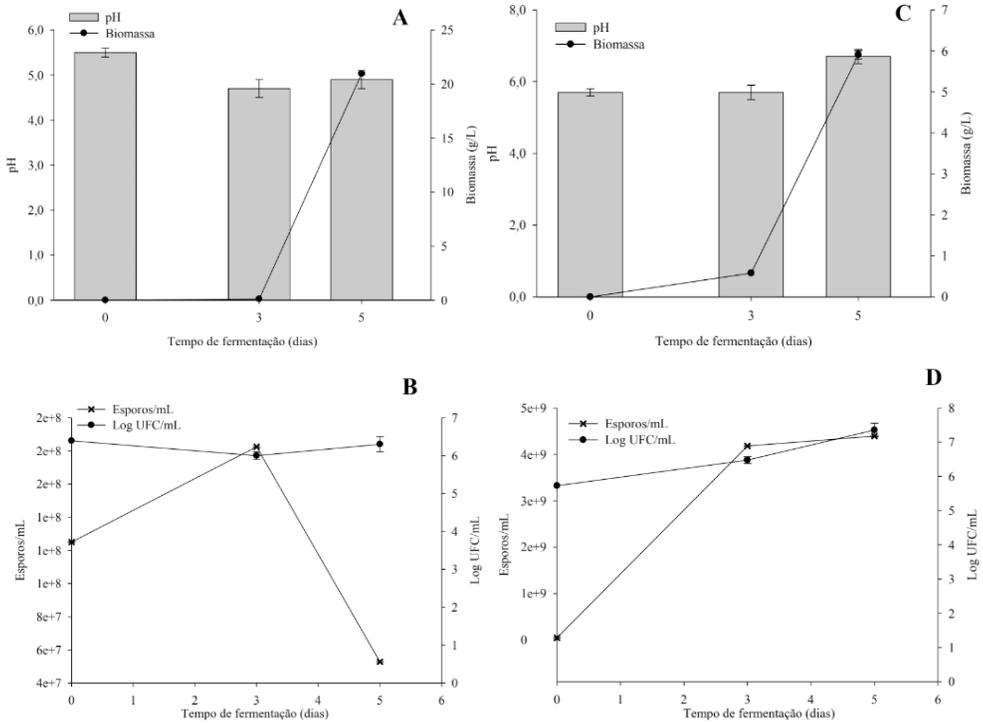


Figura 3. pH, Biomassa (g L^{-1}) (A e C), Unidade formadora de colônias (UFC mL^{-1}) e conídios mL^{-1} (B e D) de *Beauveria bassiana* produzida em meio líquido levedura (A e B) e Vogel (C e D) durante 5 dias de fermentação submersa em escala de bancada para obtenção do inóculo inicial da biofábrica (300 mL, 28°C, 120 rpm, 5 dias).

Pode-se observar na figura 3-D, que os esporos tiveram um pico de crescimento de 98,87% do dia zero ao terceiro dia (de $4,73 \times 10^7$ para $4,18 \times 10^9$ conídios mL^{-1}) e um razoável aumento de 4,84 % do terceiro até o quinto dia ($4,39 \times 10^9$ conídios mL^{-1}). Percebe-se também um crescimento de 97,63 % do número de unidades formadoras de colônia (UFC) do tempo zero ao tempo cinco (de $5,35 \times 10^5$ para $2,25 \times 10^7$ UFC mL^{-1}).

Na escala de 50 litros, em biofábrica, conforme a figura 4-A, é possível observar que o pH variou durante a fermentação numa faixa de 4,95 – 7,8 para o meio levedura, aumentando 18,51% do dia inicial até o terceiro dia, sendo que no quarto dia foi adicionado solução de HCl (10%) para acidificar o meio, resultando num pH de 4,95 no quinto dia, porém no sétimo dia houve outra adição da solução de HCl (10%) para reduzir o pH a 6,7 pois o mesmo estava a 7,8. É possível observar também que a biomassa variou conforme o pH, aumentando e diminuindo mais ou menos na mesma proporção, que foi de 11,66 a 17,03 g L^{-1} .

Já na figura 4-B a quantidade de esporos teve seu ápice em cinco dias ($6,98 \times 10^9$ conídios mL^{-1}), aumentando 97,47% do dia que foi inoculado até o quinto dia, e decaiu

pouco até o sétimo dia. A quantidade de unidades formadoras de colônia (UFC) apresentou dois picos, o primeiro em três dias ($1,9 \times 10^7$ UFC mL⁻¹) e o segundo em sete dias ($2,95 \times 10^7$ UFC mL⁻¹), aumentando 99,92% e 99,95% em relação ao dia zero.

Para o meio Vogel em larga escala, podemos observar no gráfico 4-C que o pH aumentou de 5,4 para 8,5 conforme se passava os dias de fermentação, e a biomassa teve seu pico em cinco dias ($21,22$ g L⁻¹) e depois decaiu. Já para a concentração de conídios mL⁻¹, no gráfico 4-D, pode-se observar que até o terceiro dia teve um aumento de $7,30 \times 10^7$ para $2,71 \times 10^9$, diminuindo 58,69% até o quinto dia, e depois aumentou até $4,62 \times 10^9$ no sétimo dia. Para os dados de UFC, pode-se observar que variou de $2,50 \times 10^6$ a $1,10 \times 10^7$ UFC mL⁻¹.

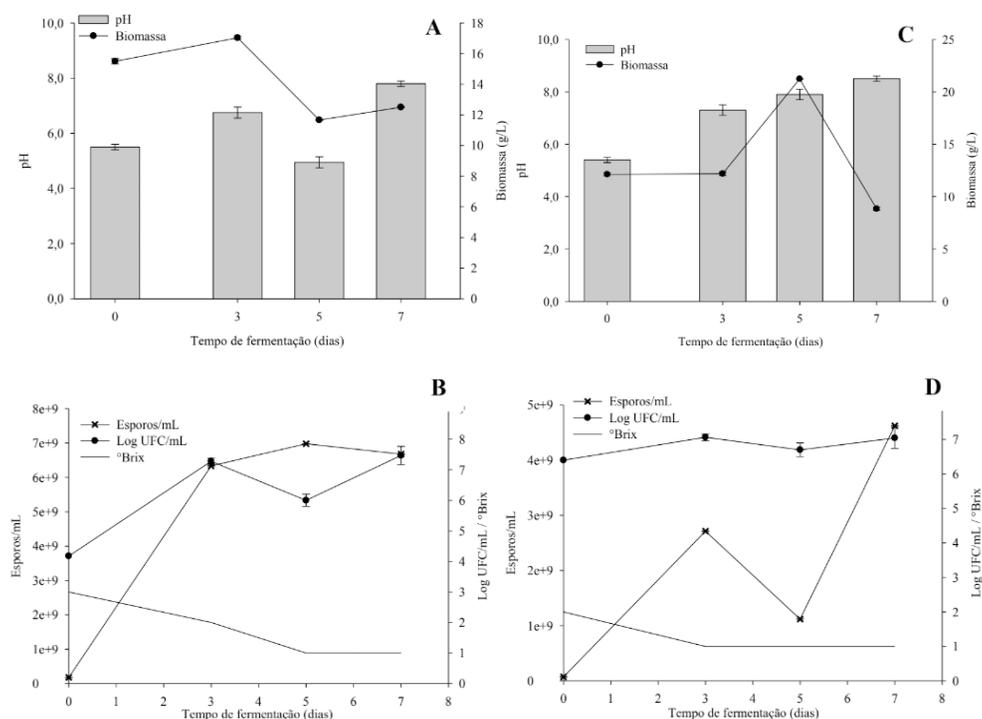


Figura 4. pH, Biomassa (g L⁻¹) (A e C), Unidade formadora de colônias (UFC mL⁻¹) e conídios mL⁻¹ (B e D) de *Beauveria bassiana* produzida em meio líquido levedura (A e B) e Vogel (C e D) durante 7 dias de fermentação submersa em larga escala (biofábrica) (50 L, 42,8 °C, rotação desconhecida, 7 dias).

Para os dois meios foi medido o °BRIX em larga escala, sendo que para o meio levedura variou de 3 para 1, e no meio Vogel variou de 2 para 1, constatando que *Beauveria* não consome muita glicose durante a fermentação.

Os fungos entomopatogênicos, como *Beauveria bassiana*, são frequentemente

avaliados como agentes de controle biológico, e para isso é necessário produzi-los em meios nutritivos (sólidos ou líquidos) a fim de alcançar um elevado número de esporos e garantir a viabilidade destes (REN et al., 2016). No presente trabalho foi avaliado a produção de *Beauveria bassiana* em dois meios líquidos com características nutritivas diferentes e obteve-se um elevado número de esporos mL⁻¹, o que garantiu a viabilidade dos dois meios.

Para o meio levedura, composto basicamente de glicose, extrato de levedura, levedura de cerveja e peptona, obteve bons resultados em escala de bancada (150 mL) para o desenvolvimento dos conídios, que com cinco dias alcançou 6,18 x 10⁷ conídios mL⁻¹, o que determinou o melhor tempo para que fosse inoculado em larga escala, além de que apresentou um pico de UFC com 2,45 x 10⁷ UFC mL⁻¹.

Para o meio Vogel, composto de uma variedade de sais e glicose, apresentou também um bom rendimento em escala de bancada (150 mL), visto que alcançou 6,0 x 10⁸ conídios mL⁻¹ no quinto dia, porém menor UFC em relação ao meio levedura, 4,79 x 10³ UFC mL⁻¹ em cinco dias.

Os dados de biomassa apresentados para os dois meios podem ter se mostrado tão distintos devido a composição dos mesmos, visto que no meio levedura a presença de grande quantidade de extrato de levedura e levedura de cerveja, pode ter acarretado aumento na quantidade de biomassa, já que foi feita uma centrifugação da amostra.

Para os dois meios em escala de bancada (150 mL), o crescimento das colônias se deu com as características morfológicas de fungo, que no caso de *Beauveria bassiana*, apresentou aspectos macio a pulverulento, e de coloração branca a levemente amarelada.

Para a fermentação do meio levedura utilizada como inóculo de larga escala, os resultados de bancada (300 mL) se mostraram semelhantes ao realizados para o volume de 150 mL. Já para o meio Vogel, os resultados obtidos de conídios mL⁻¹ e UFC, se mostraram melhores, chegando a potência de 10⁹ e 10⁷, respectivamente, porém a partir do terceiro dia foi verificado que as colônias cresceram no estágio leveduriforme, que pode ter sido induzido devido à alta concentração de sais no meio e a pressão osmótica, que conforme Mascarin e Jaronski (2016), *Beauveria* apresenta um ciclo dimórfico em meio líquido, que se assemelha a hemolinfa do hospedeiro (inseto), onde os conídios se encontram na forma leveduriforme para tentar escapar das defesas do hospedeiro e beneficiar-se dos nutrientes de forma mais rápida.

Os resultados obtidos das análises da fermentação em larga escala (50 L) se mostraram positivos, alcançando a potência de 10⁹ conídios mL⁻¹ e 10⁷ UFC mL⁻¹ para os dois meios, sendo que no meio levedura, a partir do terceiro dia as colônias apresentaram-se no estágio leveduriforme, e para o meio Vogel já foram inoculadas no estágio leveduriforme e foi mantido assim até o último dia, possivelmente por estar no meio líquido. Porém com o passar do tempo foi verificado que as colônias que estavam no estágio leveduriforme crescidas em placas de Petri com meio BDA, começaram a apresentar características

miceliais com a presença de hifas, como pode ser observado nas figuras 5 e 6.

Alves et al. (2002) afirma que *Beauveria* coloniza seu hospedeiro através da fase levedurmiforme, e que esta não é observada fora do mesmo. Em seus experimentos, o fungo cresceu em meio de cultura MacConkey supostamente por conter 0,5% de NaCl e 0,15% de sais biliares, o que interferiu na concentração osmótica levando à fase leveduriforme.

Conforme Zhu et al. (2016), o pH da fermentação deve ser controlado, pois é necessário para manter a atividade das enzimas que degradam a cutícula do hospedeiro. Além disso também é importante para manter a viabilidade dos conídios, e segundo Guimarães et al. (2016), o pH ideal para a manutenção de *Beauveria* seria em torno de 5,6. Durante este trabalho, o pH foi medido e manteve-se de 5,5 a 7,8, sendo que no meio levedura o pH tendeu a ficar alcalino e por isso foi necessário o ajuste com solução HCl (10%).

Para os parâmetros de biomassa, o meio levedura manteve-se com maior quantidade de biomassa em escala de bancada, provavelmente devido às altas concentrações de extrato de levedura e levedura de cerveja em sua composição, porém no meio Vogel foi verificado que em larga escala o meio foi viável para a produção de biomassa, ultrapassando o potencial do meio levedura de produção de biomassa fúngica.

Em relação ao °BRIX, medido apenas em larga escala, mostrou que *Beauveria bassiana* consumiu glicose apenas no início da fermentação, reduzindo à metade e depois manteve constante, podendo concluir que para a fermentação submersa não é necessário utilizar altas quantidades de glicose para manter o metabolismo do fungo.

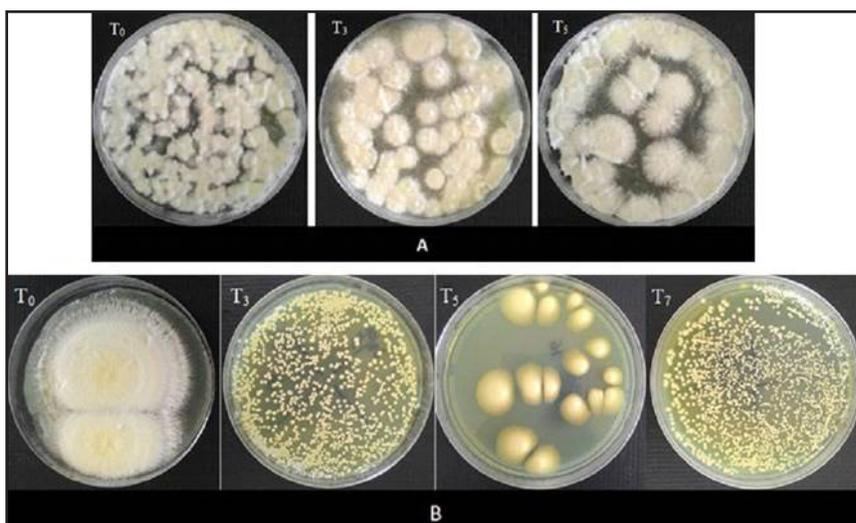


Figura 5. Unidade formadora de colônia por mL (UFC mL⁻¹) do plaqueamento pela técnica spread plate do pré-inóculo (A - Escala de bancada, 300 mL) e em larga escala (B) do meio de cultura levedura. Observação: placas na diluição 10⁴.

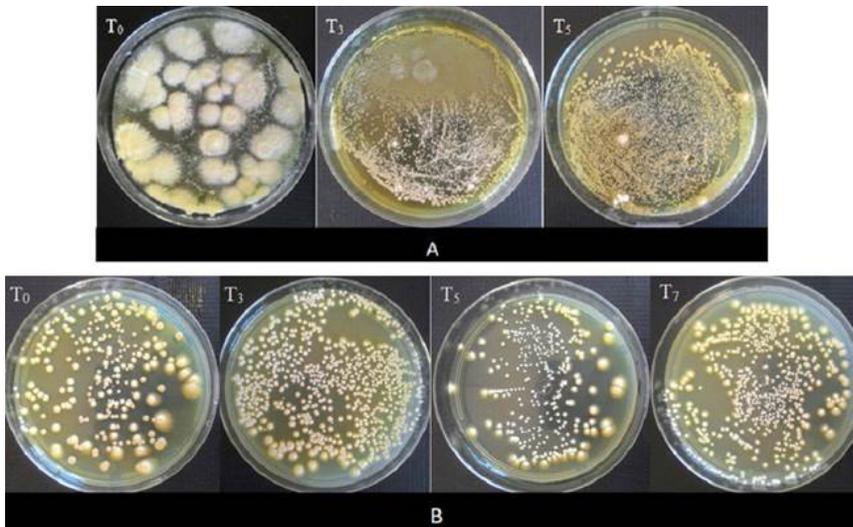


Figura 6. Unidade formadora de colônia por mL (UFC mL⁻¹) do plaqueamento pela técnica spread plate do pré-inóculo (A - Escala de bancada, 300 mL) e em larga escala (B) do meio de cultura Vogel. Observação: placas na diluição 10⁴.

4 | CONCLUSÃO

Na produção de *Beauveria bassiana* em fermentação submersa, os dois meios se mostraram produtivos, alcançando em larga escala a potência de 10⁹ esporos mL⁻¹, porém o meio levedura foi o que se destacou, visto que proporcionou maiores quantidades de UFCmL⁻¹ e esporos mL⁻¹ no tempo de fermentação de três dias. Verificou-se também que é viável interromper a fermentação em larga escala no terceiro dia, pois além de ter um número relevante de esporos, pode-se evitar a contaminação do produto devido a exposição da biofábrica a algum tipo de contaminante presente no ambiente.

REFERÊNCIAS

ALVES, S. B. et al. *Beauveria bassiana* yeast phase on agar medium and its pathogenicity against *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 81, n. 2, p. 70-77, 2002.

BARBOZA, M. R. et al. Patogenicidade do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* sobre o percevejo *Collaria scenica* (Hemiptera: Miridae). **Ambiência**, Guarapuava, v. 7, n. 3, p. 473-480, 2011.

FEIJÓ, F. M. C. **Ação de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* e *Metarhizium flavoviride* var. *flavoviride* no desenvolvimento pós embrionário de *Chrysomya albiceps* sob condições de laboratório**. 148 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Pernambuco, 2004.

FEIJÓ, F. M. C. et al. Comportamento e aspectos citológicos de *Beauveria bassiana* após passagem em ovo, larva e adultos de *Chrysomya albiceps*. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 74, p. 349-355, 2007.

GUIMARÃES, A. G. L. P. et al. **Produção de conídios e enzimas hidrolíticas por *Beauveria Bassiana* (Bals) vuillemin (Deuteromycotina: Hyphomycetes) em diferentes substratos**. 2016. 117 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Federal da Paraíba, 2016.

MASCARIN, G. M.; JARONSKI, S. T. The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 32, n. 11, p. 177, 2016.

MERGULHÃO, A. C. E. S. et al. Caracterização filogenética de isolados de *Beauveria bassiana* originados de diferentes insetos hospedeiros. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 19, n. 1, p. 53-57, 2014.

OLIVEIRA, M. A. P. de et al. Efeito de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. sobre características biológicas de *Diatraea saccharalis* F. (Lepidoptera: Crambidae). **Acta Scientiarum, Biol. Sci.**, Maringá, v. 30, p. 219-224, 2008.

OTTATI-DE-LIMA, E. L. **Produção de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. e *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. em diferentes substratos e efeito da radiação ultravioleta e da temperatura sobre estruturas infectivas desses entomopatógenos**. 2007. 92 p. 2007. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Proteção de Plantas) –Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu. 2007.

RAAFAT, I. et al. *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) cuticle as a barrier for *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces* sp. infection. **African Entomology**, v. 23, n. 1, p. 75-87, 2015.

REN, Q. et al. Laboratory evaluation of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in the control of *Haemaphysalis qinghaiensis* in China. **Experimental and Applied Acarology**, v. 69, n. 2, p. 233-238, 2016.

SINGH, K.; NIZAM, S.; SINHA, M.; VERMA, P. K. Comparative transcriptome analysis of the necrotrophic fungus *Ascochyta rabiei* during oxidative stress: insight for fungal survival in the host plant. **PLoS ONE**, v. 7, n. 3:e33128, 2012.

TUMUHAISE, V.; EKESI, S.; MOHAMED, S. A.; NDEGWA, P. N.; IRUNGU, L. W.; SRINIVASAN, R.; MANIANI, N. K. Pathogenicity and performance of two candidate isolates of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Clavicipitaceae) in four liquid culture media for the management of the legume pod borer *Maruca vitrata* (Lepidoptera: Crambidae). **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 35, n. 1, p. 34–47, 2015.

VOGEL, H. J. A convenient growth medium for *Neurospora* (Medium N). **Microbial genetics bulletin**, v. 13, p. 42-43, 1956.

ZHU, J. et al. The Pal pathway required for ambient pH adaptation regulates growth, conidiation, and osmotolerance of *Beauveria bassiana* in a pH-dependent manner. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 100, n. 10, p. 4423-4433, 2016.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agricultura conservacionista 84

Agricultura familiar 75, 85, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 108, 111, 113, 114, 115, 116, 123, 124, 125, 138, 139, 140, 146, 147, 152, 176, 183, 185, 228

Agricultura natural 113, 114, 115, 117, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125

Agroecologia 72, 75, 83, 101, 113, 114, 116, 117, 124, 128, 152, 166, 168, 172, 176, 184, 193, 198, 228

Agrofloresta 166, 167

Análise de consumidor 74

B

Bioestimulantes 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54

C

Cadeia produtiva 60, 68, 73, 74, 76, 82, 142, 148

Canais de comercialização 89

Centro acadêmico 166, 167, 171

Comunidades sustentáveis 128

Controle biológico 1, 2, 3, 10, 28, 29, 38, 126, 174, 185, 216, 217, 218, 219, 221, 222, 224, 225, 226, 227

Cultivo agroecológico 166

Cultivo alternativo 166

D

Desenvolvimento sustentável 56, 91, 93, 99, 100, 101, 114, 131, 132, 145, 166, 172

Diversidade 3, 57, 96, 98, 115, 122, 123, 129, 130, 132, 133, 134, 135, 140, 145, 152, 153, 167, 176, 186, 187, 188, 191, 192, 193, 194, 195, 199, 204, 209, 212, 213, 214, 215, 220

Diversificação socioeconômica 89

E

Ecofeminismo 128, 133, 134, 135, 136, 137

F

Fixação biológica de nitrogênio 104, 111

G

Gênero 15, 17, 102, 104, 105, 128, 134, 136, 194, 207, 208, 213, 220, 221, 223

I

Impacto ambiental 14, 20, 32, 55, 68, 219, 223

Indicadores de sustentabilidade 128, 133, 134

Inoculantes 102, 104, 105, 106, 110

L

Levantamento florístico 186

M

Manejo conservacionista 166

Manejo de plantas daninhas 14, 16, 22, 23, 24, 26, 29, 31, 32, 37, 38

Manejo integrado de pragas 217, 218

Meio ambiente 2, 24, 36, 65, 83, 94, 113, 114, 115, 116, 124, 128, 131, 132, 134, 135, 136, 168, 175, 191, 192, 193, 194, 197, 202, 207, 209, 210, 211, 213, 216, 217

Microrganismos eficientes 173, 175, 178, 179, 180, 181, 182, 183

Mokiti Okada 113, 114, 115, 117, 120, 124, 125

N

Nativas 59, 172, 186, 189, 190

Nutrição microbiana 2

P

Paisagismo sustentável 186, 187, 190

Pecuária familiar 138, 139, 140, 142, 151, 152, 153

Pequeno produtor 89, 96

Pluriatividade 89, 95, 146, 147, 151, 152

Produção orgânica 78, 84, 175, 228

Produtos alternativos 173, 175, 182

Promotores de crescimento 39, 41, 44, 45

S

Segurança alimentar 55, 57, 71, 93, 94, 96, 97, 98, 167, 172

Sistema plantio direto 84, 85, 87

T

Tratamento de sementes 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 52, 53, 104, 105, 109, 110, 173, 175, 183, 184

Tripé da sustentabilidade 89, 94, 96, 97

Z

Zona rural 99, 104, 192, 194, 196, 200, 206, 214

ENGENHARIA AGRONÔMICA:

Ambientes Agrícolas e seus Campos de Atuação

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ENGENHARIA AGRONÔMICA:

Ambientes Agrícolas e
seus Campos de Atuação

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br