

DEZ ANOS DE INOVAÇÃO EM BIOINSUMOS:

**Pesquisa aplicada, desenvolvimento
tecnológico e extensão no campo**



Janaína Tauil Bernardo

Janaína Tauil Bernardo

DEZ ANOS DE INOVAÇÃO EM BIOINSUMOS:

**Pesquisa aplicada, desenvolvimento
tecnológico e extensão no campo**



Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Executivos: Dr. Jorge González Aguilera e Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora e a autora. **Imagens de capa e contracapa:** A autora. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora. **Revisão científica e prefácio:** William Santos de Assis – Instituto Amazônico de Agriculturas Familiares (INEAF/UFPA).

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos
Profa. MSc. Adriana Flávia Neu
Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior
Profa. MSc. Aris Verdecia Peña
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu
Prof. Dr. Carlos Nick
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos
Prof. MSc. David Chacon Alvarez
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves
Prof. Me. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Fábio Steiner
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto
Prof. MSc. João Camilo Sevilla
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira
Prof. Dr. Luciano Façanha Marques
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela
Prof. Dr. Leandris Argentele-Martínez
Profa. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla
Profa. MSc. Mary Jose Almeida Pereira
Profa. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes
Profa. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira
Profa. Dra. Patrícia Maurer
Profa. Dra. Queila Pahim da Silva
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)
Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos
Prof. Dr. Tayronne de Almeida Rodrigues
Prof. Dr. Ugur Azizoglu
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira
Profa. Dra. Yilan Fung Boix

Instituição

OAB/PB
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
UO (Cuba)
UFJF
Facultad de Medicina (Cuba)
ISCM (Cuba)
UFESSPA
UEA
UNEMAT
UFV
AJES
UFGD
UEMS
IFPA
UNICENTRO
IFMT
UFMG
URCA
ISEPAM-FAETEC
IFG
UEMS
UFF
(Colômbia)
UNAM (Peru)
IFRR
UCG (México)
Rede Municipal de Niterói (RJ)
UNMSM (Peru)
UFMT
SED Mato Grosso do Sul
UEMA
IFPR
Tec-NM (México)
Consultório em Santa Maria
UFJF
UEG
FAQ
UNAM (Peru)
SEDUC/PA
IFB
IFPA
UNIPAMPA
IFB
UO (Cuba)
UFMS
UFPI
UFG
UEMA
IFB
Sec. Mun. de Educação, Cultura e Tecnologia de Araripe
Universidade Kayseri, Türkiye
UFPI
FURG
UO (Cuba)

Conselho Técnico Científico

- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Catalogação na publicação
Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

B523d

Bernardo, Janaína Tauil

Dez anos de inovação em bioinsumos: pesquisa aplicada, desenvolvimento tecnológico e extensão no campo / Janaína Tauil Bernardo. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2026.
85p ; il.

Livro em PDF

ISBN 978-65-85756-87-7

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756877>

1. Bioinsumos - Agricultura. 2. Tecnologia agrícola. 3. Pesquisa agrícola. I. Bernardo, Janaína Tauil. II. Título.

CDD 631.46

Índice para catálogo sistemático

I. Bioinsumos - Agricultura



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

À memória de minha mãe,
Marli Bernardo, engenheira agrônoma,
por uma vida atravessada pela natureza, pelo amor às pessoas e
pelo amor aos filhos; entre sonhos realizados e outros que
permaneceram pelo caminho.
Minha realização profissional também foi um sonho seu.
Este livro é uma parte desse sonho que continua a se realizar,
mesmo sem a sua presença.
A você, mãe, dedico esta obra.

Agradecimentos

Este livro nasceu de uma trajetória coletiva. Ao longo de dez anos, muitas pessoas participaram de sua construção, oferecendo conhecimento, trabalho, apoio, cuidado, presença e confiança. Entre todas elas, algumas estiveram tão próximas do projeto que sua história se confundiu com a própria vida familiar. A elas, registro os agradecimentos que seguem.

Ao meu pai

Registro um agradecimento especial ao meu pai, Carlos Alberto Tauil, arquiteto, cuja contribuição foi decisiva ao longo desta trajetória.

Durante o desenvolvimento do projeto, ele desenhou as plantas dos núcleos, propôs aprimoramentos, ofereceu soluções práticas e ajudou a transformar ideias em estruturas concretas (Fotografia 1). Meu pai possui uma capacidade muito particular de visualizar espaços, antecipar problemas e encontrar soluções construtivas simples e funcionais. Sua contribuição esteve presente não apenas nos desenhos, mas também nas conversas, nas visitas às obras e nas decisões que permitiram adaptar cada estrutura às condições reais das propriedades.

Por meio da empresa Métrica Assessoria e Consultoria em Arquitetura e Construção Civil Ltda., sua atuação também tornou possível parte importante do processo de assistência técnica e transferência de tecnologia desenvolvido ao longo desses anos.

Ao encerrar esta etapa de parceria profissional, quando ele se aproxima dos 84 anos, reconheço com profunda gratidão tudo o que construímos juntos. Mais do que plantas, estruturas e soluções técnicas, compartilhamos trabalho, confiança, convivência e um sonho que, pouco a pouco, ganhou forma.



Fotografia 1. Carlos Alberto Tauil, arquiteto, durante acompanhamento técnico in loco da implantação da estrutura física do núcleo de produção de fungos da Fazenda Ambiental Fortaleza (FAF), em Mococa (SP), em 2023.

Nota: A planta construtiva foi adaptada à arquitetura e à paisagem da propriedade, preservando externamente a aparência das antigas casas de colonos italianos, enquanto o espaço interno foi organizado para o funcionamento da biofábrica de produção de fungos. Fonte: acervo da autora.

À minha irmã Marina

À minha irmã, Marina Augusta Tauil Bernardo, agradeço por ter estado presente no começo de tudo.

Naquele período inicial, quando trabalhar com bioinsumos ainda significava atravessar um ambiente de incertezas, resistências e inseguranças, sua formação como advogada me ofereceu apoio e tranquilidade para continuar. Marina esteve ao meu lado quando eu precisava não apenas de orientação, mas da segurança de saber que não estava enfrentando sozinha os desafios daquele caminho.

Entretanto, sua contribuição ultrapassou muito a dimensão jurídica. Sua sensibilidade artística deu beleza, cuidado e brilho aos primeiros passos do projeto. Na primeira transferência tecnológica, realizada para um grupo de vinte empresários rurais, ela organizou o acolhimento e o coffee break, participou da abertura, cuidou da apresentação e transformou os slides para que aquele momento tivesse não apenas conteúdo técnico, mas também identidade, delicadeza e significado.

Quando recordo o nascimento do projeto, recordo também a presença de Marina tornando aquele início mais bonito. Seu cuidado ajudou a dar forma e emoção a uma experiência que, naquele momento, começava a sonhar com o que ainda viria a se tornar.

À minha irmã Maria Lúcia

À minha irmã, Maria Lúcia Tauil Bernardo, agradeço pela criatividade, pela parceria constante e pela disposição de construir comigo.

Sua colaboração esteve presente em muitos momentos de decisão, organização e acompanhamento do projeto. Junto com meu pai e comigo, Maria Lúcia integrou durante vários anos um pequeno núcleo familiar de trabalho, no qual as questões técnicas se misturavam às conversas cotidianas, às brincadeiras e à cumplicidade.

Foi nesse espaço que nasceu também a memória dos “Caciques”, nome bem-humorado que dávamos ao nosso grupo. Éramos poucos e pequenos diante das grandes estruturas e dos grandes empresários com quem trabalhávamos, mas possuíamos a responsabilidade técnica de orientar decisões fundamentais para que os processos funcionassem. A ironia do nome nos divertia e, ao mesmo tempo, traduzia a confiança que existia entre nós.

Trabalhar com meu pai e com Maria Lúcia foi também uma forma de convivência familiar. Entre plantas, equipamentos, estratégias e dificuldades, compartilhamos tempo, criatividade e alegria. Guardo essa experiência como uma das memórias mais preciosas de toda a trajetória.

Aos meus filhos

Aos meus filhos, Ângelo e Fátima, dedico um agradecimento que nenhuma página seria capaz de expressar completamente.

Eles conhecem este projeto por dentro. Acompanharam sua origem, suas transformações, os momentos de entusiasmo, as dificuldades, as viagens, as reuniões, os experimentos e as muitas horas de trabalho realizadas dentro de casa. Aprenderam, quase sem perceber, nomes como *Trichoderma*, nematoides, bioinsumos e controle biológico. Carregam um conhecimento que não veio de uma formação acadêmica na área, mas de dez anos de convivência cotidiana com essa trajetória.

Quando o projeto começou, eu vinha de um período intenso de mestrado e doutorado e, quase sem intervalo, mergulhei novamente em um trabalho que exigia enorme dedicação. Muitas vezes, o projeto ocupou um espaço que também pertencia a eles. Sei que houve momentos em que desejavam mais minha presença e eu permanecia concentrada em uma tarefa, uma pesquisa ou uma nova etapa a ser construída.

Como tantas mulheres que procuram conciliar maternidade, profissão e realização pessoal, conheci o dilema de querer construir algo importante sem deixar de estar presente para aqueles que mais amava. Nem sempre encontrei o equilíbrio. Com o tempo, aprendi a desacelerar, a olhar com mais atenção para meus filhos e a compreender que nenhuma realização profissional pode ser separada das pessoas que caminham conosco.

Ângelo e Fátima não foram apenas testemunhas desse projeto. Eles também fizeram parte dele. Ângelo lhe deu o nome NUIPIO. Fátima acompanhou sua história, sua comunicação e suas transformações. Cada um, com sua personalidade, seus interesses e sua maneira própria de observar o mundo, esteve presente nessa construção.

Hoje, Ângelo segue o caminho da tecnologia e dos jogos digitais, e Fátima constrói sua trajetória na comunicação e no jornalismo. Ainda assim, ambos sabem sobre bioinsumos, fungos, nematoides e agricultura muito mais do que poderiam imaginar quando tudo começou.

A eles agradeço pela paciência, pelo amor, pela companhia e por tudo o que também ofereceram para que esta história pudesse existir. Este livro pertence a eles de uma forma que talvez somente nós três possamos compreender.

“Este livro pertence a eles de uma forma que talvez somente nós três possamos compreender.”

À Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

Minha trajetória na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul — UERGS começou há quinze anos. Ao olhar para esse período, não consigo separar com precisão o que foi crescimento profissional individual e o que foi construído pelo ambiente humano, acadêmico e institucional que encontrei na Universidade. Minha formação como professora, pesquisadora e extensionista ocorreu dentro dessa convivência e foi profundamente transformada por ela.

Vim de São Paulo após ser aprovada em concurso público e iniciei minha trajetória na UERGS vinculada à Unidade em Três Passos, atuando também em São Luiz Gonzaga. Mais tarde, estabeleci-me em Cachoeira do Sul. Cada uma dessas etapas trouxe experiências distintas, novos territórios, colegas, estudantes e formas de compreender a Universidade e sua relação com a sociedade.

Uma universidade é muito mais do que seus prédios, laboratórios, equipamentos e recursos financeiros. A estrutura material é necessária, mas não assegura, isoladamente, a existência de uma proposta acadêmica consistente. Uma instituição pode dispor de recursos expressivos e, ainda assim, produzir pouco quando não reconhece, valoriza e mobiliza as pessoas que lhe dão vida. Na UERGS, encontrei uma característica que considero essencial: a possibilidade de participar, propor, discordar, construir coletivamente e interferir nos caminhos da própria Universidade.

Criada com uma concepção democrática e organizada por meio de instâncias colegiadas, a UERGS abriga debates intensos, divergências e disputas de concepção. Nem sempre esses processos são simples, mas a existência do conflito também demonstra que há participação e vida institucional. A ausência de divergências não é necessariamente sinal de harmonia; muitas vezes, é apenas silêncio. A democracia universitária exige escuta, enfrentamento de ideias, capacidade de revisão e disposição para construir decisões coletivas.

Foi nesse ambiente que encontrei liberdade para integrar ensino, pesquisa e extensão. Essa liberdade criativa permitiu transformar perguntas surgidas na sala de aula, no laboratório e nas propriedades rurais em projetos, cursos, tecnologias, redes de cooperação e processos de formação. Também me permitiu errar, reconhecer limites, corrigir caminhos e aprender com as pessoas envolvidas. Muitos dos avanços registrados neste livro nasceram justamente dessa possibilidade de experimentar, avaliar e recomeçar.

A convivência cotidiana com os estudantes teve um papel decisivo nessa caminhada. Ensinar nunca foi apenas transmitir conteúdos. A sala de aula, as orientações, os projetos e as atividades de campo também me obrigaram a reorganizar conhecimentos, formular novas perguntas e observar a realidade por perspectivas diferentes. Em muitos momentos, ensinar, pesquisar e fazer extensão foram partes inseparáveis de um mesmo processo.

Agradeço aos colegas que compartilharam essa trajetória e que, em diferentes momentos, ofereceram apoio, interlocução, confiança e amizade. Recordo especialmente as primeiras etapas vividas com Danni Maisa da Silva e, posteriormente, a convivência e as trocas com Rafael Narciso

Meirelles, além de tantos outros colegas, técnicos, professores e estudantes que fizeram parte dessa caminhada nas diferentes unidades da Universidade.

Registro também um agradecimento especial ao Núcleo de Inovação Tecnológica — NIT da UERGS, particularmente a Betina Magalhães Bitencourt e André Silvestri Schuh. Na época em que conversávamos sobre os caminhos possíveis para o projeto Núcleo de Produção de Insumo Orgânico na Propriedade para Uso Próprio, sem Fins de Comercialização (NUPIO), Betina atuava no NIT; atualmente, é pró-reitora de Extensão da Universidade. Em momentos nos quais ainda era difícil compreender que direção dar às tecnologias, às parcerias e às oportunidades que surgiam, encontrei em Betina e André acolhimento, incentivo, orientação e paciência. Esse apoio foi importante não apenas para os encaminhamentos formais, mas também para que eu pudesse amadurecer decisões e compreender melhor as possibilidades e as responsabilidades relacionadas à inovação tecnológica.

A trajetória do NUPIO está profundamente ligada a esse ambiente. Embora muitas atividades tenham acontecido fora dos espaços físicos da Universidade — em propriedades, associações, cooperativas, comunidades e diferentes estados brasileiros —, a liberdade acadêmica, o diálogo institucional e a integração entre ensino, pesquisa e extensão proporcionados pela UERGS constituíram uma base fundamental para sua construção.

Por isso, ao reconhecer os quinze anos dessa caminhada, agradeço à Universidade Estadual do Rio Grande do Sul não apenas como instituição de vínculo profissional, mas como parte inseparável de minha formação pessoal e acadêmica. A UERGS me acolheu quando deixei São Paulo, permitiu que eu criasse raízes em novos territórios e ofereceu um espaço no qual pude ensinar, aprender, experimentar, construir parcerias e transformar ideias em ações concretas.

Este livro também é fruto dessa experiência universitária.

Às contribuições profissionais e técnicas

A construção da trajetória registrada neste livro não resultou do trabalho de uma única pessoa. Ela foi formada por encontros, perguntas, desafios técnicos, relações de confiança e contribuições oferecidas em diferentes momentos. Algumas pessoas participaram das etapas iniciais; outras acompanharam longos períodos; algumas abriram portas, enquanto outras ofereceram propriedades, estruturas, conhecimentos, trabalho, materiais e áreas para experimentação. Cada contribuição ajudou a transformar uma ideia em uma experiência concreta.

Registro inicialmente meu reconhecimento ao produtor Cassiano Mendes, do Oeste da Bahia, cuja experiência com a produção descentralizada de bactérias esteve entre as primeiras referências que despertaram minha atenção para as possibilidades dessa forma de produção no Centro-Oeste brasileiro. Embora nossa interação direta tenha sido limitada, sua trajetória teve importância na origem das perguntas que posteriormente orientariam este trabalho. Em determinado momento, chegamos a iniciar uma aproximação para registrar sua história, inclusive com a participação de uma bolsista, mas as agendas não permitiram que aquele projeto fosse concluído. Ainda assim, sua experiência permanece como parte importante do início desta caminhada.

Em meados de 2016, o Grupo Associado de Agricultura Sustentável — GAAS já existia, embora ainda fosse um grupo pequeno, articulado principalmente por meio do WhatsApp. Reunia produtores interessados na redução dos custos de produção, na construção de modelos agrícolas mais sustentáveis e na busca de maior autonomia em relação aos pacotes tecnológicos convencionais. Rogério Vian, primeiro presidente do GAAS, teve participação decisiva na mobilização desses produtores e na aproximação que possibilitou a realização do primeiro curso de capacitação do projeto NUPIO.

A produção descentralizada de fungos começou a ganhar forma a partir dessa aproximação e das discussões realizadas com Rogério Vian e outros integrantes do GAAS. Por meio de sua mobilização, 25 produtores participaram do curso realizado entre 23 e 25 de maio de 2017, no Hotel La Vitre, em Jataí, Goiás. Entre os participantes e apoiadores das primeiras articulações estavam produtores ligados aos irmãos Goulart, à família Ragagnin, a Sandro Henckes e a outros grupos da região. Esse primeiro curso constituiu um marco: foi o momento em que o conhecimento começou a sair de uma escala inicial e passou a ser apropriado, testado e adaptado por um conjunto organizado de produtores.

Nesse processo, Marconi Betta teve uma participação especialmente importante na dimensão técnica e operacional. Na época, atuava como engenheiro agrônomo e prestava consultoria a um grupo de seis produtores vinculados ao GAAS; posteriormente, tornou-se também produtor rural. Marconi confiou na proposta e assumiu, junto a esses produtores, o desafio de transformar as orientações recebidas no curso em uma experiência concreta de produção. O grupo alugou uma casa, iniciou a produção de maneira experimental, seguiu as orientações, avaliou os primeiros resultados e,

posteriormente, ampliou a escala. A necessidade de organizar coletivamente a produção de fungos sólidos e reduzir seus custos levou esses produtores, após o curso, à criação da Associação dos Produtores de Agricultura Sustentável — APAS. A participação técnica de Marconi e sua capacidade de apoiar a implantação foram fundamentais para que a articulação inicial se transformasse em uma experiência efetivamente instalada e, posteriormente, em uma organização associativa. O que começou como teste tornou-se uma referência de produção.

A Rogério Vian, agradeço também pela implantação do primeiro núcleo particular acompanhado nessa trajetória. A experiência desenvolvida em sua propriedade teve importância para compreender, em condições concretas, as necessidades de organização, adaptação e acompanhamento de uma unidade produtiva.

A engenheira agrônoma Thatiane Martins Silva Ruiz ocupa um lugar especial nessa história. Durante dez anos de trabalho junto à APAS, participou com dedicação, seriedade e responsabilidade do desenvolvimento e do acompanhamento de parte das tecnologias apresentadas neste livro. Sua capacidade de organização, sua presença junto aos produtores, seu cuidado com os processos e sua disposição para construir soluções fizeram dela uma parceira fundamental. Thatiane não apenas acompanhou etapas: ajudou a sustentar a continuidade do trabalho ao longo do tempo. Seu nome precisa permanecer associado a essa trajetória.

Agradeço a Jorge González Aguilera, engenheiro agrônomo, doutor em Melhoramento Vegetal e atualmente professor da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Após participar da formação no método NUPIO, Jorge integrou atividades de assistência técnica desenvolvidas pelo projeto, sob minha orientação, acompanhando produtores e processos de implantação em Goiás e Tocantins. Sua colaboração foi particularmente importante na implantação do núcleo de Rogério Vian e em outras experiências realizadas em condições concretas de produção, contribuindo para transformar as orientações técnicas recebidas em estruturas e rotinas efetivamente implantadas nas propriedades.

Registro um agradecimento especial à Fazenda Vereda, localizada em Iraí de Minas, Minas Gerais, e à sua equipe técnica, cuja parceria ultrapassou amplamente as atividades realizadas dentro da própria propriedade. A Fazenda abriu sua estrutura para a realização de cursos, recebeu e hospedou equipes, ofereceu alimentação e apoio aos deslocamentos e investiu na criação das condições necessárias ao desenvolvimento das atividades. Também recebeu profissionais do Instituto Biológico de São Paulo para avaliações preliminares sobre a viabilidade do uso de fungos no controle de carrapatos, ampliando a discussão dos bioinsumos para o campo da sanidade animal.

A contribuição da Fazenda Vereda estendeu-se ainda a outras propriedades. Em diferentes ocasiões, sua equipe técnica foi disponibilizada para acompanhar atividades de assistência e implantação do NUPIO em diferentes regiões do Brasil. Essa abertura, o investimento realizado e a disposição para compartilhar profissionais, estrutura e aprendizados fizeram da Fazenda Vereda uma parceira muito importante na consolidação e na expansão do projeto.

Entre os produtores que acolheram os experimentos e colaboraram de maneira especialmente próxima, agradeço a Rubens Sacchetto Sanchez, parceiro nos trabalhos com *Pasteuria penetrans* e com fungos de interesse agrícola. Sua abertura para a experimentação, o acompanhamento das áreas e a construção conjunta de respostas foram fundamentais para que observações realizadas em campo se transformassem em conhecimento.

Agradeço também a Fernanda de Souza Ferreira, da Fazenda Morro do Peão, pela parceria no desenvolvimento do módulo de controle de qualidade de bactérias líquidas e na construção de estratégias voltadas à redução de custos e à melhoria da qualidade da produção em Urutaí, Goiás. Sua colaboração demonstra que a tecnologia permanece em movimento e continua sendo aperfeiçoada por meio das situações encontradas em cada unidade produtiva.

À Fazenda Morro Dois Irmãos, no Tocantins, registro igualmente meu agradecimento, extensivo ao proprietário e à equipe técnica. A abertura da propriedade e o acompanhamento técnico possibilitaram levantar resultados que indicaram a redução de cinco aplicações de inseticidas químicos na cultura do milho após a introdução dos inseticidas biológicos já na primeira safra de uso. Mateus foi responsável por atividades de produção, controle de qualidade e implantação, participando como parceiro em duas etapas importantes: no controle de qualidade de bactérias e na produção de fungos. Essas experiências foram fundamentais para avaliar a tecnologia em condições reais, aperfeiçoar procedimentos e demonstrar as possibilidades de redução do uso de produtos químicos.

A parceria com a Fazenda Ambiental Fortaleza em São Paulo também teve importância no desenvolvimento de uma proposta inovadora de controle de qualidade de fungos e bactérias em um mesmo módulo. Essa experiência ampliou as possibilidades de organização das estruturas e contribuiu para pensar sistemas integrados, adequados às necessidades concretas das propriedades.

Mais recentemente, a parceria com a Agropecuária Franciscus, em Divinópolis do Tocantins, contribuiu para o desenvolvimento do uso de microrganismos eficientes — EM — em larga escala e para o aperfeiçoamento de etapas do método. Agradeço a Fernando Stapelbroek Trennepohl, integrante do Grupo Stara e atualmente administrador da unidade, pertencente à sua família e a um tio, pela confiança na proposta e pela compreensão da importância do projeto para a construção de estratégias de sustentabilidade. Sua atuação contribuiu para criar condições favoráveis à inovação tecnológica em escala produtiva.

Agradeço também à gerência e à equipe técnica da Agropecuária Franciscus pela participação direta no acompanhamento das atividades, na implantação das estratégias e no desenvolvimento das inovações mais recentes do método. A parceria entre a propriedade, sua administração, a gerência e a equipe técnica foi importante para transformar demandas concretas do sistema produtivo em oportunidades de aperfeiçoamento tecnológico.

A referência ao vínculo de Fernando Stapelbroek Trennepohl com a Stara S.A. — Indústria de Implementos Agrícolas tem caráter exclusivamente informativo. A empresa não financiou esta obra.

O reconhecimento refere-se à participação de Fernando na administração da unidade produtiva que acolheu e apoiou o desenvolvimento das experiências e das inovações tecnológicas.

Registro também meu agradecimento aos produtores da família Agostini, no norte de Mato Grosso, parceiros do projeto há mais de cinco anos. A continuidade dessa relação, a confiança na proposta e a disposição para testar ajustes em condições reais de produção contribuíram para o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de inovações recentes do método. A permanência da parceria ao longo do tempo permitiu acompanhar processos, identificar novas demandas e transformar os desafios encontrados na propriedade em oportunidades de avanço tecnológico.

Aos profissionais da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira — CEPLAC, agradeço pela generosidade com que abriram suas portas e compartilharam conhecimentos. A experiência vivida em Ilhéus, apresentada em capítulo específico deste livro, demonstra a importância de pesquisadores e técnicos dispostos a dividir saberes, mostrar processos e estabelecer relações de cooperação.

Registro minha profunda gratidão ao Instituto Biológico de São Paulo, que, durante meu pós-doutorado, disponibilizou sua estrutura na Avenida Conselheiro Rodrigues Alves, na Vila Mariana, para a realização de capacitações destinadas a agricultores e produtores. Essa abertura tornou possível desenvolver atividades de formação em controle de qualidade dentro de uma instituição científica de referência. Agradeço especialmente a Fernanda Calvo Duarte, Márcia Mendes e José Eduardo Marcondes de Almeida, pela acolhida, pelo apoio e pela confiança. José Eduardo teve papel importante na abertura inicial que permitiu o desenvolvimento do pós-doutorado e das atividades de capacitação no Instituto.

Entre os estudantes que se tornaram parceiros de pesquisa, agradeço especialmente a Vitória da Silva Domingues. Sua participação ultrapassou os limites da sala de aula e da orientação acadêmica. Vitória esteve presente em propriedades no Paraná, em São Paulo e no oeste da Bahia, acompanhando atividades e contribuindo para o desenvolvimento da tecnologia. Sua trajetória, iniciada na graduação e continuada no mestrado e no doutorado, demonstra como a formação de estudantes pode se transformar em continuidade científica e em novas linhas de investigação.

Agradeço a Herman Burema pela parceria na construção de estratégias de produção de *Pasteuria penetrans* no oeste da Bahia. Esse trabalho contribuiu para preservar e desenvolver um microrganismo que, posteriormente, daria origem a novas pesquisas e aplicações.

A Rodrigo Loureiro e Alan Juliani, que em 2017 ocupava a presidência da Aprosoja Bahia, agradeço pela confiança e pela colaboração em testes realizados em áreas de produção. A disponibilidade de propriedades, áreas experimentais e condições reais de manejo foi indispensável para avaliar a metodologia fora de ambientes controlados. Alan acreditou na proposta, adotou procedimentos e abriu espaço para que a tecnologia fosse observada em situações concretas, contribuindo para seu aperfeiçoamento.

Registro um agradecimento especial à estudante e bolsista Eduarda da Costa Lucas, cuja participação foi decisiva em diferentes etapas recentes desta trajetória. Eduarda integrou a equipe que se deslocou até o Tocantins para colaborar na implantação do sistema de testes na Agropecuária Franciscus e teve atuação fundamental na organização da logística e nas atividades de implantação da Biofábrica Popular do GAIA, em Cachoeira do Sul. Sua dedicação, responsabilidade e disposição para enfrentar os desafios concretos do trabalho contribuíram diretamente para que essas propostas fossem transformadas em experiências efetivas. Atualmente, Eduarda dá continuidade a essa caminhada como parceira e bolsista na frente de desenvolvimento de preparados homeopáticos associados ao uso dos bioinsumos, tema que também integra seu trabalho de conclusão do curso de Agronomia. Sua trajetória demonstra a importância da formação de estudantes comprometidos, capazes de articular estudo, pesquisa, extensão e atuação prática nos territórios.

Mais recentemente, a Biofábrica Popular do GAIA inaugurou uma nova etapa dessa caminhada, voltada à agricultura familiar, às organizações comunitárias e aos guardiões de sementes crioulas. Agradeço à Associação dos Guardiões das Sementes Crioulas de Ibarama e ao seu presidente, Mário Raminelli, pela confiança no projeto e pela realização de experiências em citros, tabaco, batata-inglesa e milho crioulo. Os resultados obtidos e a disposição para observar, registrar e compartilhar as experiências fortaleceram a proposta de construção de uma tecnologia acessível e territorialmente enraizada.

Agradeço igualmente aos agricultores e guardiões de sementes de Cachoeira do Sul, especialmente àqueles que, mesmo trabalhando em sistemas convencionais, aceitaram experimentar os fungos e modificar práticas de manejo. Poucas manifestações são tão significativas quanto ouvir um agricultor relatar que, enquanto nas áreas vizinhas ocorreram problemas com ácaros, percevejos e mosca-branca, em sua propriedade esses organismos permaneceram controlados e os produtos químicos ficaram guardados no galpão — ou sequer precisaram ser comprados. Esses relatos dão sentido ao trabalho e mostram, de maneira concreta, que a mudança tecnológica também pode representar proteção, economia, autonomia e confiança.

Muitas outras pessoas participaram dessa trajetória. Algumas ofereceram uma ideia; outras, uma conversa, uma área para teste, uma análise, uma orientação, um equipamento, uma crítica ou uma oportunidade. Nem todas poderão ser nomeadas individualmente, mas nenhuma contribuição é considerada pequena. A ciência aplicada e a extensão são construções coletivas, mesmo quando a escrita final leva o nome de uma única autora.

A todos os agricultores, estudantes, técnicos, pesquisadores, professores, consultores, associações, cooperativas, instituições e famílias que confiaram no trabalho, abriram suas propriedades, compartilharam conhecimentos e aceitaram construir respostas em conjunto, registro minha gratidão.

Este livro é também uma forma de devolver a cada um uma parte da história que ajudou a construir.

Prefácio

Conheci a pesquisadora Janaína Tauil Bernardo em novembro de 2025, em Belém-Pará, durante a COP30. Soube por meio de sua irmã, Marina, que ela faria uma apresentação sobre bioinsumos. Como militante da Agroecologia e interessado no assunto, fiquei muito entusiasmado com a possibilidade de poder ouvir sobre resultados concretos. Após sua apresentação continuamos dialogando sobre possibilidades de concorrer a editais que permitissem a expansão da experiência desenvolvida por ela e sua equipe para a região norte, especificamente o estado do Pará.

Nesse processo de diálogo fui conhecendo detalhes por trás da apresentação feita em Belém. A compreensão mais profunda sobre esse processo veio com o convite para prefaciar esta obra, Dez Anos de Inovação em Bioinsumos: pesquisa aplicada, desenvolvimento tecnológico e extensão no campo. A leitura do manuscrito revelou a grandiosidade do trabalho desenvolvido no âmbito de um robusto programa de pesquisa, o projeto Núcleo de Produção de Insumo Orgânico na Propriedade para Uso Próprio sem Fins de Comercialização (NUPIO). O NUPIO envolveu dezenas de pessoas e instituições, durante um período contínuo de 10 anos. Segundo a autora, o livro consolida “um sistema integrado de trabalho, no qual ciência, prática e cooperação se articulam de maneira viva e situada”. A partir da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, foram mobilizadas dezenas de pessoas com as mais diferentes habilidades e instituições com diferentes funções, sob a regência da autora.

As histórias que dão corpo aos oito capítulos dessa obra descrevem um processo que envolve sonho, determinação, resiliência, persistência, compromisso e afetos. Mostram também que fazer ciência é mais do que dominar teorias e métodos canônicos. A sensibilidade, a escuta, a flexibilidade ajudaram na mudança de rumo quando necessária, mas a observância de normas visando à excelência permanece como ação orientadora. Acompanhando a trajetória do NUPIO, o leitor vai descobrir que os momentos de dúvidas não causaram desânimo, serviram como força transformadora para aperfeiçoar as investigações e buscar resultados mais eficientes. Até mesmo os resultados menos interessantes estimularam a curiosidade e a inventividade coletiva.

Os relatos dos casos estão recheados de detalhes técnicos, mas escritos em linguagem acessível aos leitores, mesmo aos mais leigos no tema da fabricação e uso de bioinsumos. No entanto, a preocupação não se restringe aos detalhes técnicos, à precisão dos procedimentos e aplicação correta de um produto. A formação das pessoas envolvidas (Agricultores, estudantes, técnicos, pesquisadores) no conjunto de atividades transformou o NUPIO numa “estratégia de formação, autonomia, inovação e transformação dos sistemas produtivos”, segundo a própria autora.

Os bioinsumos, assim como tantos outros temas ligados à produção agropecuária, estão em disputa na sociedade global. A preocupação com o aumento da produção em escala sempre esteve à frente das preocupações dos pesquisadores e das instituições. A produção em escala foi sempre apoiada

por um arcabouço tecnológico com pouca ou nenhuma preocupação com os efeitos colaterais no ambiente e na saúde humana. Nesse contexto, a busca por produtos e processos que aliem rendimentos expressivos, sustentabilidade ambiental, alimentação de qualidade e em quantidade, passou a ser uma necessidade entendida por parcela da comunidade científica. A trajetória do NUPIO mostra como uma comunidade científica está lidando com um tema que é central para a sustentabilidade dos agroecossistemas em diferentes contextos.

Durante muito tempo se questionou a capacidade de sistemas produtivos de base ecológica atenderem à demanda por alimentos. Alegava-se o custo elevado, a baixa produtividade, a falta de conhecimentos dentre outros. Os processos, os dados e as análises disponibilizadas aos leitores nesta obra colocam fim a essas alegações. A leitura cuidadosa mostra que a tecnologia desenvolvida pelo NUPIO pode não só manter, mas aumentar a produção e o rendimento final dos agroecossistemas. Pode, ainda, evitar a contaminação ambiental pela diminuição efetiva da aplicação de produtos químicos que interferem negativamente na biota e na saúde humana.

As reflexões contidas no conjunto dessa obra apontam questões importantes sobre a potência da pesquisa-ação, da pesquisa engajada e do diálogo entre saberes. O livro não oferece receitas acabadas, o que pode frustrar alguns, mas compartilha reflexões estimulantes de como identificar um problema e transformá-lo num processo de ensino/aprendizagem com múltiplas possibilidades. Mostra a importância das instituições responsáveis pela geração de conhecimentos e inovações tecnológicas e sociais, apoiarem de forma efetiva programas integrados que visem à indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão.

Janaína considera o NUPIO e tudo que ele representa uma tecnologia em movimento. Isto revela de forma clara que os passos seguintes dessa trajetória estão traçados. Não é um caminho pétreo, não é o fim da caminhada, é um chamado a buscar novas possibilidades coletivamente. No capítulo final dessa obra o leitor vai entender que os primeiros 10 anos do NUPIO foi uma preparação coletiva para o que pode ser construído nas próximas décadas. Os resultados mostram, aproximadamente 100 NUPIOs instalados, 1 milhão de hectares envolvidos e centenas de agricultores beneficiados.

Os conhecimentos gerados nessa trajetória darão suporte a uma transformação sem precedente na forma de conduzir agroecossistemas resilientes, de produzir alimentos de qualidade, de conviver de forma harmoniosa com o ambiente e de formar pessoas. Tive a grata satisfação de conhecer pessoas envolvidas com a produção e uso de bioinsumos na região de Cachoeira do Sul e Ibarama, no Rio Grande do Sul. A convite da Janaína, participei da 25ª troca de sementes crioulas em Ibarama, onde pude conhecer pessoas e instituições envolvidas com a trajetória do NUPIO. Me sinto gratificado pela oportunidade de ler este livro e conhecer pessoas que nele estão ativamente envolvidas. Recomendo a leitura a todas as pessoas interessadas em contribuir para o fortalecimento de uma sociedade justa e consciente.

Boa leitura!

William Santos de Azeis

Docente do Instituto Amazônico de Agriculturas Familiares (INEAF) da Universidade Federal do Pará (UFPA)

Capão da Canoa, RS, 17 de agosto de 2026.

Nota da autora

Este livro reúne parte de uma trajetória construída ao longo de dez anos de pesquisa aplicada, desenvolvimento tecnológico e extensão no campo, voltada à produção e ao uso de bioinsumos em diferentes contextos agrícolas.

Mais do que apresentar técnicas ou resultados isolados, esta obra registra um percurso coletivo de experimentação, aprimoramento e transferência de tecnologia, envolvendo estudantes, agricultores, pesquisadores, técnicos, propriedades rurais e organizações parceiras. Ao longo desse período, a produção de bioinsumos deixou de ser apenas um procedimento técnico para se afirmar também como estratégia de formação, autonomia, inovação e transformação dos sistemas produtivos. Nesse caminho, foram sendo desenvolvidos e aperfeiçoados não apenas procedimentos de produção, mas também estruturas físicas, plantas construtivas, equipamentos, processos de controle de qualidade, formas de capacitação e estratégias de acompanhamento em campo. O que este livro documenta, portanto, é a consolidação de um sistema integrado de trabalho, no qual ciência, prática e cooperação se articulam de maneira viva e situada.

Esta é uma obra de transição. Ela não pretende encerrar o tema, mas registrar uma caminhada: seus fundamentos, suas experiências, seus resultados e os aprendizados acumulados ao longo de uma década. Se o próximo livro deverá aprofundar a tecnologia em seus aspectos mais detalhados, este volume procura apresentar a trajetória que tornou possível sua construção e sua difusão.

Como nasceu o NUPIO

Em 2016, durante a preparação dos primeiros materiais para a transferência da tecnologia, eu trabalhava em casa com o engenheiro-agrônomo Cristian Crivelletto, que teve papel importante na aproximação que resultaria na primeira transferência tecnológica realizada em Jataí, Goiás. Procurávamos um nome capaz de expressar a proposta que começava a tomar forma, enquanto examinávamos conceitos, possibilidades e caminhos. Naquele momento, meu filho, Ângelo Gonzalez Tauil Bernardo, então com 12 anos, passou pela sala e disse simplesmente: “NUPIO”. A sonoridade nos chamou imediatamente a atenção. Adotamos a palavra, que passou a representar o Núcleo de Produção de Insumos Orgânicos.

Com o tempo, NUPIO deixou de ser apenas o nome de um projeto. A sigla passou a circular entre agricultores, técnicos, estudantes, pesquisadores e propriedades rurais que incorporaram a tecnologia. Muitos dos que hoje pronunciam esse nome desconhecem sua origem: ele nasceu espontaneamente, dentro de nossa casa, pela voz de um menino que observava, à sua maneira, o trabalho que estava sendo construído.

Créditos do NUPIO

Criação do nome NUPIO: Ângelo González Tauil Bernardo, 2016.

NUPIO é marca mista registrada no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), de titularidade de Angelo Gonzalez Tauil Bernardo.

Sobre a autora



Janaína Tauil Bernardo é engenheira agrônoma, professora universitária e pesquisadora. Atua há cerca de três décadas em pesquisa aplicada, desenvolvimento tecnológico e extensão voltados à produção e ao uso de bioinsumos, especialmente por fermentação em substrato sólido, com ênfase em fungos de interesse agrícola, controle biológico e manejo de doenças e nematoides. Ao longo de sua trajetória, tem se dedicado à aproximação entre conhecimento científico e condições reais de campo, desenvolvendo estratégias de produção

descentralizada, controle de qualidade, formação de equipes e transferência direta de tecnologia para agricultores, organizações e propriedades rurais. Sua atuação integra ensino, pesquisa e extensão, buscando soluções tecnológicas acessíveis, adaptáveis e comprometidas com a autonomia dos agricultores, a redução da dependência de insumos externos e a transformação dos sistemas produtivos.

Sumário

Agradecimentos	5
Prefácio	16
Nota da autora	19
Sobre a autora	21
Capítulo 1	25
Tecnologia brasileira de fermentação sólida para produção de fungos de controle biológico	25
Referência	36
Capítulo 2	37
Tecnologia em construção: erros, aprendizados e expansão inicial	37
Uma fotografia da tecnologia em movimento	37
A mudança de paradigma	37
Da hipótese à pesquisa participativa	38
Formação em etapas	39
<i>Trichoderma</i> como microrganismo-chave da transição	39
Outros agentes biológicos e a ampliação do sistema	40
Erros, limites e aprendizados	41
Expansão inicial: alcance entre 2017 e 2020	42
Do alcance potencial à redução efetiva	43
O que a experiência ensinou	44
Perspectivas abertas em 2021	45
Nota sobre as fontes do capítulo	45
Capítulo 3	46
Da CEPLAC à captura <i>on farm</i> de <i>Trichoderma</i>	46
Uma visita que abriu uma nova pergunta	46
Por que buscar isolados locais?	47
Dois agroecossistemas, uma mesma metodologia	48
O método passo a passo	48
O que foi obtido	50
O que o artigo demonstrou — e o que ainda exigia pesquisa	50
Uma tecnologia acessível, construída em rede	51
Nota editorial	52
Referências	52
Capítulo 4	54
<i>Pasteuria penetrans</i> no manejo de <i>Meloidogyne javanica</i> no Rio Grande do Sul	54

Uma família, vinte anos de perdas	54
Diagnosticar antes de intervir	55
A primeira etapa: produzir o inóculo	56
Da casa de vegetação à área agrícola	57
Seis anos de acompanhamento sem nova aplicação	59
O que esta experiência permite afirmar	61
A continuidade da pesquisa: do mestrado ao doutorado	61
Uma tecnologia pequena na dose e extensa no tempo	62
Referências	63
Capítulo 5.....	64
<i>Trichoderma</i> e preparados homeopáticos na cultura do arroz.....	64
Um curso que abriu outro campo de investigação	64
Da pequena sala às lavouras do Tocantins	65
O experimento no IRGA	65
Preparados, aplicações e avaliações	66
O resultado central: produtividade	67
O que aconteceu com a brusone.....	68
Uma combinação promissora, não uma receita pronta	68
Um campo que continua aberto.....	69
Referências	69
Capítulo 6.....	71
Da transferência de tecnologia aos resultados no campo.....	71
Bioinsumos como mudança de manejo	71
A Fazenda Bom Jardim Lagoano e o processo de transição	73
A implantação do núcleo dentro da fazenda.....	73
O manejo de doenças e insetos-praga	74
A dimensão da redução do uso de produtos químicos.....	74
Transformações observadas nos talhões.....	75
Recuperação da vida no sistema agrícola	76
Redução do uso de cloreto de potássio.....	76
Do relato do produtor à sistematização científica.....	76
Evolução do custo de produção.....	77
Produtividade e resiliência.....	78
Aumento da rentabilidade	78
Uma experiência construída coletivamente	79
Considerações finais.....	80
Referência	80
Capítulo 7.....	81

Da produção comunitária aos resultados nos territórios.....	81
Da estrutura desativada à biofábrica comunitária.....	82
Produção, controle de qualidade e viabilidade técnica.....	83
Uma rede de distribuição para uso próprio	83
Ibarama: a resposta dos guardiões e a diversidade de cultivos	84
Perci Frantz: bioinsumos depois das enchentes	86
O que os resultados permitem afirmar.....	87
Da biofábrica popular à autonomia territorial.....	87
Considerações finais.....	88
Referências	89
Capítulo 8.....	90
Uma tecnologia em movimento: resultados acumulados e perspectivas futuras	90
Do acompanhamento presencial à transferência tecnológica em escala ampliada	90
A caixa microbiológica como tecnologia social de baixo custo.....	91
Novos equipamentos e semi-automatização da produção.....	94
O alcance territorial e a diversidade de usos	94
A experiência da Fazenda Bom Jardim Lagoano.....	95
A construção de um levantamento nacional	96
Uma rede nacional para a agricultura familiar.....	96
Pesquisa, qualidade e cooperação científica.....	97
Conhecimento, autonomia e futuro.....	97
Referência	98
Índice Remissivo	99

Capítulo 1

Tecnologia brasileira de fermentação sólida para produção de fungos de controle biológico

A trajetória do projeto NUPIO apresentada na COP30

A apresentação realizada na COP30 sintetiza uma trajetória de pesquisa construída ao longo de quase uma década, entre 2016 e 2025, em torno de uma pergunta concreta: seria possível produzir fungos de controle biológico diretamente nas propriedades rurais, com alta qualidade, baixo custo e segurança, permitindo que agricultores, associações e cooperativas reduzissem sua dependência de agrotóxicos e ampliassem sua autonomia? A resposta foi sendo construída por meio do projeto NUPIO — Núcleo de Produção de Insumo Orgânico na Propriedade para Uso Próprio sem Fins de Comercialização — e de uma tecnologia brasileira de fermentação sólida desenvolvida de forma participativa, em interação permanente com produtores rurais e suas equipes (Fotografia 2).



Fotografia 2. Professora Janaína Tauil Bernardo em laboratório particular, em Cachoeira do Sul (RS), com fungos produzidos por fermentação em substrato sólido, em maio de 2024. Nesse espaço foram desenvolvidas, testadas e aperfeiçoadas etapas da tecnologia de produção de bioinsumos ao longo de sua trajetória de pesquisa. Fonte: acervo da autora, 2024.

Minha formação sempre esteve ligada à microbiologia agrícola, à fitopatologia e ao controle biológico. Sou engenheira-agrônoma, formada pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, onde realizei iniciação científica na Embrapa Agrobiologia entre 1996 e 1998. Fiz mestrado na Universidade Federal de Viçosa, entre 2008 e 2010, e doutorado na Embrapa Clima Temperado, com vínculo no programa de pós-graduação em fitossanidade da Universidade Federal de Pelotas, entre 2013 e 2017. Desde 2011, sou docente da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, e, entre 2021 e 2022, realizei pós-doutorado no Instituto Biológico de São Paulo. Essa trajetória acadêmica forneceu as bases científicas para o domínio da fermentação sólida e da produção de fungos, mas foi o contato direto com as propriedades que permitiu transformar conhecimento laboratorial em uma tecnologia aplicável em condições reais e em diferentes escalas.

A motivação para esse trabalho não nasceu apenas de uma questão produtiva. Ela esteve profundamente relacionada à preocupação com os impactos dos agrotóxicos sobre o ambiente e a saúde. Já em 2016, a leitura de estudos sobre a contaminação da água por agrotóxicos — entre eles pesquisas desenvolvidas em Lucas do Rio Verde e investigações sobre a água da torneira em diferentes capitais brasileiras — despertava em mim uma inquietação crescente. Eu queria compreender o que ocorria em Cachoeira do Sul e, ao mesmo tempo, construir uma alternativa capaz de reduzir o uso de venenos em larga escala.

Essa preocupação deu origem ao trabalho de conclusão de curso de Evandro de Oliveira Lucas, desenvolvido sob minha orientação. A pesquisa foi construída entre 2017 e 2018 e contou com a colaboração generosa da pesquisadora Marilise Oliveira Mesquita, do campo da Saúde Coletiva da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, além da participação de José Antônio Kroeff Schmitz. O artigo resultante foi publicado em 2020, mas a busca que o originou começara anos antes, quando ainda procurávamos reunir referências, viabilizar as análises e compreender a dimensão do problema no município.

Foram realizadas cinco campanhas de amostragem, entre agosto de 2017 e março de 2018, em três pontos: no rio Jacuí, a montante da estação de tratamento; na água tratada coletada na própria estação; e na água fornecida pelo sistema público, retirada da torneira de uma instituição de ensino. Ao todo, foram analisadas 15 amostras. Resíduos de agrotóxicos foram detectados em todas elas, e 18 ingredientes ativos foram identificados. O imidacloprido apresentou a maior incidência e concentração, seguido por clomazone e quincloraque. Os resultados mostraram ainda que o tratamento convencional não eliminava esses compostos: eles persistiam na água destinada ao consumo cotidiano da população (Lucas et al., 2020).

Constatar que os agrotóxicos empregados nas lavouras chegavam ao rio e permaneciam na água da torneira tornou a questão impossível de ignorar. Para mim, não bastava denunciar a contaminação ou esperar por uma mudança abstrata do modelo agrícola. Era necessário desenvolver

e ampliar alternativas tecnicamente viáveis. Se parte expressiva dos fungicidas e inseticidas utilizados na agricultura pudesse ser substituída por agentes biológicos, inclusive em áreas extensivas, seria possível reduzir de maneira concreta o volume de substâncias químicas lançado no ambiente.

Naquele período, porém, essa disposição encontrava um cenário institucional e pessoal muito difícil. Eu vivia um forte isolamento no município e me sentia marginalizada dentro da própria unidade universitária, em meio a disputas pequenas por espaço e poder. Ao mesmo tempo, a produção *on farm* para uso próprio era então tratada como não autorizada pela legislação, o que aumentava a insegurança e fazia com que poucas pessoas estivessem dispostas a se vincular a uma iniciativa desse tipo. Eu era muito sonhadora, estava decidida a arregaçar as mangas e, durante muito tempo, acreditei que precisaria seguir praticamente sozinha.

Minha condição neurológica — hoje compreendida por mim como autismo leve — também participou dessa trajetória. Diante de um ambiente adverso, fiz aquilo que sempre soube fazer: escolhi um ponto e mantive o foco. Havia conflitos de um lado, problemas desmoronando do outro, e eu continuava seguindo a linha de trabalho que havia definido. Parte do avanço alcançado nasceu dessa capacidade de concentração e perseverança; outra parte, entretanto, teve um custo pessoal elevado, produzido pelo isolamento, pela hiperconcentração e pela ausência de uma rede que compartilhasse responsabilidades.

Um episódio sintetiza o grau de exaustão daquele período. Certa vez, cheguei ao aeroporto para viajar e prestar assistência técnica usando ainda a calça do pijama. Eu havia saído de casa sem perceber que não a trocara. Precisei entrar em uma loja do aeroporto e comprar uma calça jeans antes de seguir viagem. Hoje, ao olhar para trás, essa lembrança me emociona. Vejo uma mulher que se esforçou profundamente, que se determinou a avançar de qualquer maneira e que, em muitos momentos, ultrapassou os próprios limites para sustentar uma causa em que acreditava.

Reconheço esse tipo de sacrifício na trajetória de muitas mulheres comprometidas com causas coletivas. Em minha experiência, são frequentemente elas que assumem silenciosamente cargas enormes para que projetos, famílias e comunidades não parem. Essa entrega merece ser reconhecida, mas não deve ser tomada como o modo correto de construir uma transformação. O caminho saudável e duradouro é o trabalho em grupo, com responsabilidades compartilhadas, apoio institucional e cuidado com quem realiza o trabalho. A determinação individual foi decisiva para que o projeto sobrevivesse àquele início, mas a própria trajetória ensinou que nenhuma tecnologia social deve depender do esgotamento de uma única pessoa.

Foi a partir desse conjunto — a evidência da contaminação da água, a urgência de reduzir agrotóxicos, a confiança na fermentação sólida e a decisão de persistir apesar do isolamento — que o projeto ganhou direção. O desenvolvimento tecnológico e a extensão aplicada tornaram-se, para mim, uma resposta concreta a um problema de saúde coletiva e ambiental. Essa origem ajuda a compreender

por que o NUPIO não foi concebido apenas como uma estrutura de produção, mas como instrumento de redução de venenos, formação de pessoas e ampliação da autonomia nas propriedades rurais.

Foi nesse contexto que surgiu a decisão de trabalhar também com propriedades de maior escala. Essa escolha nem sempre foi compreendida com facilidade, especialmente nos espaços ligados à agroecologia. Havia um desconforto com a ideia de estabelecer parcerias com produtores vinculados ao agronegócio. Entretanto, meu entendimento era que reduzir agrotóxicos justamente nas áreas em que eles eram utilizados em grandes volumes constituía uma ação ambientalmente relevante. O trabalho com grandes propriedades não substituiu nem diminuiu o compromisso com a agricultura familiar. Ao contrário, permitiu testar, aperfeiçoar e consolidar uma tecnologia que, posteriormente, poderia ser adaptada e democratizada para agricultores familiares, associações e cooperativas.

O desenvolvimento do NUPIO percorreu, de certa maneira, um caminho inverso ao roteiro mais convencional da pesquisa. Em vez de permanecer exclusivamente na seleção experimental de isolados, nas avaliações de concentração ou no planejamento de processos em pequena escala, partimos de uma demanda concreta: produzir fungos de controle biológico dentro das propriedades e fazê-lo funcionar sob as pressões reais de tempo, volume, equipe, infraestrutura e aplicação no campo. A pesquisa continuou sendo rigorosa, mas passou a incorporar as perguntas que emergiam da prática e as soluções construídas coletivamente.

A metodologia participativa foi organizada a partir de produtores associados e decididos a produzir e utilizar bioinsumos sólidos para substituir parcialmente os agrotóxicos. O processo reuniu quatro componentes complementares. O primeiro foi o curso de capacitação, no qual eram apresentados os fundamentos da metodologia, as estruturas construtivas necessárias, os regulamentos, as etapas de produção e os procedimentos simplificados de controle de qualidade. O formato inicial compreendia dois dias de atividades teóricas e um dia de prática. O segundo componente foi a assistência técnica para a criação do núcleo de produção e para a implantação do controle de qualidade na própria unidade. O terceiro foi a troca de experiências entre produtores e equipes. O quarto foi a incorporação de novas ideias para solucionar as limitações que surgiam durante o processo. Dessa combinação nasceu a inovação do método.

Eu conhecia a fermentação e dominava os fundamentos da produção sólida de fungos. O desafio era transformar esse conhecimento em uma rotina que pudesse ser executada por equipes locais, com capacidade para produzir toneladas e atender áreas extensas. Essa expertise não foi construída isoladamente pela Universidade. Ela resultou da parceria. Os produtores e seus trabalhadores identificavam dificuldades, sugeriam adaptações e testavam soluções. Quando aparecia uma limitação, discutíamos por que ela ocorria, propúnhamos uma nova forma de realizar determinada etapa e avaliávamos o resultado. Algumas mudanças melhoravam a engenharia do processo; outras

reduziam o tempo de trabalho, facilitavam o manuseio ou aumentavam a segurança. Assim, a tecnologia foi sendo aperfeiçoada em ciclos sucessivos.

No início, havia o impulso de crescer rapidamente, produzir cada vez mais e resolver simultaneamente todos os aspectos do sistema. A experiência ensinou que era melhor organizar o trabalho em ciclos, observar os resultados e consolidar cada avanço antes de incorporar uma nova modificação. Essa mudança tornou o processo mais estável e permitiu adequá-lo à demanda de cada propriedade, considerando os microrganismos que se pretendia produzir, a área atendida, a infraestrutura disponível e a capacidade da equipe.

A organização das equipes revelou ainda um aspecto social importante. Mais de 80% das pessoas que assumiram diretamente as rotinas de produção eram mulheres. Muitas delas não possuíam formação superior quando começaram, mas demonstraram capacidade para gerenciar os núcleos, acompanhar os processos, registrar resultados e executar o controle de qualidade. Algumas prosseguiram seus estudos e buscaram formação superior. A tecnologia, portanto, não gerou apenas uma alternativa produtiva: criou espaços de qualificação, responsabilidade técnica e valorização profissional dentro das propriedades.

As trocas de experiências foram igualmente decisivas. As equipes visitavam outras unidades, comparavam estruturas, observavam soluções e compartilhavam aquilo que haviam aprendido. Técnicos e agrônomos de cooperativas também passaram a visitar lavouras conduzidas com os bioinsumos. Chamavam atenção o enraizamento, o desenvolvimento das plantas e os resultados obtidos em culturas como soja e trigo. No entanto, desde o início, procuramos enfatizar que produtividade isolada não era suficiente. Uma lavoura poderia apresentar alta produtividade e, ao mesmo tempo, deixar grande parte do resultado econômico nos pacotes de insumos. O indicador fundamental era a rentabilidade: aquilo que, depois dos custos, permanecia efetivamente com o produtor.

O sistema desenvolvido pelo NUPIO demonstrou que uma unidade de produção biológica poderia funcionar dentro de uma propriedade rural com tecnologia, profissionais capacitados e controle de qualidade. Se diferentes tipos de agroindústria já operavam no interior de empreendimentos rurais, não havia razão para considerar impossível uma estrutura destinada à produção de fungos de controle biológico, desde que fossem respeitados os requisitos técnicos, sanitários e legais. Na época em que o projeto começou, ainda não existia uma regulamentação específica capaz de abranger com clareza todas essas situações. Por isso, a iniciativa foi conduzida como projeto de pesquisa e precisou avançar em um ambiente de incerteza jurídica. Posteriormente, o marco legal dos bioinsumos passou a oferecer novas referências para esse campo.

A tecnologia foi orientada por dois eixos: baixo custo e alta qualidade. Entre os avanços alcançados estiveram o uso de isolados locais, a possibilidade de controle de pragas e doenças em

diferentes cultivos, a redução pela metade do tempo de fermentação, a eliminação da etapa de secagem, o armazenamento do produto por até 12 meses, a obtenção de concentração mínima de 10^{10} conídios em 100% do produto e a manutenção de uma taxa de contaminação inferior a 10%. Em comparação com processos que indicavam aproximadamente 17 dias de fermentação, reduzir esse período pela metade alterou significativamente a capacidade operacional das unidades e a organização dos ciclos de produção.

Também foram desenvolvidos e utilizados procedimentos simples para a coleta e o isolamento de microrganismos. Parte desse conhecimento foi publicada em artigo científico a partir de 2020, embora a tecnologia já estivesse sendo utilizada anteriormente. A capacidade de coletar, isolar, avaliar e multiplicar microrganismos locais aumentou a autonomia do projeto e permitiu trabalhar com materiais adaptados às condições das propriedades. Esses procedimentos não dispensavam rigor. Ao contrário, exigiam acompanhamento passo a passo, avaliação de viabilidade, germinação, pureza e desempenho biológico.

O controle de qualidade tornou-se uma dimensão central. As equipes aprenderam a avaliar os lotes produzidos no próprio NUPIO e passaram também a examinar produtos biológicos adquiridos de empresas. Em uma das avaliações relatadas durante o projeto, o material produzido na propriedade apresentou aproximadamente 90% de germinação após cerca de oito horas de incubação. A comparação entre lotes ajudou os produtores a compreender que o simples fato de um produto ser denominado biológico não assegura, por si só, sua qualidade. É preciso verificar concentração, viabilidade, contaminação e capacidade efetiva de atuação do microrganismo.

À medida que os produtores adquiriram segurança, alguns passaram a investir em outras tecnologias, inclusive processos líquidos e produção de bactérias. Quando esse trabalho começou, há cerca de dez anos, a agricultura regenerativa ainda não possuía a projeção que alcançaria posteriormente. A experiência bem-sucedida com a produção de fungos abriu caminho para que as equipes investigassem outras possibilidades. O foco do nosso projeto, contudo, permaneceu na fermentação sólida e na produção de fungos de controle biológico.

Outra inovação do modelo foi o financiamento direto dos NUPIOs pelos produtores rurais. A pesquisa não dispunha de financiamento institucional suficiente para implantar todas as estruturas necessárias. A alternativa foi estabelecer parcerias com produtores interessados, que custeavam a implantação e a assistência técnica enquanto a Universidade aportava conhecimento, pesquisa, formação e acompanhamento. Essa configuração permitiu testar a tecnologia em escala real e produzir benefícios para ambas as partes. Os produtores reduziam custos, adquiriam autonomia e aperfeiçoavam o manejo; a pesquisa reunia dados, identificava limitações e desenvolvia soluções que dificilmente seriam observadas apenas em condições laboratoriais.

Os números alcançados demonstram a dimensão desse processo. Os cursos capacitaram produtores responsáveis por uma área total de aproximadamente 960 mil hectares. A assistência técnica para implantação direta foi realizada em 21 NUPIOs, somando 376.750 hectares. Foram duas unidades em São Paulo, atendendo 2.500 hectares; duas em Minas Gerais, 6.000 hectares; uma no Paraná, 1.250 hectares; uma em Mato Grosso do Sul, 2.500 hectares; quatro em Mato Grosso, 300.000 hectares; três em Goiás, 30.000 hectares; uma no Tocantins, 5.000 hectares; uma no Pará, 3.000 hectares; duas no Rio Grande do Sul, 1.500 hectares; e quatro na Bahia, 25.000 hectares. Também houve experiências e capacitações envolvendo produtores de outras regiões e uma propriedade no Paraguai.

A diversidade dessas unidades foi fundamental. Não se tratava de aplicar um modelo rígido, igual para todos, mas de preservar os princípios técnicos enquanto se ajustavam fluxos, volumes e estruturas. Havia propriedades com demandas relativamente pequenas e outras voltadas a dezenas de milhares de hectares. Trabalhar nessa amplitude permitiu compreender quais componentes eram essenciais, e quais poderiam ser simplificados e quais precisavam ser adaptados a cada realidade.

Apesar da abrangência nacional, a apresentação realizada na COP30 concentrou os resultados econômicos e ambientais em duas experiências cujos dados haviam sido sistematizados para a safra de soja 2024/2025: a Fazenda Durigon, no Rio Grande do Sul, e a Fazenda Marabá, de Rubens Sacchetto Sanchez, em São Paulo. Esses casos evidenciam o que a produção de bioinsumos sólidos na propriedade pode representar em redução de defensivos, custos e emissões de carbono.

Na Fazenda Durigon (Fotografia 3), com 900 hectares, o manejo convencional da soja incluía até quatro aplicações de fungicidas por safra. Os produtos apresentados foram Fusão, Mancozeb, Aproach e Fox Ultra, com custo total de R\$ 450.000,00. Com a introdução do NUPIO, o custo com fungicidas foi reduzido em 75%, passando para R\$ 112.500,00. No manejo de insetos, eram realizadas cinco aplicações por safra, com produtos como abamectina, Belt e Prêmio. O custo convencional total de R\$ 315.000,00 foi reduzido pela metade, chegando a R\$ 157.500,00.

Quando fungicidas e inseticidas são considerados em conjunto, o custo convencional com defensivos agrícolas na Fazenda Durigon era de R\$ 765.000,00, equivalente a R\$ 850,00 por hectare. Com o NUPIO, esse custo caiu para R\$ 270.000,00, ou R\$ 300,00 por hectare. A diferença representa uma economia de R\$ 495.000,00 em uma única safra. A redução também aparece de maneira concreta nos volumes utilizados: os fungicidas passaram de 2.700 litros para 675 litros, e os inseticidas, de 662 litros para 331 litros.



Fotografia 3. Viane Durigon, produtor rural, em lavoura de soja da Fazenda Durigon, em Cachoeira do Sul (RS), no final de 2025, durante o período inicial de utilização do NUPIO na propriedade. Fonte: acervo do projeto, 2025.

Na Fazenda Marabá, localizada no município de Iepê, São Paulo, de propriedade de Rubens Sacchetto Sanchez e outros (Fotografia 4), com 2.000 hectares, foram sistematizados os resultados referentes aos inseticidas. No sistema convencional, eram realizadas cinco aplicações por safra, utilizando Perito 970 SG e Talisman. O custo total era de R\$ 600.000,00, correspondente a R\$ 300,00

por hectare. Com o NUPIO, o custo caiu para R\$ 300.000,00, ou R\$ 150,00 por hectare. O volume de inseticidas também foi reduzido pela metade, passando de 8.500 litros para 4.250 litros.



Fotografia 4. O produtor Rubens Sacchetto Sanchez junto às instalações do núcleo de produção de bioinsumos da Fazenda Marabá, em Iepê (SP), durante atividade de assistência técnica do Projeto NUPIO, em fevereiro de 2023. Fonte: acervo do projeto, 2023.

Esses resultados demonstram que a substituição parcial de defensivos químicos por bioinsumos não pode ser avaliada apenas pelo preço unitário do produto. É necessário considerar o sistema como um todo: número de aplicações, volume utilizado, desempenho da lavoura,

produtividade, autonomia da equipe e rentabilidade final. Nas duas propriedades, a tecnologia permitiu reduzir expressivamente a entrada de produtos químicos sem comprometer a produtividade, ao mesmo tempo que diminuiu os custos de produção.

Para a apresentação na COP30, esses volumes foram convertidos também em uma estimativa de emissões de gases de efeito estufa evitadas. Na safra 2024/2025, a redução de 2.025 litros de fungicidas, considerando um fator médio de 9,8 kg de CO₂ equivalente por litro, correspondeu a 19.845 kg de CO₂ evitados. A redução de 4.581 litros de inseticidas, com fator médio de 12 kg de CO₂ por litro, correspondeu a 54.972 kg de CO₂. Somadas, as duas categorias representaram uma emissão evitada estimada em 74.817 kg de CO₂ equivalente — aproximadamente 74 toneladas em uma única safra.

Os fatores utilizados na apresentação, associados à European Commission Life Cycle Database e ao AgriFootprint 5.0, consideram etapas do ciclo de vida das formulações comerciais, incluindo síntese química, formulação, transporte e aplicação. Por isso, a redução do volume utilizado possui significado que ultrapassa a propriedade: ela representa menor demanda por produção industrial, transporte e distribuição de defensivos. Como referência de grandeza, as 74 toneladas de CO₂ e correspondem aproximadamente ao carbono absorvido em um ano por mais de 3.500 árvores em crescimento ou às emissões anuais de cerca de 16 automóveis.

A relevância ambiental foi acompanhada por uma vantagem econômica igualmente concreta. No caso da Fazenda Durigon, a redução dos gastos de R\$ 765 mil para R\$ 270 mil mostrou que a tecnologia de baixo carbono também pode ser uma tecnologia de aumento de eficiência e rentabilidade. Essa convergência é essencial para que uma inovação seja efetivamente adotada. O produtor precisa reconhecer o benefício ambiental, mas também precisa ter segurança produtiva, domínio do processo e resultado econômico.

No início dessa trajetória, a coordenação do curso recebeu uma notificação extrajudicial da Associação Brasileira das Empresas de Controle Biológico (ABCBio), datada de 16 de maio de 2017. O documento levantava questionamentos jurídicos, regulatórios, sanitários e técnicos relacionados à multiplicação de microrganismos nas propriedades rurais. Em resposta, apresentamos uma contranotificação extrajudicial e reformulamos alguns termos empregados na programação, esclarecendo que a proposta se destinava à produção de insumo orgânico para uso próprio, sem fins de comercialização e sob responsabilidade técnica. Foi nesse contexto que se consolidou a denominação “Núcleo de Produção de Insumo Orgânico” — NUPIO. O curso foi realizado normalmente, de 24 a 26 de maio de 2017, mas o episódio nos levou a adotar maior cautela na apresentação pública da tecnologia e de seus resultados, em um período no qual seu enquadramento regulatório ainda suscitava diferentes interpretações.

Além disso, parte dos conhecimentos e das soluções tecnológicas desenvolvidos ao longo do projeto permaneceu sem publicação durante vários anos. Era necessário acompanhar seu funcionamento nas propriedades, corrigir limitações, incorporar os aprendizados provenientes do uso cotidiano e refletir sobre a forma mais adequada de disponibilizá-los. Nesse período, realizei diferentes consultas ao Núcleo de Inovação Tecnológica da Uergs, registradas em correspondências institucionais, buscando compreender as possibilidades de proteção intelectual das tecnologias. Posteriormente, optei por não restringir seu acesso por meio de patente, mas por sistematizá-las e compartilhá-las como tecnologias sociais, voltadas à apropriação por comunidades, associações e famílias agricultoras.

Foi o que ocorreu com a caixa microbiológica, concebida a partir de pesquisa bibliográfica, da observação de experiências anteriores e de sucessivos testes, e posteriormente aperfeiçoada com contribuições de técnicos que a utilizaram em condições reais. Depois de anos de desenvolvimento e validação, suas dimensões e orientações construtivas foram sistematizadas em artigo científico aceito na Revista Brasileira de Estudos CTS e são apresentadas também nesta obra. Esse percurso mostra que as tecnologias foram concebidas e sistematizadas sob minha coordenação científica, mas validadas e aprimoradas por meio da interação contínua com produtores, profissionais da assistência técnica e equipes responsáveis por sua aplicação.

Ainda assim, o conjunto da experiência permite uma conclusão clara. A tecnologia não foi construída apenas pela soma de equipamentos ou pela reprodução de um protocolo laboratorial. Ela nasceu da articulação entre conhecimento científico, fermentação sólida, capacidade operacional das equipes, controle de qualidade e experiência prática dos produtores. Eu sabia produzir os fungos; a parceria ensinou como organizar essa produção em grande escala, como enfrentar limitações reais, como formar pessoas e como transformar o processo em uma rotina capaz de atender extensas áreas agrícolas.

O NUPIO demonstra que é possível instalar estruturas de produção biológica dentro das propriedades, formar equipes qualificadas, valorizar o trabalho das mulheres, produzir fungos de alta qualidade, reduzir custos e diminuir significativamente o uso de produtos químicos. Demonstra também que o produtor pode deixar de ser apenas consumidor de um pacote tecnológico e tornar-se participante ativo da construção, avaliação e aperfeiçoamento da tecnologia que utiliza.

Esse talvez seja um dos resultados mais importantes da trajetória. A produção de bioinsumos não representa somente a substituição de um produto químico por um produto biológico. Ela pode modificar a relação dos agricultores com o conhecimento, com o solo, com os microrganismos e com a própria tomada de decisões. Quando o produtor aprende a produzir, controlar a qualidade, observar os resultados e discutir tecnicamente as limitações, ele adquire autonomia e passa a participar de uma transição mais profunda nos sistemas agrícolas.

A experiência apresentada na COP30 mostra que a fermentação sólida desenvolvida pelo NUPIO pode reduzir emissões de carbono já na primeira safra, por meio da substituição parcial de fungicidas e inseticidas químicos por bioinsumos produzidos na propriedade. Mostra, ao mesmo tempo, que essa redução pode ocorrer com ganhos econômicos e sem perda de produtividade. O desafio seguinte é fazer com que o conhecimento acumulado em diferentes escalas possa chegar, com responsabilidade e qualidade, às famílias agricultoras, associações e cooperativas brasileiras.

Ao articular ciência, participação e autonomia, essa tecnologia oferece uma contribuição concreta para sistemas agrícolas de baixo carbono. Agricultores familiares, organizações coletivas e propriedades rurais podem assumir papel protagonista nessa transição, contribuindo diretamente para as metas debatidas na COP30 e para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 12 e 13, relacionados ao consumo e à produção responsáveis e à ação contra a mudança global do clima. O caminho construído ao longo desses anos demonstra que a transformação não depende apenas de uma inovação isolada, mas da capacidade de produzir conhecimento em parceria, formar pessoas e converter resultados científicos em soluções acessíveis para a sociedade.

REFERÊNCIA

Lucas, E. de O., Bernardo, J. T., Mesquita, M. O., & Schmitz, J. A. K. (2020). Contaminação dos recursos hídricos por agrotóxicos na região central do Rio Grande do Sul, Brasil. *Research, Society and Development*, 9(9), e242997128-e242997128. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7128>

Capítulo 2

Tecnologia em construção: erros, aprendizados e expansão inicial

A trajetória do projeto NUPIO entre 2017 e 2020, apresentada ao GAAS em 2021

UMA FOTOGRAFIA DA TECNOLOGIA EM MOVIMENTO

A apresentação realizada em 28 de abril de 2021, durante o 7º Encontro Técnico de Agricultura Sustentável, promovido pelo GAAS — Grupo Associado de Agricultura Sustentável —, registrou um momento particular da trajetória do projeto NUPIO. A tecnologia já havia deixado de ser apenas uma ideia formulada no papel, mas ainda estava em plena construção. Existiam propriedades capacitadas, núcleos produzindo, resultados de campo e uma rede de técnicos e produtores trocando experiências. Ao mesmo tempo, persistiam dificuldades de implantação, falhas de rotina, limitações de recursos humanos e perguntas técnicas que somente a prática poderia revelar.

Por isso, essa fala não deve ser lida como a exposição de um método pronto e acabado. Ela constitui uma fotografia histórica de quatro anos de experimentação participativa, entre 2017 e 2020. O interesse desse registro está justamente em mostrar a passagem entre a hipótese inicial e uma tecnologia capaz de alcançar diferentes estados, culturas e escalas produtivas. Os números apresentados pertencem àquele momento e não devem ser confundidos com a expansão posterior do projeto.

A mudança de paradigma

Naquele encontro, compartilhei a experiência a convite do produtor Sandro Henkes e do engenheiro agrônomo Rogério Vian, em um espaço constituído por produtores e profissionais empenhados em construir uma agricultura brasileira mais sustentável. O [vídeo da palestra, apresentada no 7º Encontro Técnico de Agricultura Sustentável, em 28 de abril de 2021](https://www.youtube.com/live/JWWz5QuLlyQ)¹, foi publicado no canal do GAAS e tornou-se também uma forma de circulação pública desse conhecimento. A apresentação articulava motivação ambiental, fundamentos do controle biológico, exemplos de produção na propriedade e um primeiro balanço quantitativo da expansão do NUPIO.

¹ <https://www.youtube.com/live/JWWz5QuLlyQ>

O ponto de partida era a percepção de uma crise que ultrapassava a agricultura. Tratava-se de uma crise econômica, ambiental e também da forma como a sociedade se relacionava com os recursos do planeta. Questões como qualidade dos alimentos, resíduos de agrotóxicos e presença de contaminantes na água da torneira já pressionavam pesquisadores, produtores e consumidores a buscar novos caminhos. Em Cachoeira do Sul, a pesquisa conduzida por nossa equipe sobre resíduos de pesticidas na água reforçou concretamente essa preocupação e deu sentido urgente ao desenvolvimento de alternativas.

No campo econômico, também se tornava evidente que a sustentabilidade passaria a influenciar cada vez mais o acesso aos mercados. A capacidade de reduzir impactos ambientais, manter produtividade e melhorar a eficiência deixava de ser apenas uma escolha ética e começava a constituir uma exigência competitiva. Nesse contexto, o GAAS defendia uma agricultura de processos, na qual o produtor pudesse compreender e manejar as relações biológicas do sistema, em contraste com a dependência exclusiva de pacotes de produtos.

A produção de microrganismos na propriedade se inseria nessa mudança. Seu objetivo não era simplesmente substituir uma embalagem química por outra biológica, mas devolver ao produtor parte da autonomia sobre os insumos, o conhecimento e as decisões de manejo. A proposta combinava baixo custo, controle de qualidade, formação de equipes e uso próprio, sem finalidade de comercialização. A propriedade rural era compreendida como capaz de conduzir fermentações de qualidade, assim como já realizava outras formas de transformação agroindustrial, desde que contasse com capacitação, estrutura adequada e acompanhamento de profissional responsável.

Da hipótese à pesquisa participativa

O projeto partiu de uma hipótese simples e, ao mesmo tempo, ousada: uma empresa rural poderia produzir fermentados fúngicos e bacterianos com qualidade suficiente para o controle biológico de pragas e doenças. Se cervejas, vinhos, queijos, compostos e biofertilizantes eram produzidos em ambientes rurais, também seria possível organizar a multiplicação de microrganismos de interesse agrícola. A diferença estaria no rigor exigido para manter identidade, concentração, viabilidade e pureza do agente biológico.

A pesquisa foi organizada de forma participativa. Cada propriedade capacitada funcionava, em certa medida, como uma extensão do grupo de pesquisa. Os produtores, gestores, engenheiros-agrônomos e auxiliares registravam o que acontecia, compartilhavam dificuldades e testavam ajustes dentro dos princípios estabelecidos. A extensão rural e a pesquisa deixavam de ser etapas separadas: ao mesmo tempo em que o conhecimento era aplicado, novos dados eram produzidos e a metodologia era aperfeiçoada.

Essa forma de trabalhar exigia comunicação permanente. Antes da pandemia, as atividades incluíam cursos presenciais, visitas técnicas, convivências e estágios. Depois, ampliaram-se as formações a distância e os grupos específicos de WhatsApp. A circulação de experiências permitia que um problema identificado em uma unidade se transformasse em aprendizado para outras. Também tornava visível que o sucesso não dependia apenas do equipamento ou do protocolo, mas da existência de uma equipe capaz de manter rotina, registrar procedimentos, reconhecer desvios e pedir apoio.

Formação em etapas

A capacitação começava pelo gestor da propriedade, que precisava compreender o processo em seu conjunto: custos, infraestrutura, equipamentos, mudanças de rotina e responsabilidades. Em seguida, o profissional de nível superior responsável pelo núcleo recebia formação específica para supervisionar a produção e o controle de qualidade. Esse profissional treinava os auxiliares que executariam as atividades cotidianas. Mesmo para volumes elevados, duas a quatro pessoas poderiam ser suficientes, desde que houvesse clareza de funções, continuidade e organização.

Nos formatos apresentados em 2021, as capacitações a distância reuniam grupos pequenos, de até cinco propriedades, com aproximadamente 30 horas. As formações presenciais atendiam até 20 participantes, com cerca de 24 horas de teoria, prática, visitas e troca de experiências. Mais importante do que a carga horária isolada era a continuidade posterior: a implantação exigia acompanhamento, revisão de procedimentos e disponibilidade para solucionar problemas que surgiam quando o protocolo encontrava a realidade da propriedade.

Trichoderma como microrganismo-chave da transição

Entre os microrganismos trabalhados, *Trichoderma* ocupava posição central. Além de atuar diretamente sobre patógenos de solo e de raiz, o fungo participa de processos relacionados à disponibilização de nutrientes, à decomposição da matéria orgânica e ao desenvolvimento do sistema radicular. Também pode contribuir para que as plantas respondam melhor a condições de estresse. Por reunir funções de controle biológico e de promoção do crescimento, tornou-se um agente importante no início da transição para sistemas com menor dependência de fungicidas químicos.

Sua atuação ocorre por diferentes mecanismos. Na competição, *Trichoderma* disputa espaço e recursos com os patógenos, incluindo micronutrientes essenciais. Na antibiose, produz substâncias capazes de inibir outros fungos. No micoparasitismo, cresce sobre o patógeno e utiliza suas estruturas. Há ainda mecanismos de resistência induzida, nos quais a associação com as raízes ativa respostas bioquímicas de defesa da própria planta. Essa multiplicidade ajuda a explicar seu interesse para o manejo de *Fusarium*, *Phytophthora*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia* e outros agentes de doenças de solo.

O projeto também investigava a possibilidade de coletar *Trichoderma* nas próprias áreas. A lógica era procurar o agente benéfico onde o sistema apresentava doença, pois ali existiam microrganismos naturais exercendo pressão sobre o patógeno, ainda que em quantidade insuficiente para restabelecer o equilíbrio. Iscas vegetais eram utilizadas no campo, seguidas de incubação em câmara úmida, sucessivas repicagens e isolamento em meio de cultura. A partir daí, parcerias com universidades e laboratórios permitiam aprofundar identificação, taxonomia e avaliação de antagonismo.

O isolamento local aumentava a autonomia, mas também deixava claro que produzir não significava apenas fazer o fungo crescer. A produção massal em arroz precisava ser acompanhada por controles de identidade, concentração, germinação e contaminação. A fermentação sólida oferecia condições favoráveis à esporulação e à qualidade do produto. A apresentação de 2021 chamava atenção, inclusive, para a necessidade de desenvolver biorreatores apropriados à fermentação em estado sólido, um campo ainda pouco atendido pela indústria nacional.

Outros agentes biológicos e a ampliação do sistema

Metarhizium anisopliae integrava o projeto como fungo entomopatogênico, voltado ao controle de insetos. A coleta de insetos mortos no campo exigia atenção ao aspecto do cadáver: quando a morte decorre de fungos, é comum que o corpo permaneça rígido, devido à atuação do microrganismo e à colonização interna. Após assepsia superficial e incubação em câmara úmida, o fungo podia emergir sem a interferência de contaminantes externos, permitindo sua posterior repicagem e identificação.

A experiência também incluía *Pasteuria penetrans*, bactéria de grande interesse para o controle de nematoides-das-galhas. Seus endósporos aderem à cutícula do nematoide; quando a fêmea se estabelece na raiz, o desenvolvimento da bactéria compromete sua reprodução e transforma o próprio organismo do nematoide em fonte de novos endósporos. Naquele momento, a apresentação destacava sobretudo o potencial de *Pasteuria* em solos arenosos e regiões quentes. Os resultados posteriores obtidos no Sul do Brasil, que serão tratados em capítulo próprio, ampliariam de maneira surpreendente essa compreensão.

Na produção bacteriana, as propriedades utilizavam sistemas fechados ou abertos, construídos com reservatórios, aeração, agitação e instrumentos de monitoramento. Oxigênio dissolvido, temperatura e pH eram parâmetros fundamentais. A leitura da curva de crescimento ajudava a reconhecer as fases de adaptação, crescimento exponencial, maturação e declínio. O princípio operacional era produzir e utilizar o produto no período adequado, evitando que a perda de viabilidade comprometesse o resultado.

Essa diversificação mostrava que o NUPIO não era uma estrutura vinculada a um único organismo. Ele podia funcionar como ambiente de aprendizagem e produção de diferentes agentes,

desde que os processos fossem separados, padronizados e controlados. Ao mesmo tempo, o projeto mantinha uma advertência constante: ampliar o número de microrganismos sem consolidar a rotina poderia aumentar o risco de falhas. A expansão precisava ocorrer em etapas.

Erros, limites e aprendizados

O balanço apresentado em 2021 é especialmente revelador porque distingue capacitação de funcionamento efetivo. Entre 2017 e 2020, 193 propriedades ou organizações brasileiras haviam participado das formações, mas apenas uma parcela conseguia manter a produção de maneira regular. A estimativa apresentada era de aproximadamente 20% de aproveitamento efetivo, correspondendo a cerca de 145 mil hectares atendidos por núcleos ativos em 2020. Essa diferença não deve ser lida como fracasso; ela identificou com precisão onde estavam os principais obstáculos à adoção.

A dificuldade mais frequente estava nos recursos humanos. Instalar equipamentos era relativamente simples quando comparado a criar uma nova rotina dentro da propriedade. A produção exigia pessoas responsáveis, continuidade, limpeza, registro, controle de qualidade e comunicação com a assistência técnica. Quando o profissional encarregado tinha perfil investigativo, buscava respostas e mantinha contato com a rede, o núcleo avançava mais rapidamente. Quando trabalhava isolado ou recebia a função sem tempo e apoio, os problemas se acumulavam.

Outro aprendizado foi reconhecer que a vontade do gestor, embora indispensável, não bastava. Era necessário selecionar e valorizar uma equipe com perfil adequado, definir responsabilidades e incorporar a produção ao planejamento da empresa. A biofábrica não podia funcionar como atividade improvisada, acionada apenas quando surgia uma urgência no campo. Ela precisava de calendário, insumos, manutenção preventiva, acompanhamento laboratorial e integração com a aplicação.

Também se tornou evidente que a autonomia não poderia ser confundida com ausência de suporte. O objetivo era tornar o produtor menos dependente de pacotes externos, mas isso não eliminava a necessidade de profissionais qualificados, universidades, laboratórios e redes de cooperação. Ao contrário, quanto mais autônoma a propriedade se tornava na produção, maior era sua responsabilidade sobre qualidade e segurança.

Os erros operacionais ajudaram a aperfeiçoar procedimentos e a identificar pontos críticos. Contaminações, falhas de assepsia, problemas na escolha do responsável, interrupções de rotina, dificuldades de armazenamento e limitações na aplicação mostraram que a tecnologia precisava ser compreendida como sistema. Um bom lote poderia perder valor se fosse armazenado ou aplicado de forma inadequada; uma estrutura bem equipada poderia permanecer inativa se não houvesse equipe estável.

Esse período também confirmou a importância de avançar por ciclos. Em vez de tentar produzir muitos organismos e atender toda a área imediatamente, era mais seguro consolidar um fluxo,

verificar a qualidade, aplicar em áreas acompanhadas e ampliar gradativamente. O projeto passou a valorizar mais a estabilidade da produção e a aprendizagem da equipe do que a simples velocidade de expansão.

Expansão inicial: alcance entre 2017 e 2020

Até 2020, o projeto havia alcançado 53 municípios brasileiros e capacitado 193 propriedades ou organizações em 12 unidades federativas (Tabela 1). Somavam-se uma experiência na República Dominicana e uma no Paraguai, totalizando 195 participantes vinculados a uma área declarada de aproximadamente 706.100 hectares. Os dados, reunidos a partir das propriedades capacitadas, registravam alcance potencial e não significavam que toda essa área já recebia bioinsumos produzidos pelos núcleos.

Tabela 1. Alcance declarado das capacitações até 2020. Fonte: sistematização apresentada nos slides da palestra ao GAAS, com dados relativos ao período de 2017 a 2020.

País	Estados/províncias	Participantes	Culturas informadas	Área (ha)
Brasil	12	193	Soja, milho, cana-de-açúcar, café e pastagens	703.600
República Dominicana	1	1	Café, cacau e banana	2.000
Paraguai	1	1	Soja e milho	500
Total	14	195	—	706.100

Esse levantamento das capacitações possui base e finalidade distintas dos dados anteriormente apresentados sobre a assistência técnica para implantação direta dos NUPIOs.

A distribuição por estado revelava diferenças importantes entre número de participantes e extensão territorial. O Rio Grande do Sul apresentava o maior número de propriedades capacitadas, 32, mas somava apenas 6.500 hectares. Goiás reunia 63 participantes e 150 mil hectares. São Paulo possuía somente sete participantes, porém 145 mil hectares; Mato Grosso, 25 participantes e 140 mil hectares; e o Maranhão, duas organizações ou propriedades que representavam 85 mil hectares. Essa heterogeneidade demonstrava que um mesmo curso podia alcançar tanto unidades menores quanto empreendimentos de grande escala.

A maior parte dos participantes cadastrados estava na faixa de 1.000 a 10.000 hectares: 160 dos 193 registros brasileiros, equivalentes a 82,9%. Outros 20 tinham até 1.000 hectares. Havia ainda seis participantes entre 10 mil e 20 mil hectares, quatro entre 20 mil e 70 mil hectares e três entre 70 mil e 100 mil hectares. Essa amplitude exigia flexibilidade na infraestrutura e nos volumes, mas não autorizava flexibilizar os princípios de qualidade.

Quanto às culturas (Tabela 2), soja e cana-de-açúcar concentravam aproximadamente dois terços da área declarada, com 236.100 e 235 mil hectares, respectivamente. O milho representava 150 mil hectares. Também apareciam café, pastagens, feijão, frutíferas, arroz, batata e cacau. O conjunto mostrava que a tecnologia não estava restrita a uma única cadeia produtiva e que as demandas de aplicação, calendário e agentes biológicos variavam significativamente.

Tabela 2. Distribuição da área declarada por cultura. Fonte: sistematização apresentada nos slides da palestra ao GAAS, com dados relativos ao período de 2017 a 2020.

Cultura	Área (ha)	Proporção
Soja	236.100	33,4%
Cana-de-açúcar	235.000	33,3%
Milho	150.000	21,2%
Café	30.000	4,2%
Pastagens	25.000	3,5%
Feijão	15.000	2,1%
Frutíferas	5.000	0,7%
Arroz	5.000	0,7%
Batata	3.000	0,4%
Cacau	2.000	0,3%
Total	706.100	100%

Do alcance potencial à redução efetiva

A distinção entre alcance potencial e uso efetivo permitiu fazer uma primeira estimativa ambiental. Se toda a área vinculada às capacitações estivesse utilizando os produtos, a redução potencial calculada seria de 517.806 litros de inseticidas químicos e 423.660 litros de fungicidas por safra. Entretanto, a área efetivamente associada aos núcleos ativos em 2020 era estimada em 145 mil hectares. Para essa área, a apresentação indicava redução real aproximada de 106.333 litros de inseticidas e 87 mil litros de fungicidas por safra.

Esses números eram preliminares e dependiam dos registros fornecidos pelas propriedades, mas cumpriam uma função importante: mostravam que o impacto ambiental não deveria ser calculado apenas pelo número de pessoas capacitadas. Era necessário acompanhar quais núcleos permaneciam ativos, qual área recebia os produtos e quais moléculas químicas eram efetivamente substituídas. Essa passagem do potencial para o resultado mensurável tornou-se um dos grandes desafios metodológicos do projeto.

O fato de aproximadamente 20% das unidades capacitadas apresentarem funcionamento bem-sucedido naquele estágio não diminuía a relevância da iniciativa. Ao contrário, fornecia uma base realista para o aperfeiçoamento. Mostrava que a tecnologia biológica podia produzir redução expressiva de agrotóxicos, mas também que sua disseminação exigia muito mais do que cursos pontuais. Era preciso formar técnicos, acompanhar equipes, criar referências de controle de qualidade e integrar produção e aplicação.

O QUE A EXPERIÊNCIA ENSINOU

Ao olhar para o período de 2017 a 2020, o primeiro aprendizado é que a propriedade rural possui, sim, capacidade para produzir microrganismos de alta qualidade. A hipótese inicial deixou de existir apenas no plano teórico e ganhou forma em núcleos que produziram, aplicaram e trocaram resultados. O sucesso, porém, não decorreu de simplificar indevidamente a microbiologia. Decorreu de traduzir seus fundamentos em procedimentos compreensíveis, verificáveis e compatíveis com a rotina agrícola.

O segundo aprendizado é que tecnologia se constrói com pessoas. Equipamentos, salas e insumos são necessários, mas não substituem compromisso, treinamento e estabilidade da equipe. A produção biológica exige observação e disciplina. Os profissionais que interagem com a rede, relatavam problemas e buscavam aperfeiçoamento avançavam mais. A cooperação se mostrou parte da própria tecnologia.

O terceiro aprendizado é que controle de qualidade não pode ser uma etapa posterior ou opcional. A confiança no agente biológico depende de saber o que foi produzido, em qual concentração, com que viabilidade e com qual nível de contaminação. A autonomia do produtor só se torna sustentável quando acompanha a responsabilidade técnica.

O quarto aprendizado é que a aplicação merece tanta atenção quanto a produção. Equipamentos, vazão, horário, compatibilidade de misturas e condições ambientais determinam quanto do microrganismo chega vivo e ativo ao alvo. A palestra de 2021 já apontava como perspectiva a necessidade de ampliar a pesquisa e a formação em tecnologias de aplicação de biológicos.

Por fim, aprendemos que uma inovação pode ser promissora e, ainda assim, enfrentar limitações institucionais, legais e culturais. Em 2017, a produção de fungos na propriedade ainda era uma ideia cercada de dúvidas e resistências. Quatro anos depois, havia núcleos ativos, centenas de participantes capacitados e registros de redução de inseticidas e fungicidas. A realidade avançava enquanto regulamentações, universidades e estruturas de formação ainda buscavam acompanhar o processo.

PERSPECTIVAS ABERTAS EM 2021

Ao final da apresentação, duas necessidades apareciam como prioritárias. A primeira era estabelecer programas de capacitação de técnicos nas universidades, formando profissionais preparados para coordenar produção, controle de qualidade e aplicação. A segunda era investir no desenvolvimento e na adaptação de equipamentos, especialmente para fermentação sólida e aplicação de agentes biológicos.

Também se tornava necessário criar formas mais consistentes de sistematizar dados. O projeto havia crescido por meio da prática, da confiança e da comunicação direta com as propriedades. Para transformar essa experiência em conhecimento publicável, seria preciso padronizar registros, definir indicadores e acompanhar os núcleos ao longo do tempo. A expansão futura dependeria da capacidade de documentar não apenas os sucessos, mas também interrupções, contaminações, mudanças de equipe e razões pelas quais algumas unidades não se consolidavam.

A tecnologia apresentada ao GAAS em 2021 era, portanto, uma construção coletiva ainda aberta. O conhecimento científico oferecia os princípios; os produtores e técnicos apresentavam os problemas concretos; e a interação entre ambos produzia soluções. Thatiane Martins Silva, Marco Aurélio Martins e os profissionais responsáveis pelos núcleos tiveram papel decisivo nessa fase, pela criatividade, pelo compromisso e pelo respeito aos fundamentos da fermentação de qualidade.

Esse período preparou o caminho para os resultados que viriam depois. A produção na propriedade já havia demonstrado viabilidade, baixo custo e capacidade de reduzir o uso de defensivos químicos. Restava consolidar equipes, aperfeiçoar o controle de qualidade, ampliar a formação e transformar os aprendizados dispersos em metodologia cada vez mais estável. Foi assim, entre erros e avanços, que uma ideia registrada no papel em 2017 se tornou uma experiência concreta de alcance nacional.

NOTA SOBRE AS FONTES DO CAPÍTULO

Este capítulo foi elaborado pela integração da transcrição automática da palestra publicada em 28 de abril de 2021 no canal do GAAS, durante o 7º Encontro Técnico de Agricultura Sustentável, com os dados, quadros e registros visuais da apresentação utilizada pela autora. Foram corrigidos erros evidentes da legenda automática e preservada a marca temporal dos dados, referentes principalmente ao período de 2017 a 2020. O arquivo de slides disponível foi posteriormente adaptado para uma apresentação em espanhol, em 2023; por essa razão, foram aproveitados apenas os elementos compatíveis com o conteúdo e com a cronologia da palestra de 2021.

Capítulo 3

Da CEPLAC à captura *on farm* de *Trichoderma*

Como uma visita à biofábrica do cacau se transformou em pesquisa com soja e cana-de-açúcar

UMA VISITA QUE ABRIU UMA NOVA PERGUNTA

A pesquisa sobre captura de *Trichoderma* com iscas de cana nasceu de uma experiência de extensão. Em uma viagem a Ilhéus, na Bahia, visitei com seis produtores a biofábrica pública existente na CEPLAC², no Centro de Pesquisas do Cacau. A estrutura havia sido organizada pelo poder público para responder a um dos maiores problemas fitossanitários da cacauicultura brasileira: a vassoura-de-bruxa. Fomos recebidos com grande generosidade pelos pesquisadores, que apresentaram a micoteca, os procedimentos de conservação dos isolados e a forma como produziam os agentes de controle biológico.

Entre os pesquisadores que nos acolheram estava Givaldo Rocha Niella, que mais tarde assinaria o artigo resultante dessa interação. A presença e a experiência dos pesquisadores mais antigos permitiram que os visitantes compreendessem não apenas uma técnica de laboratório, mas a história de uma resposta científica construída diante de uma crise territorial. A biofábrica da CEPLAC demonstrava como uma instituição pública podia reunir pesquisa, conservação de microrganismos, produção e apoio direto aos agricultores.

Naquela época, o agente causal da vassoura-de-bruxa era amplamente referido como *Crinipellis* perniciosa; atualmente, a denominação aceita é *Moniliophthora perniciosa*. Nas áreas afetadas, os pesquisadores utilizavam pedaços de cana-de-açúcar como iscas junto a frutos de cacau caídos no chão e colonizados pelo patógeno. Nessas iscas, capturavam fungos do gênero *Trichoderma*, entre eles isolados de *Trichoderma asperellum* com elevada capacidade de colonização e potencial de antagonismo ao agente da doença.

Foi a simplicidade da isca de cana que mais me chamou a atenção. Aquele pedaço de material vegetal colocava o pesquisador em contato direto com a diversidade microbiana existente no próprio ambiente da doença. Em vez de começar exclusivamente por uma coleção distante, a busca começava

² Os pesquisadores que receberam o grupo foram Antônio Zózimo de Matos Costa e Givaldo Rocha Niella, vinculados à Unidade de Biocontrole e à Seção de Fitossanidade da CEPLAC. A acolhida, a disponibilidade para compartilhar conhecimentos e a apresentação da estrutura foram fundamentais para os desdobramentos posteriores dessa experiência.

onde patógeno, planta, solo e antagonistas já conviviam. A isca funcionava como uma ponte entre o agroecossistema e o laboratório.

Durante a visita, propus que adaptássemos essa estratégia para lavouras de soja, cana-de-açúcar e outras grandes culturas. A pergunta era se agricultores e técnicos poderiam capturar *Trichoderma* nas próprias áreas, utilizando insumos simples e já disponíveis, e depois se articular com universidades e centros de pesquisa para confirmar, conservar e avaliar esses isolados. Dessa interação nasceu o grupo que conduziu a experiência e publicou, em 2019, o artigo “Isolamento *on farm* de *Trichoderma*: uma ferramenta no controle de doenças de solo para os agricultores no Brasil”, na Revista Eletrônica Científica da UERGS (Bernardo et al., 2019).

POR QUE BUSCAR ISOLADOS LOCAIS?

Fungos do gênero *Trichoderma* estão amplamente distribuídos nos solos e associados às plantas. São reconhecidos pelo crescimento rápido, pela capacidade de utilizar diferentes substratos e por produzirem estruturas que favorecem sua sobrevivência. Na agricultura, podem atuar como agentes de controle biológico, promotores de crescimento e estimuladores de respostas de defesa das plantas. O interesse do projeto, entretanto, não estava apenas no gênero em abstrato, mas nos microrganismos que já habitavam áreas agrícolas específicas.

A hipótese era que populações locais poderiam apresentar vantagens importantes. Por terem sido selecionadas sob as condições daquele solo, clima, sistema de cultivo e comunidade de patógenos, estariam potencialmente mais adaptadas ao ambiente de uso. Estudos já indicavam o elevado potencial antagonista de isolados nativos de *Trichoderma* e, em determinadas condições, desempenho comparável ou superior ao de materiais comerciais ou mantidos fora de seu contexto de origem (Abdullah; Ali; Suleman, 2008; García-Núñez et al., 2012). Isso não significa que todo isolado local seja automaticamente eficaz, mas justifica sua prospecção e posterior avaliação.

A busca também respondia a uma limitação prática. Em 2019, ainda havia baixa disponibilidade de produtos comerciais legalmente registrados à base de *Trichoderma* e dificuldades para que pequenas biofábricas participassem do mercado. Além disso, a eficácia de um produto biológico depende da identidade e qualidade do isolado, da dose, da adaptação ao ambiente e do manejo. Desenvolver uma metodologia simples de captura poderia ampliar o acesso dos agricultores à biodiversidade presente em suas próprias áreas, sem romper a necessária relação com laboratórios e instituições de pesquisa.

O objetivo definido pelo grupo foi, portanto, experimentar uma metodologia de isolamento de *Trichoderma* spp. em condições de campo, em duas regiões brasileiras. O trabalho não pretendia provar, naquele primeiro momento, a eficácia dos isolados contra cada patógeno. Sua contribuição era anterior: testar se a captura, a seleção inicial e o re-isolamento poderiam ser realizados com materiais simples, próximos da realidade das fazendas.

DOIS AGROECOSSISTEMAS, UMA MESMA METODOLOGIA

Os trabalhos foram conduzidos entre 8 de abril e 17 de junho de 2018. Escolhemos dois agroecossistemas muito distintos: uma área de soja no Centro-Oeste e uma área de cana-de-açúcar no Nordeste. Essa escolha permitia verificar se o método funcionaria sob diferentes condições de cultivo, clima, solo e histórico fitossanitário.

O primeiro ensaio foi instalado na Fazenda Sélia, em Mineiros, Goiás. O talhão possuía 53 hectares e era cultivado havia mais de vinte anos com soja convencional em sucessão com milho híbrido safrinha. Na safra 2017/2018, imediatamente anterior ao experimento, a área havia apresentado incidência de *Fusarium* sp. e *Macrophomina* sp. Em 9 de abril de 2018, foram distribuídas aleatoriamente 25 iscas no solo, quando a soja se encontrava entre os estádios V4 e R1. Durante o experimento, as temperaturas médias variaram aproximadamente de 19 °C a 27 °C.

O segundo ensaio foi conduzido na Estação Experimental do Camaratuba, pertencente à Associação dos Plantadores de Cana da Paraíba, no município de Mamanguape. O talhão experimental tinha três hectares e havia apresentado alta infestação de nematoide-das-galhas na safra anterior. Em 23 de abril de 2018, foram colocadas dez iscas de forma aleatória, com a cana entre os estádios V3 e V4. As temperaturas médias variaram aproximadamente de 22 °C a 30 °C.

Nos dois locais, utilizamos o mesmo princípio: toletes de cana-de-açúcar com 20 a 30 centímetros de comprimento, cortados longitudinalmente ao meio e posicionados com a face interna voltada para o solo. A cana oferecia um substrato rico e úmido, capaz de ser colonizado rapidamente por diferentes microrganismos do ambiente. O desafio seguinte seria favorecer o crescimento dos fungos capturados, selecionar colônias com características de *Trichoderma* e reduzir progressivamente a presença de contaminantes.

O MÉTODO PASSO A PASSO

A primeira fase consistiu em distribuir as iscas no campo e mantê-las durante sete dias em contato direto com o solo (Tabela 3). Ao serem retiradas, elas apresentavam escurecimento e perda de umidade, sinais compatíveis com exposição ambiental e ação decompositora da microbiota. Esse aspecto não indicava fracasso. As iscas haviam funcionado como superfície de captura para fungos presentes na área.

Em seguida, os toletes foram levados para instalações existentes nas próprias unidades e colocados em câmaras úmidas. Essas câmaras eram recipientes plásticos com tampa, contendo papel-toalha previamente umedecido no fundo. As iscas permaneceram ali por mais sete dias, em temperatura ambiente e local arejado. A umidade do papel era verificada a cada dois dias e repostada quando necessário. Esse ambiente favorecia o crescimento e a esporulação dos fungos capturados.

Após a incubação, surgiram colônias de diferentes fungos, inclusive colônias esverdeadas com aparência macroscópica de *Trichoderma*. Essas colônias foram “pescadas” com palitos de dente descartáveis previamente autoclavados e transferidas para novos pedaços de cana, lavados com água filtrada e não clorada. O novo subcultivo era novamente acondicionado em câmara úmida, nas mesmas condições, até que o fungo ocupasse uma parte maior do substrato.

A seleção exigia atenção. A coloração verde, o crescimento rápido e a capacidade de dominar o tolete eram indícios úteis, mas não constituíam confirmação definitiva. Depois de aproximadamente quinze dias, os toletes com colônias bem formadas eram avaliados nas instalações da Fazenda Sélia e no laboratório de controle biológico da Estação Experimental do Camaratuba. Os isolados também foram multiplicados em meio batata-dextrose-água, o BDA, e armazenados sob refrigeração a 4 °C.

A caracterização microscópica observou atributos compatíveis com o gênero: micélio aéreo hialino, septado e ramificado; pústulas conidiogênicas brancas ou verdes; conidióforos e fiálides característicos; e produção abundante de conídios, que podiam variar de subglobosos a elíptico-cilíndricos. Essa etapa, conduzida por pessoal especializado, concluía a confirmação em nível de gênero. A identificação de espécie e a avaliação do potencial de controle exigiriam estudos complementares.

Tabela 3. Fases do método de captura e isolamento proposto. Fonte: adaptado de Bernardo et al. (2019). Os intervalos são contados a partir da fase anterior e podem variar conforme as condições ambientais e o crescimento das colônias.

Fase	Procedimento	Intervalo aproximado	Insumos principais
1	Distribuição das iscas no campo	Início	Toletes de cana de 20 a 30 cm
2	Coleta e transporte para ambiente protegido na fazenda	7 dias	Bandejas ou recipientes plásticos
3	Incubação das iscas em câmara úmida	7 dias	Recipiente com tampa, papel-toalha e água não clorada
4	Seleção de colônias e re-isolamento em tolete novo	7 a 15 dias	Toletes limpos, palitos esterilizados e nova câmara úmida
5	Isolamento em meio de cultura	7 dias	BDA, placas de Petri e estrutura asséptica
6A	Caracterização microscópica do gênero	Até 15 dias	Pessoal e estrutura especializados
6B	Inoculação de novos substratos, após confirmação	Cerca de 5 dias	Arroz, cana ou outro substrato adequado

O QUE FOI OBTIDO

A captura foi bem-sucedida nos dois ambientes. Depois dos sete dias de incubação em câmara úmida, observamos o início do crescimento de colônias com características aparentes de *Trichoderma* sobre as iscas, junto a outros fungos. A ocorrência de temperaturas próximas de 25 °C provavelmente favoreceu o processo, pois temperaturas mais baixas podem reduzir o crescimento do gênero.

A transferência das colônias selecionadas para toletes novos também funcionou. Após aproximadamente quinze dias, formaram-se múltiplas colônias de *Trichoderma* provenientes de diferentes iscas de uma mesma área. Em geral, os subcultivos apresentaram crescimento vigoroso e níveis relativamente pequenos de contaminantes. A afinidade do fungo com a cana-de-açúcar pareceu contribuir para sua rápida ocupação do substrato.

Essa colonização rápida tinha significado além da facilidade operacional. A capacidade de competir por espaço e nutrientes é uma característica desejável em microrganismos utilizados como inoculantes ou agentes de controle biológico. Nos dois ensaios, as colônias selecionadas demonstraram crescimento rápido, aspecto esverdeado e agressividade na ocupação dos toletes. Em BDA, também apresentaram desenvolvimento acelerado e estruturas microscópicas compatíveis com o gênero.

Em Mineiros, três isolados obtidos na Fazenda Sélia foram purificados no laboratório da Universidade Federal de Goiás. Em Mamanguape, as etapas foram acompanhadas no laboratório de controle biológico da Estação Experimental do Camaratuba. Esse arranjo expressava exatamente o modelo de cooperação imaginado durante a visita à CEPLAC: a captura começa na área agrícola, mas se fortalece quando a fazenda se articula a laboratórios capazes de purificar, identificar, conservar e avaliar o material.

Nas condições testadas, o agricultor poderia chegar a um isolado confirmado em um período aproximado de 21 a 28 dias, considerando as etapas de campo, incubação, seleção e re-isolamento. O artigo discutiu ainda possibilidades de utilização futura: inocular novos substratos ou lavar toletes colonizados em água não clorada para obter uma suspensão de conídios. Essas possibilidades eram apresentadas como perspectivas e não como eficácia agronômica já demonstrada pelo experimento.

O QUE O ARTIGO DEMONSTROU — E O QUE AINDA EXIGIA PESQUISA

O resultado central foi a efetividade da metodologia como ferramenta de captura e isolamento inicial de *Trichoderma* em condições *on farm*. O método funcionou em duas culturas e regiões, com históricos fitossanitários distintos. Mostrou também que parte relevante do processo podia ser conduzida com infraestrutura física simples, desde que houvesse conhecimento básico, higiene, controle de umidade, água sem cloro e capacidade de reconhecer o momento adequado para cada transferência.

O trabalho não comparou a eficácia dos isolados contra *Fusarium*, *Macrophomina*, *Meloidogyne* ou *Moniliophthora perniciosa*. Também não identificou molecularmente as espécies capturadas. Portanto, seria incorreto apresentar cada colônia verde como um agente de controle já validado. Depois da captura, ainda seriam necessários ensaios de antagonismo, identificação em nível de espécie ou linhagem, avaliação de segurança, testes de campo, definição de dose e acompanhamento do comportamento do isolado no agroecossistema.

Esse limite é importante porque diferencia democratização da microbiologia de simplificação imprudente. A tecnologia social não elimina a ciência especializada; ela reorganiza a relação entre agricultor e instituição científica. O agricultor deixa de ser apenas comprador de um produto acabado e passa a participar da prospecção, do registro e da compreensão da biodiversidade de sua área. O laboratório, por sua vez, oferece ferramentas que não precisam estar duplicadas em cada propriedade.

A captura de isolados locais abre ainda uma agenda científica mais ampla. Uma área agrícola pode conter diversas populações de *Trichoderma*, com capacidades diferentes de colonização, antagonismo, promoção de crescimento e adaptação climática. Manter esses materiais em micotecas regionais permitiria estudar a diversidade existente, comparar isolados e construir estratégias específicas para doenças de solo em diferentes sistemas produtivos.

UMA TECNOLOGIA ACESSÍVEL, CONSTRUÍDA EM REDE

O aspecto mais potente dessa experiência talvez esteja no percurso do conhecimento. Uma prática observada numa biofábrica pública dedicada ao cacau foi discutida com produtores, transformada em pergunta, testada em duas regiões, acompanhada por universidades e publicada como método passível de reprodução. Não houve separação rígida entre pesquisa e extensão. A visita técnica gerou hipótese; a hipótese gerou experimento; e o experimento devolveu aos agricultores uma ferramenta mais organizada.

A CEPLAC teve papel decisivo nesse percurso. A preservação de microrganismos na micoteca, a experiência acumulada com a vassoura-de-bruxa e a disponibilidade dos pesquisadores para compartilhar o que sabiam criaram as condições para que a ideia viajasse para outros agroecossistemas. Givaldo Rocha Niella tornou-se coautor do artigo, consolidando a continuidade entre a experiência de origem e a pesquisa desenvolvida posteriormente.

A composição da autoria reuniu contribuições realizadas em etapas e territórios distintos. Na Paraíba, Roberto Balbino da Silva participou da experiência conduzida em Mamanguape e do intercâmbio de conhecimentos relacionado às práticas observadas naquela região. Em Mineiros, Goiás, Jorge González Aguilera, após receber formação no método NUPIO, integrou a equipe técnica vinculada a Rogério Vian e participou do acompanhamento da experiência realizada no contexto da Fazenda Sélia, juntamente com Ícaro Raoni Ecke Medeiros e o próprio Rogério. Cirano José Ulhoa

contribuiu como interlocutor acadêmico a partir da Universidade Federal de Goiás, enquanto a UERGS coordenou a sistematização da experiência e sua transformação em publicação científica. O artigo reuniu, assim, conhecimentos e observações produzidos em diferentes pontos dessa trajetória, sem que todos os participantes tivessem desempenhado o mesmo papel na concepção e no desenvolvimento do método.

Para o projeto NUPIO, o artigo representou mais do que uma publicação. Ele confirmou que a produção *on farm* podia começar antes mesmo da multiplicação massal: começava na capacidade de observar o solo, reconhecer que a biodiversidade local continha aliados e criar caminhos para que esses aliados fossem estudados. A autonomia pretendida não era isolamento, mas capacidade de atuar em parceria.

A experiência também reforçou um princípio que atravessa toda esta trajetória: tecnologias acessíveis não surgem da retirada do rigor, e sim da tradução do rigor para estruturas possíveis. Um tolete de cana, um recipiente plástico e água não clorada são materiais simples. O cuidado com a seleção, a assepsia, a identidade e a avaliação biológica continua sendo complexo. É a combinação entre simplicidade material e responsabilidade científica que torna a proposta socialmente relevante.

Ao levar a isca de cana do sistema cacauzeiro para áreas de soja e cana-de-açúcar, o grupo demonstrou que uma solução criada para enfrentar um problema regional podia inspirar novas perguntas em escala nacional. O artigo de 2019 registrou esse primeiro passo. As pesquisas seguintes precisariam avançar da captura para a caracterização dos isolados e, depois, para a comprovação de seu desempenho no campo. Mas a porta estava aberta: agricultores poderiam participar ativamente da prospecção dos microrganismos que já viviam em suas próprias terras.

NOTA EDITORIAL

Este capítulo integra o conteúdo integral do artigo — fundamentos, objetivos, locais de estudo, metodologia, resultados, limites e conclusões — ao relato da autora sobre a visita à CEPLAC que deu origem à pesquisa. A nomenclatura do agente da vassoura-de-bruxa foi atualizada para *Moniliophthora perniciosa*, registrando-se também o nome *Crinipellis perniciosa*, utilizado historicamente. As possibilidades de uso dos isolados discutidas no artigo foram mantidas como perspectivas, sem serem apresentadas como eficácia agrônômica já comprovada.

REFERÊNCIAS

Abdullah, M. T., Ali, N. Y., & Suleman, P. (2008). Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary with *Trichoderma harzianum* and *Bacillus amyloliquefaciens*. Crop protection, 27(10), 1354-1359. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2008.05.007>

- Bernardo, J. T., Aguilera, J. G., da Silva, R. B., Medeiros, Í. R. E., Vian, R., Niella, G. R., & Ulhoa, C. J. (2019). Isolamento *on farm* de *Trichoderma*: uma ferramenta no controle de doenças de solo para os agricultores no Brasil. Revista Eletrônica Científica da UERGS, 5(3), 263-270. DOI: 10.21674/2448-0479.53.263-270. <https://doi.org/10.21674/2448-0479.53.263-270>
- García-Núñez, H. G., Romero-Gómez, S. D. J., Nava-Bernal, E. G., & Campos, A. R. M. (2012). Isolation of native strains of *Trichoderma* spp, from horticultural soils of the Valley of Toluca, for potential biocontrol of *Sclerotinia*. Tropical and Subtropical agroecosystems, 15(2), 357-365.

Capítulo 4

***Pasteuria penetrans** no manejo de **Meloidogyne javanica** no Rio Grande do Sul*

Da produção simplificada do inóculo ao acompanhamento de uma propriedade familiar entre 2019 e 2025

UMA FAMÍLIA, VINTE ANOS DE PERDAS

A experiência relatada neste capítulo ocorreu na localidade do Bosque, no interior de Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul. A propriedade pertence a um casal de descendentes de italianos, agricultores familiares que construíram sua trajetória entre Nova Palma, Agudo e Cachoeira do Sul. Quando chegaram à área, iniciaram o cultivo de tabaco e feijão, além da horta para consumo familiar. Logo perceberam, entretanto, que havia um problema persistente no solo: as plantas cresciam pouco, amareleciam, perdiam vigor e, em muitos pontos, morriam antes de completar o ciclo.

[No documentário produzido sobre a experiência](#), o agricultor recorda que, no feijão, ao final da safra, às vezes restava menos de 10% das plantas (Diário Coletivo, 2025). No tabaco, as folhas apresentavam desenvolvimento irregular e baixa qualidade comercial. As galhas também apareciam nas raízes das plantas da horta. Durante aproximadamente vinte anos, a família conviveu com baixas produtividades e tentou diferentes alternativas: nematicidas e outros produtos químicos em várias doses, produtos biológicos comerciais, rotação com milho e aveia e orientações de profissionais vinculados a empresas privadas e instituições de atuação pública. Segundo o casal, nenhuma dessas intervenções havia produzido resultado duradouro.

O encontro com a universidade ocorreu por meio de uma atividade de vivência. Estudantes da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul visitaram a propriedade e, ao acompanharem o manejo e a retirada de plantas de feijão, observaram sintomas que poderiam estar associados ao nematoide-das-galhas. Eles me procuraram e, a partir daquele contato, transformamos um problema antigo da família em uma pergunta de pesquisa e extensão (Fotografia 5).



Fotografia 5. Aplicação localizada de suspensão de *Pasteuria penetrans* em água, na dose de 5 g ha⁻¹, com bomba costal, para o controle de *Meloidogyne javanica* em tabaco, na localidade do Bosque, Cachoeira do Sul (RS), em 2019. Fonte: acervo do projeto, 2019.

DIAGNOSTICAR ANTES DE INTERVIR

A presença de galhas nas raízes indicava a ocorrência de *Meloidogyne*, mas era necessário avançar na identificação. Foram coletadas amostras de raízes e solo da área de tabaco. O material foi encaminhado ao laboratório em Santa Maria no qual atuava o pesquisador Cristiano Bellé, então vinculado ao Instituto Phytus. A análise molecular, com eletroforese, identificou uma população pura de *Meloidogyne javanica*. Essa confirmação definiu o alvo biológico da intervenção e evitou que a escolha do agente de controle se apoiasse apenas nos sintomas visíveis.

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* são endoparasitas sedentários. O juvenil de segundo estágio, ou J2, desloca-se pelo solo, penetra a raiz e estabelece um sítio de alimentação. A alteração das

células da planta resulta nas galhas que dão nome ao grupo. A fêmea permanece no tecido radicular e pode produzir centenas ou milhares de ovos, mantendo e ampliando a infestação. Como o organismo se encontra no solo e dentro das raízes durante parte importante do ciclo, o manejo é particularmente difícil.

A bactéria *Pasteuria penetrans* oferece um mecanismo de ação muito diferente. Seus endósporos permanecem no solo e aderem à cutícula dos juvenis de segundo estágio. Após o nematoide penetrar a raiz e se estabelecer, a bactéria germina e se multiplica dentro da fêmea. A infecção reduz ou impede a produção de ovos; em solos com maior densidade de endósporos, a adesão também pode comprometer a mobilidade do juvenil. Como se trata de um parasita obrigatório, a produção do inóculo depende de *Meloidogyne* em uma planta hospedeira.

A PRIMEIRA ETAPA: PRODUZIR O INÓCULO

Antes da aplicação na propriedade, era necessário construir uma forma acessível de multiplicar *P. penetrans*. Esse foi o objeto do Trabalho de Conclusão de Curso de Jonatas da Silva Pereira, desenvolvido em 2018 na UERGS, sob minha orientação e com coorientação de Cristiano Bellé. O estudo testou a produção *in vivo* em tomateiros cultivados em vasos com solo naturalmente infestado por nematoides-das-galhas, coletado na própria propriedade.

O inóculo inicial — pó de raízes de tomateiro contendo endósporos — foi doado pelo Laboratório de Controle Biológico de Fitonematoides da Universidade Federal de Viçosa. Uma amostra foi suspensa em água destilada, homogeneizada por borbulhamento e agitação magnética e contada em câmara de Neubauer. A estimativa inicial foi de $4,9 \times 10^8$ endósporos por grama de pó de raízes.

Mudas de tomateiro da variedade Santa Clara foram produzidas e transplantadas para setenta vasos com capacidade de 1,5 kg. O solo infestado foi misturado a substrato comercial à base de turfa na proporção de 3:1. Antes da inoculação, três plantas foram retiradas ao acaso e suas raízes examinadas; a formação de galhas confirmou a atividade dos nematoides no sistema experimental. A suspensão foi preparada com 1 g do pó de raízes em 500 mL de água destilada e homogeneizada. Em cada vaso foram aplicados 6 mL, distribuídos em três orifícios próximos ao sistema radicular.

Os tomateiros permaneceram em túnel baixo, sob condições naturais de luminosidade e temperatura, com irrigação e tutoramento. Após 84 dias, as raízes foram retiradas, lavadas, pré-secas e levadas à estufa de circulação forçada de ar por 72 horas a 70 °C. Em seguida, o material foi moído manualmente até formar um pó fino e novamente submetido à contagem.

O resultado foi a obtenção de 10 g de pó de raízes a partir de 1 g de inóculo inicial. A concentração final foi estimada em $6,9 \times 10^8$ endósporos por grama. O estudo demonstrou que era

possível multiplicar o material utilizando o solo naturalmente infestado e um conjunto relativamente simples de materiais. Também registrou uma limitação: a queda da temperatura e a perda de vigor das plantas levaram à coleta aos 84 dias, antes do intervalo de 88 a 102 dias descrito na literatura como próximo da maturação completa dos endósporos (Fotografia 6).



Fotografia 6. Preparação e mensuração da suspensão de *Pasteuria penetrans* utilizada na etapa experimental de produção de inóculo para multiplicação da bactéria em mudas de tomateiro. Fonte: acervo do projeto, 2019.

DA CASA DE VEGETAÇÃO À ÁREA AGRÍCOLA

A etapa de campo foi conduzida em 2019 com a participação da acadêmica e bolsista de pesquisa Gabriela Gavilán. A intervenção abrangeu uma lavoura de feijão de aproximadamente quatro hectares e uma área de tabaco de cerca de meio hectare. Em novembro de 2019, foi realizada uma única aplicação de *P. penetrans*, na dose de 5 g de pó de raízes por hectare.

A dose não foi distribuída uniformemente por toda a superfície. Tanto no feijão quanto no tabaco, o material foi aplicado na região central da lavoura, com o propósito de estabelecer um foco inicial a partir do qual a bactéria pudesse se dispersar pelo movimento de solo, água, raízes, máquinas e organismos do agroecossistema. Tratava-se de uma estratégia de inoculação localizada: introduzir uma pequena quantidade de um organismo persistente e permitir sua amplificação em associação com o próprio hospedeiro (Fotografia 7).



Fotografia 7. Aplicação localizada da suspensão de *Pasteuria penetrans* junto ao sistema radicular de mudas de tomateiro, com a finalidade de multiplicação da bactéria na propriedade da família Freo, durante a etapa de campo. Fonte: acervo do projeto, 2019.

As fotografias registram Gabriela e integrantes da equipe preparando a suspensão, mensurando o volume e realizando aplicações junto às plantas. O produtor posteriormente adotou o mesmo princípio na área de feijão. A escala do procedimento chama atenção: em uma propriedade que havia

recebido muitos tratamentos durante duas décadas, a nova intervenção utilizou poucos gramas por hectare e ocorreu uma única vez (Tabela 4).

Tabela 4. Linha do tempo da experiência. Fonte: TCC de Jonatas da Silva Pereira (2018), registros do projeto, documentário com os agricultores e relato da coordenadora da experiência.

Período	Etapas	Resultado ou registro
2018	Produção simplificada do inóculo em tomateiro	1 g de inóculo inicial originou 10 g de pó de raízes; concentração estimada de $6,9 \times 10^8$ endósporos g^{-1} .
2019	Diagnóstico e aplicação a campo	População pura de <i>M. javanica</i> ; aplicação única e localizada de $5 g ha^{-1}$ no centro das áreas de tabaco e feijão.
2020	Primeiro acompanhamento após a aplicação	Ausência de galhas nas plantas examinadas, segundo os registros da equipe e dos agricultores.
2021–2024	Acompanhamentos anuais	Manutenção do relato de ausência de galhas, sem reaplicação de <i>Pasteuria</i> .
Maio de 2025	Última visita considerada neste capítulo	Não foram observadas galhas nas raízes examinadas; o casal relatou desaparecimento também na horta.

SEIS ANOS DE ACOMPANHAMENTO SEM NOVA APLICAÇÃO

Após a aplicação de novembro de 2019, a área passou a ser observada anualmente. Houve acompanhamento em 2020, 2021, 2022, 2023 e 2024, com a última visita considerada neste capítulo realizada em maio de 2025. Desde o primeiro ano após a intervenção, não foram encontradas galhas nas raízes examinadas. Essa condição se manteve nos anos seguintes, sem nova aplicação de *P. penetrans*.

O relato do casal amplia a dimensão desse acompanhamento. Eles continuaram cultivando feijão em pequenas parcelas e passaram a arrancar plantas sempre que percebiam amarelecimento ou desenvolvimento diferente, procurando novamente as galhas. Segundo os agricultores, elas não reapareceram. A observação mais surpreendente ocorreu na horta: embora não tivesse recebido aplicação direta, também deixou de apresentar galhas. No documentário, a agricultora resume a percepção da família: “Daquele ano em diante [...] não tem mais nada. E até na horta sumiu.”

O desaparecimento observado fora do ponto inicialmente tratado é compatível com a hipótese de dispersão e estabelecimento da bactéria no solo, mas não permite, por si só, reconstruir todas as rotas envolvidas. A movimentação de partículas de solo, água, equipamentos, raízes e organismos pode

contribuir para transportar endósporos. Para demonstrar a distribuição espacial e quantificar a persistência de *Pasteuria*, entretanto, seriam necessárias amostragens sistemáticas e análises microbiológicas ou moleculares em diferentes pontos e anos (Fotografia 8).



Fotografia 8. Visita de acompanhamento à propriedade da família Freo, na localidade do Bosque, Cachoeira do Sul (RS), em maio de 2025. Janaína Tauil Bernardo e a agricultora Denirce Freo junto ao cultivo de feijão em fase de florescimento.

Nota: Na ocasião, foram coletadas amostras de raízes e solo, analisadas por Vitória da Silva Domingues no Laboratório de Fitonematologia da UFSM, sem detecção de *Meloidogyne*. A imagem registra o vigor e a sanidade das plantas, em contraste com o desenvolvimento mirrado observado antes da intervenção. Fonte: acervo do projeto, 2025.

O QUE ESTA EXPERIÊNCIA PERMITE AFIRMAR

A experiência reúne três níveis de evidência que precisam ser lidos em conjunto, mas não confundidos. O primeiro é experimental: o TCC demonstrou a multiplicação *in vivo* do inóculo em tomateiro, utilizando solo naturalmente infestado, e quantificou o material inicial e final. O segundo é diagnóstico: a população presente na propriedade foi identificada como *M. javanica*. O terceiro é longitudinal e de campo: depois de uma aplicação única e localizada, os exames realizados e o relato dos agricultores registraram ausência de galhas entre 2020 e maio de 2025.

Esse conjunto constitui um estudo de caso de grande relevância, mas não um ensaio comparativo com parcelas tratadas e testemunhas, repetições e estimativas anuais da densidade populacional do nematoide e da bactéria. Por isso, o resultado deve ser apresentado com a força que possui — uma mudança persistente observada durante seis anos em uma propriedade com histórico de infestação severa — e também com seu limite metodológico. Não se pode calcular, a partir dele, uma taxa universal de controle nem assegurar que a mesma dose produzirá resposta idêntica em qualquer solo, população de *Meloidogyne* ou sistema de cultivo.

Também é importante distinguir a ausência de galhas nas plantas examinadas de erradicação absoluta do nematoide. Em controle biológico, o objetivo mais realista é frequentemente a supressividade: reduzir a população ou sua capacidade de causar dano a níveis compatíveis com a produção. A própria persistência dos endósporos de *P. penetrans* e sua multiplicação associada ao hospedeiro ajudam a explicar por que esse agente pode produzir efeitos prolongados sem aplicações sucessivas.

A CONTINUIDADE DA PESQUISA: DO MESTRADO AO DOUTORADO

A pesquisa com esse isolado de *Pasteuria* teve continuidade na trajetória acadêmica de Vitória da Silva Domingues, que foi aluna e orientanda da autora ao longo do curso de Agronomia. Posteriormente, Vitória ingressou no Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), onde prosseguiu com os estudos relacionados a esse agente biológico.

Em 2025, Vitória defendeu, nesse programa, a dissertação de mestrado intitulada *Eficiência de um bioproduto à base de Pasteuria spp. contra nematoides-das-galhas*. O trabalho avaliou o isolado obtido na região oeste da Bahia, que passou a ser identificado, no âmbito da pesquisa, como isolado JTB.

A dissertação representou uma nova etapa no estudo desse microrganismo, aprofundando a avaliação de sua eficiência e de seu potencial para o desenvolvimento de um bioproduto destinado ao manejo de nematoides-das-galhas. Dessa forma, a pesquisa avançou para além das observações iniciais e das experiências realizadas em condições de campo, passando a integrar uma investigação acadêmica sistematizada no âmbito da pós-graduação.

Após a conclusão do mestrado, Vitória deu continuidade ao estudo do isolado JTB no doutorado, também vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria. Nesta nova etapa, a pesquisa está concentrada no estudo da supressividade do solo observada na propriedade da família Freo após a utilização do isolado de *Pasteuria*. O doutorado busca, assim, aprofundar a compreensão dos processos envolvidos nessa resposta do solo e de sua relação com o manejo de nematoides-das-galhas. Estabeleceu-se uma linha contínua de investigação, iniciada com a obtenção do isolado no oeste da Bahia, aprofundada na dissertação de mestrado e atualmente ampliada no doutorado a partir de uma situação concreta observada em campo.

Essa continuidade demonstra que o trabalho com *Pasteuria* não resultou apenas em uma experiência pontual de manejo biológico. Ele também contribuiu para a formação de uma nova pesquisadora e para a consolidação de uma linha de pesquisa de longo prazo, voltada à compreensão, à avaliação e ao possível desenvolvimento tecnológico desse agente biológico.

UMA TECNOLOGIA PEQUENA NA DOSE E EXTENSA NO TEMPO

O valor desta experiência não se resume à quantidade aplicada. Ele está na sequência completa que uniu extensão, diagnóstico, formação acadêmica, produção de inóculo, aplicação e acompanhamento. Estudantes identificaram um problema durante uma vivência; um TCC respondeu à necessidade de multiplicar o agente de controle; uma bolsista ajudou a levar a tecnologia ao campo; um laboratório parceiro identificou a espécie do nematoide; e os agricultores continuaram observando suas plantas e relatando o que acontecia.

O casal não foi apenas destinatário de uma solução universitária. Sua memória de vinte anos de tentativas, a comparação com os cultivos anteriores e o hábito de arrancar plantas suspeitas formaram parte essencial do conhecimento produzido. [O documentário](#) preserva essa voz e mostra o significado concreto do resultado: voltar a plantar feijão, colher tabaco com melhor desenvolvimento e manter a horta sem as galhas que antes faziam parte da rotina.

A experiência do Bosque demonstra como uma intervenção de escala material muito pequena pode adquirir grande extensão temporal e social. Cinco gramas por hectare, aplicados uma única vez em pontos centrais de duas áreas, foram seguidos por seis anos de observação sem reaplicação. Mais do que uma receita pronta, esse percurso oferece uma pergunta para novas pesquisas: em quais condições edáficas, biológicas e de manejo uma inoculação localizada de *P. penetrans* consegue estabelecer supressividade duradoura contra *M. javanica*?

Responder a essa pergunta exigirá novos experimentos, quantificação de populações, amostragem espacial e acompanhamento molecular. O caso já demonstra, entretanto, a importância de olhar para problemas antigos da agricultura familiar com ferramentas científicas, agentes biológicos persistentes e compromisso de longo prazo. Foi dessa combinação que uma área marcada por duas

décadas de perdas passou a ser lembrada, pelos próprios agricultores, como um lugar onde as galhas desapareceram.

REFERÊNCIAS

- Pereira, J. da S. (2018). Produção de inóculo da bactéria *Pasteuria penetrans* a partir de solo naturalmente infestado por nematoides-das-galhas (*Meloidogyne*). Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) — Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Cachoeira do Sul.
- Diário Coletivo (2025). Manejo biológico: *Meloidogyne javanica* com *Pasteuria penetrans*. YouTube. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=T5hh9PW9x6I>. Acesso em: 17 ago. 2026.
- Rodrigues, A. K., Freitas, L. G., Azevedo, A. A., & Ferraz, S. (2003). Desenvolvimento de *Pasteuria penetrans* em *Meloidogyne* spp. parasitando diferentes espécies vegetais. Fitopatologia Brasileira, 28(3), 267-272. <https://doi.org/10.1590/S0100-41582003000300007>
- Stirling, G. R. (1984). Biological control of *Meloidogyne javanica* with *Bacillus penetrans*. Phytopathology, 74(1), 55-60.
- Stirling, G. R., Bird, A. F., & Cakurs, A. B. (1986). Attachment of *Pasteuria penetrans* spores to the cuticles of root-knot nematodes. Revue de Nématologie, 9(3), 251–260.

Capítulo 5

***Trichoderma* e preparados homeopáticos na cultura do arroz**

Da aproximação com a agrohomeopatia ao experimento conduzido no IRGA de Cachoeira do Sul

UM CURSO QUE ABRIU OUTRO CAMPO DE INVESTIGAÇÃO

Meu contato mais sistemático com a agrohomeopatia ocorreu em um curso realizado em Goiânia, por volta de 2018, do qual participei junto com produtores vinculados ao projeto NUPIO. A sala era pequena, mas reunia agricultores de diferentes estados, entre eles Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Paraná. A diversidade de experiências tornava o encontro especialmente rico: não estávamos diante de uma discussão apenas teórica, mas de pessoas que buscavam respostas para problemas concretos da agricultura.

Entre os responsáveis pela formação estavam o professor Carlos Moacir Bonato, fisiologista vegetal da Universidade Estadual de Maringá; Alexandre Mendonça, que trabalha com homeopatia aplicada ao gado leiteiro no Rio Grande do Sul; e Lucineia Araldi Pradella, agricultora, pesquisadora e consultora pioneira no uso da homeopatia na agricultura, em Palotina, Paraná. Foi Lucineia quem me apresentou uma das primeiras cópias de um livro de agrohomeopatia que passou a orientar minhas leituras. As conversas mantidas posteriormente em um grupo dedicado ao tema ampliaram o acesso à bibliografia e mantiveram vivo o intercâmbio entre pesquisa, assistência técnica e experiência dos agricultores.

Naquele período, a aproximação também adquiriu uma dimensão pessoal. Fiz em mim mesma um teste com alta diluição e observei o desaparecimento de uma inflamação persistente no braço. Essa vivência não substituíra demonstração científica nem poderia ser generalizada, mas teve importância em minha trajetória: despertou curiosidade, rompeu uma resistência inicial e me levou a estudar com maior atenção os princípios e as aplicações da homeopatia.

Passei a perceber um potencial particular na combinação entre homeopatia e bioinsumos. São tecnologias que podem ter custo muito baixo e que, quando utilizadas com conhecimento, oferecem caminhos para diminuir a dependência de insumos químicos. Ao mesmo tempo, compreendi que a homeopatia exige uma capacidade de diagnóstico que nem sempre está disponível. Em minha leitura profissional, sobretudo no uso de altas diluições, a escolha do preparado e do momento de aplicação

depende de uma diagnose precisa. Quando essa formação falta, corre-se o risco de transformar a homeopatia em uso genérico de um produto diluído e de limitar o avanço do próprio campo.

DA PEQUENA SALA ÀS LAVOURAS DO TOCANTINS

A motivação cresceu quando visitei áreas de arroz na região da Lagoa da Confusão, no Tocantins, onde preparados agrohomeopáticos eram aplicados por avião. A experiência mostrava que a técnica não estava restrita a hortas, pequenos cultivos ou ensaios em vasos. Ela podia ser incorporada à logística de grandes lavouras. Ver esse uso em escala modificou minha percepção sobre as possibilidades de pesquisa e tornou mais concreta a pergunta que orientaria o trabalho seguinte: como a agrohomeopatia poderia atuar em combinação com um agente biológico já conhecido, como *Trichoderma*, em uma cultura extensiva?

O arroz oferecia um contexto estratégico para essa investigação. O Rio Grande do Sul concentra parte expressiva da produção brasileira, e a cultivar Guri INTA CL, valorizada por sua qualidade industrial, estava entre as mais semeadas na safra 2018/2019. Ela apresenta, entretanto, suscetibilidade à brusone, doença causada por *Magnaporthe oryzae* — também referida na literatura por seu anamorfo, *Pyricularia oryzae* — capaz de afetar folhas, bainhas, colmos e sementes e causar perdas severas em condições epidêmicas.

A parceria com a Estação Regional de Pesquisa do Instituto Rio Grandense do Arroz, em Cachoeira do Sul, permitiu transformar a pergunta em experimento de campo. O trabalho foi desenvolvido por Renata Tatsch Eidt (2019), sob minha orientação, no âmbito da Pós-Graduação em Agroecologia e Produção Orgânica da UERGS, com apoio técnico e laboratorial do IRGA. Os preparados homeopáticos foram fornecidos por João Nabuco Galvão de Barros, da Homeopatia Rural, e o produto biológico, pela Bioagritec. A pesquisa contou ainda com Jorge González Aguilera, Mara Grohs e Diulie Fernanda Almansa da Costa e, depois, foi publicada em 2020 (Eidt et al., 2020).

O EXPERIMENTO NO IRGA

O ensaio foi conduzido entre 22 de novembro de 2018 e 1º de abril de 2019, em Planossolo Háplico eutrófico arênico, na estação do IRGA em Cachoeira do Sul. A semeadura tardia expôs a cultura a condições desafiadoras. A safra apresentou El Niño de fraca intensidade, períodos de radiação solar abaixo da média e temperaturas máximas superiores a 35 °C. Esses fatores são relevantes porque podem interferir na fotossíntese, na esterilidade das espiguetas e no enchimento dos grãos.

A área foi manejada, antes da diferenciação dos tratamentos, segundo procedimentos usuais do IRGA: dessecação com glifosato, adubação de base com NPK 04-17-27, aplicação de herbicida no estágio V3 e adubação nitrogenada total de 150 kg/ha. A irrigação por inundação foi conduzida de modo a evitar troca de água entre as parcelas durante as aplicações específicas.

O delineamento reuniu quatro tratamentos com cinco repetições (Tabela 5). Cada repetição destinada à produtividade correspondeu a uma parcela amostral de 4,8 m², totalizando vinte unidades de colheita. Essa estrutura permitiu comparar o manejo químico convencional com a ausência de tratamento e com duas estratégias baseadas em preparados homeopáticos.

Tabela 5. Tratamentos comparados no experimento.

Tratamento	Intervenções específicas	Síntese
C — convencional	Tratamento de sementes com inseticida; duas aplicações de inseticida para percevejo-do-arroz; uma aplicação preventiva de tricyclazole para brusone.	Manejo químico de referência.
T — testemunha	Sem tratamento de sementes e sem inseticida, fungicida, homeopatia ou agente biológico.	Ausência das intervenções comparadas.
H — homeopatia	Cinco pulverizações: Homeo 2 aos 15, 32 e 56 DAS; Homeo 35 aos 81 e 106 DAS.	Preparados homeopáticos sem <i>Trichoderma</i> .
H+B — homeopatia + biológico	Mesmo programa homeopático de H e tratamento das sementes com produto à base de <i>T. harzianum</i> , <i>T. asperellum</i> e <i>T. koningiopsis</i> .	Combinação das duas tecnologias.

PREPARADOS, APLICAÇÕES E AVALIAÇÕES

O Homeo 2 tinha como base *Arsenicum tartaricum* CCLM6 e foi destinado às fases iniciais da cultura, com aplicações aos 15, 32 e 56 dias após a semeadura. O Homeo 35, preparado a partir de *Magnetitum* CCLM7, foi utilizado nas fases finais, aos 81 e 106 dias. Em cada aplicação, duas gotas do preparado foram diluídas em 300 mL de água sem cloro e pulverizadas sobre as plantas das parcelas correspondentes.

No tratamento combinado, as sementes receberam 2 mL/kg de um inoculante comercial contendo *T. harzianum*, *T. asperellum* e *T. koningiopsis*. O objetivo da combinação não era apenas somar dois produtos. Partia-se da hipótese de que mecanismos distintos poderiam atuar de forma complementar: os preparados homeopáticos, como estímulos relacionados à resposta fisiológica da planta; e *Trichoderma*, por suas interações com raízes, patógenos e nutrientes.

Aos 88 dias após a semeadura, durante a floração, foram coletadas amostras para determinar massa seca de parte aérea e de raízes. Ao longo do ciclo, insetos e sintomas de doenças, especialmente brusone, foram acompanhados visualmente. Na colheita, cinco parcelas de cada tratamento foram processadas no laboratório de sementes do IRGA. O peso foi corrigido para impurezas e umidade

padrão de 13%, permitindo estimar a produtividade por hectare. Também foram avaliadas a renda de beneficiamento e a porcentagem de grãos inteiros. Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando houve significância, ao teste de Duncan a 5%.

O RESULTADO CENTRAL: PRODUTIVIDADE

As diferenças estatisticamente significativas ocorreram apenas para massa seca da parte aérea e produtividade (Tabela 6). O manejo convencional apresentou a maior massa seca da parte aérea, mas isso não se converteu em maior produção de grãos. Na produtividade, a ordem foi inversa ao que uma leitura apoiada apenas no manejo químico poderia antecipar: os dois tratamentos com homeopatia ocuparam as primeiras posições, enquanto o convencional apresentou a menor média.

Tabela 6. Massa seca da parte aérea e produtividade nos diferentes tratamentos. Fonte: Eidt et al. (2020).

Tratamento	Massa seca da parte aérea (kg)	Produtividade (kg/ha)
Homeopatia + <i>Trichoderma</i> (H+B)	0,098 ± 0,017 b	9.710,84 ± 565,51 a
Homeopatia (H)	0,106 ± 0,011 b	9.582,56 ± 955,57 a
Testemunha (I)	0,096 ± 0,025 b	9.117,35 ± 721,61 ab
Convencional (C)	0,144 ± 0,032 a	8.424,52 ± 899,29 b

Nota: Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%.

O tratamento H+B alcançou 9.710,84 kg/ha, cerca de 194 sacas por hectare. O tratamento H chegou a 9.582,56 kg/ha, aproximadamente 192 sacas. A testemunha produziu 9.117,35 kg/ha e o convencional, 8.424,52 kg/ha. Em relação ao convencional, o tratamento combinado apresentou incremento aproximado de 15,3%; o artigo o expressou também como aumento de cerca de 8% em relação ao conjunto de controle considerado na discussão. Para evitar ambiguidade, o dado mais seguro para o leitor é conservar as quatro médias e explicitar qual comparação está sendo feita.

H e H+B foram estatisticamente superiores ao convencional, mas não diferiram entre si. A testemunha ocupou posição intermediária e não diferiu estatisticamente nem dos tratamentos homeopáticos nem do convencional. Isso significa que o ensaio demonstrou vantagem dos dois manejos com homeopatia sobre o tratamento convencional naquela safra, mas não isolou estatisticamente um ganho adicional causado por *Trichoderma* dentro do conjunto homeopático.

A renda de beneficiamento ficou próxima de 70% em todos os tratamentos, e o percentual de grãos inteiros permaneceu ao redor de 64%. Não houve diferenças estatísticas para essas variáveis nem para massa seca de raízes. Assim, o aumento de produtividade não foi acompanhado de prejuízo detectável à qualidade industrial dos grãos.

O QUE ACONTECEU COM A BRUSONE

Embora a cultivar fosse suscetível, não ocorreu ataque severo de brusone durante o experimento. Algumas plantas da testemunha apresentaram sintomas, mas sem dano expressivo. No tratamento convencional, o fungicida foi aplicado preventivamente; nas áreas H e H+B, não foram observadas manchas relevantes. Os danos visuais mais evidentes vieram de insetos sugadores, especialmente percevejos, e também não foram quantificados como perdas severas.

Esse contexto impede concluir que os preparados homeopáticos ou *Trichoderma* controlaram uma epidemia de brusone. O que o experimento demonstrou de forma mais sólida foi produtividade superior dos tratamentos H e H+B em relação ao convencional, mesmo sem fungicida e inseticidas específicos e sob condições climáticas pouco favoráveis. Hipóteses sobre indução de resistência, maior eficiência fisiológica, promoção de crescimento ou sinergia são biologicamente plausíveis e discutidas no artigo, mas precisariam de novas medições para separar seus mecanismos.

A maior massa seca da parte aérea no tratamento convencional, acompanhada da menor produtividade, também ensina que crescimento vegetativo e rendimento de grãos não são sinônimos. Uma planta pode acumular mais biomassa sem necessariamente direcionar mais fotoassimilados para a produção. A interpretação proposta no trabalho foi que os preparados, especialmente *Magnetitum* nas fases finais, poderiam ter contribuído para a nutrição e a translocação de fotoassimilados. Essa explicação permanece como hipótese a ser testada, não como mecanismo diretamente medido.

UMA COMBINAÇÃO PROMISSORA, NÃO UMA RECEITA PRONTA

O experimento do IRGA representou um passo importante porque aproximou duas linhas de trabalho que costumam avançar separadamente. O controle biológico com *Trichoderma* já possuía ampla base de estudos sobre antagonismo, promoção de crescimento e relações com o sistema radicular. A agrohomeopatia, por sua vez, apresentava experiências em diferentes cultivos, mas ainda enfrentava menor institucionalização científica. Reuni-las em um ensaio de campo, com repetição, análise estatística e avaliação de produtividade, permitiu formular novas perguntas com maior precisão.

Ao mesmo tempo, os resultados não devem ser convertidos em recomendação universal. O estudo corresponde a uma cultivar, um local e uma safra. Os preparados foram escolhidos para fases específicas do desenvolvimento e fornecidos por profissional experiente. Novos trabalhos precisam testar outras safras, cultivares, condições de doença, doses, dinamizações e combinações, além de

incluir avaliações fisiológicas, microbiológicas e econômicas. Também seria importante comparar tratamentos com *Trichoderma* sem homeopatia, o que não existiu neste delineamento e permitiria separar melhor o efeito do agente biológico.

A principal contribuição, portanto, não é oferecer uma fórmula fechada. É mostrar que um manejo de custo material muito baixo, combinado ou não com tratamento biológico de sementes, alcançou produtividade elevada e qualidade industrial semelhante à do manejo convencional, sem as aplicações específicas de inseticida e fungicida utilizadas naquele tratamento. Isso justifica novas pesquisas e reforça a necessidade de diagnóstico, acompanhamento técnico e experimentação local.

UM CAMPO QUE CONTINUA ABERTO

A experiência não encerrou minha relação com a agrohomeopatia. Ela consolidou um campo no qual continuo me expandindo. Em 2026, uma parceria de projeto com a WPLab³ abriu uma nova etapa, com testes de germinação de sementes de feijão submetidas a preparados homeopáticos. Esse trabalho é posterior ao ensaio do arroz e ainda está em desenvolvimento; por isso, aparece aqui apenas como continuidade da trajetória, e não como resultado concluído.

Entre o curso em Goiânia, a visita às lavouras da Lagoa da Confusão, o experimento no IRGA e os estudos atuais, permanece a mesma convicção: a agrohomeopatia precisa ser examinada com abertura e rigor. Seu baixo custo pode ampliar o acesso de agricultores a estratégias de manejo, mas o avanço do campo depende de formação, diagnose, protocolos transparentes, repetição experimental e interpretação cuidadosa dos resultados.

A combinação com bioinsumos é especialmente promissora porque permite pensar a saúde da planta e do agroecossistema por mecanismos complementares. O ensaio com arroz não respondeu a todas as perguntas. Fez algo talvez mais importante para uma tecnologia em construção: mostrou um resultado mensurável, revelou limites do próprio desenho e abriu uma agenda de investigação que ainda merece ser aprofundada.

REFERÊNCIAS

- Eidt, R. T. (2019). Efeito da agrohomeopatia na produtividade de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. Trabalho de conclusão da Pós-Graduação em Agroecologia e Produção Orgânica — Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Unidade de Santa Cruz do Sul.
- Eidt, R. T., Bernardo, J. T., de Barros, J. N. G., Aguilera, J. G., Grohs, M., & da Costa, D. F. A. (2020). Avaliação do uso de Agrohhomeopatia e *Trichoderma* sp. na produtividade de arroz suscetível a

³ A WP Lab é uma indústria farmacêutica brasileira fundada em 1933 e sediada no Paraná. A empresa desenvolve medicamentos e soluções com ativos naturais e atua nos segmentos de saúde humana, veterinária e agrícola, sob o conceito de Saúde Única (One Health), que integra essas diferentes áreas.

brusone. Research, society and development, 9(9), e416997420-e416997420.
<https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7420>

- Bonato, C. M., Proença, G. T. D., & Reis, B. (2009). Homeopathic drugs Arsenicum album and Sulphur affect the growth and essential oil content in mint (*Mentha arvensis* L.). Acta Scientiarum. Agronomy, 31(1), 101-105. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v31i1.6642>
- Casali, V. W. D. (2004). Homeopatia: da saúde dos seres vivos à segurança alimentar. Lages: Epagri.
- Machado, D. F. M., Parzianello, F. R., da Silva, A. C. F., & Antonioli, Z. I. (2012). *Trichoderma* no Brasil: o fungo e o bioagente. Revista de Ciências Agrárias, 35(1), 274-288.
- Tichavský, R. (2007). Manual de agrohhomeopatia. Nuevo León: SEDOSOL. 77 p.

Capítulo 6

Da transferência de tecnologia aos resultados no campo

A experiência da Fazenda Bom Jardim Lagoano

BIOINSUMOS COMO MUDANÇA DE MANEJO

A adoção de bioinsumos em sistemas agrícolas de larga escala não depende apenas da disponibilidade de microrganismos com potencial para o controle biológico. Ela exige conhecimento técnico, organização da produção, acompanhamento contínuo das lavouras e, sobretudo, uma mudança na forma de compreender o manejo do sistema produtivo. A experiência desenvolvida na Fazenda Bom Jardim Lagoano, em Montividiu, Goiás, demonstra como a produção descentralizada de fungos e sua utilização contínua podem contribuir para reduzir custos, uso de produtos químicos e dependência de insumos externos, mantendo a produtividade e ampliando a rentabilidade.

Essa trajetória teve início com a transferência da tecnologia de produção de fungos pelo método NUPIO. Desenvolvida para possibilitar a multiplicação de fungos de interesse agrícola por fermentação em substrato sólido, a tecnologia utilizava uma estrutura adaptável às condições das organizações e propriedades rurais. Sua implantação, entretanto, não ocorreu como uma transferência linear e concluída no momento do curso. O conhecimento inicialmente apresentado foi aplicado, observado e progressivamente aperfeiçoado na interação com produtores, profissionais da assistência técnica e equipes responsáveis pela produção e pelo manejo nas propriedades.

Nesse processo, a transferência tecnológica evoluiu para uma dinâmica de desenvolvimento participativo e de coconstrução de conhecimentos. Os fundamentos científicos, os primeiros protocolos e a sistematização das soluções partiram da coordenação científica do projeto, enquanto sua aplicação em condições reais permitiu identificar gargalos, ajustar estruturas e procedimentos e desenvolver estratégias adequadas às particularidades de cada sistema produtivo. A experiência prática dos participantes não substituiu a pesquisa que deu origem à tecnologia, mas contribuiu decisivamente para sua validação, seu aprimoramento e sua adaptação às diferentes realidades.

Em 2017, representantes da Associação dos Produtores de Agricultura Sustentável — APAS participaram de um curso de transferência tecnológica ministrado pela professora Janaína Tauil Bernardo. A Associação estruturou a produção de fungos e passou a atender agricultores vinculados

ao grupo. A Fazenda Bom Jardim Lagoano foi uma das experiências que incorporaram esses microrganismos ao manejo de suas áreas agrícolas.

A APAS exerceu papel fundamental como organização intermediária entre a tecnologia e sua utilização no campo. Ao assumir inicialmente a produção, permitiu que os agricultores recebessem os materiais biológicos e desenvolvessem progressivamente conhecimentos sobre sua aplicação. Essa organização associativa reduziu uma dificuldade frequente: a necessidade de dominar, simultaneamente, obtenção, produção, controle e utilização dos microrganismos. A atuação técnica de Thatiane Martins Silva Ruiz integra essa trajetória de produção e controle de qualidade dos bioinsumos na APAS (Fotografia 9).



Fotografia 9. Thatiane Martins Silva Ruiz, engenheira agrônoma e responsável técnica pela produção e pelo controle de qualidade dos bioinsumos fúngicos na APAS. Fonte: acervo pessoal de Thatiane Martins Silva Ruiz.

A FAZENDA BOM JARDIM LAGOANO E O PROCESSO DE TRANSIÇÃO

A Fazenda Bom Jardim Lagoano possui área cultivada de aproximadamente 1.470 hectares. Antes da introdução dos bioinsumos, o sistema seguia o manejo convencional predominante na região, com inseticidas, fungicidas, tratamento químico de sementes e outros insumos comerciais. A transição ocorreu gradualmente, enquanto a equipe observava os efeitos dos fungos e ajustava as formas de aplicação.

Adriano Cruvinell, responsável pelo trabalho na propriedade, realizava avaliações semanais dos talhões. Às segundas-feiras, as áreas eram avaliadas com Marconi, integrante da equipe técnica; às quintas-feiras, Adriano fazia nova vistoria. As observações eram organizadas por talhão, permitindo relacionar as condições da lavoura aos manejos realizados e ao histórico de cada área.

Esse acompanhamento modificou a lógica de decisão. Em vez de realizar aplicações previamente programadas ou responder apenas depois do aparecimento de sintomas e danos, a equipe passou a observar os ciclos dos organismos, as condições ambientais e a dinâmica do sistema agrícola. O manejo biológico exigia mais observação, planejamento, aprendizagem e participação ativa do que o procedimento convencional de apenas definir produtos, doses e aplicações.

Embora essa experiência tenha ocorrido em uma propriedade dedicada à produção de commodities, o processo de acompanhamento e aperfeiçoamento da tecnologia foi orientado por princípios e metodologias amplamente utilizados na agroecologia. A compreensão do agroecossistema como um sistema vivo, a observação das interações biológicas, o diálogo com os atores envolvidos e a construção de respostas a partir das condições concretas do campo permitiram superar uma lógica estritamente baseada na substituição de insumos. Foi esse olhar que possibilitou refinar a tecnologia em situações produtivas complexas e, posteriormente, adaptá-la a outros contextos, inclusive aos sistemas da agricultura familiar.

A adesão dos trabalhadores foi decisiva. Inicialmente eles não dominavam o processo, mas foram convidados a compreendê-lo e participar de sua implantação. Com o passar das safras, observaram os resultados e perceberam a redução do contato direto com produtos tóxicos. Segundo Adriano, os próprios trabalhadores passaram a resistir à possibilidade de retorno integral ao sistema convencional.

A IMPLANTAÇÃO DO NÚCLEO DENTRO DA FAZENDA

À medida que os resultados foram observados e a economia proporcionada pelo manejo se tornou mais evidente, a Fazenda Bom Jardim Lagoano investiu na ampliação e no aprimoramento de sua infraestrutura. O núcleo instalado dentro da própria fazenda foi destinado à produção de fungos por fermentação em substrato sólido, ampliando a autonomia na obtenção dos bioinsumos utilizados nas lavouras.

A evolução da infraestrutura mostra que produção descentralizada não significa produção improvisada. O processo exige higiene, organização, treinamento, controle das etapas e equipamentos adequados. Os investimentos foram realizados progressivamente com recursos economizados no próprio manejo e incluíram equipamentos para mistura, armazenamento, refrigeração, filtragem e apoio às operações do núcleo.

O MANEJO DE DOENÇAS E INSETOS-PRAGA

Em apresentação realizada em abril de 2021, durante uma troca de experiências entre produtores que haviam recebido a tecnologia NUPIO, Adriano relatou os resultados alcançados até então. A fazenda acumulava quatro safras sem aplicação de inseticidas para o controle de percevejos, embora áreas vizinhas, em alguns pontos separadas apenas por cercas, continuassem recebendo aplicações. A propriedade também produzia sementes para uma empresa da região e, segundo o relato, não havia enfrentado devolução de lotes por problemas de qualidade relacionados a esse manejo.

Adriano relatou ainda quatro safras sem fungicidas químicos comerciais. O manejo das doenças passou a combinar os isolados fúngicos com outras práticas, entre elas o uso de calda bordalesa em situações específicas. O tratamento químico de sementes, tanto com fungicidas quanto com inseticidas, também havia sido eliminado nesse período.

Um dos resultados destacados foi o manejo do mofo-branco, causado por *Sclerotinia sclerotiorum*. Com a adoção de *Trichoderma* no tratamento das sementes e no sulco de plantio, a estratégia passou a atuar sobre o ciclo do patógeno no solo. De acordo com o produtor, durante quatro safras consecutivas não foram necessárias aplicações específicas de produtos químicos contra a doença.

Esses resultados não decorreram da troca simplificada de um produto químico por um biológico. Houve uma mudança de manejo: acompanhamento dos talhões, conhecimento dos ciclos de doenças e insetos-praga, aplicação preventiva dos microrganismos, recuperação da atividade biológica do solo e envolvimento da equipe.

A DIMENSÃO DA REDUÇÃO DO USO DE PRODUTOS QUÍMICOS

Além dos resultados econômicos posteriormente sistematizados em artigo científico, o relato de Adriano em 2021 permite dimensionar fisicamente a quantidade de produtos comerciais que deixou de ser aplicada. Os cálculos foram realizados pelo produtor com base nas doses anteriormente utilizadas pela própria fazenda, no número habitual de aplicações e na área cultivada. A propriedade foi, portanto, comparada com seu próprio histórico de manejo (Tabela 7).

Para o controle de percevejos, a eliminação de quatro aplicações representava aproximadamente 8.820 litros ou quilogramas de inseticidas por safra. Em quatro safras, o valor acumulado corresponde a cerca de 35.280 litros ou quilogramas. Para os fungicidas comerciais, a

redução estimada foi de 7.300 litros ou quilogramas por safra, totalizando cerca de 29.200 litros ou quilogramas. Para produtos antes usados especificamente no manejo do mofo-branco, estimou-se redução próxima de 19 mil litros ou quilogramas por safra, ou aproximadamente 76 mil em quatro safras.

Tabela 7. Redução estimada do uso de produtos comerciais.

Categoria	Por safra	Em quatro safras
Inseticidas para percevejos	8.820 L ou kg	35.280 L ou kg
Fungicidas comerciais	7.300 L ou kg	29.200 L ou kg
Produtos para mofo-branco	aprox. 19.000 L ou kg	aprox. 76.000 L ou kg

Nota: Estimativas apresentadas oralmente pelo produtor em 2021, com base no histórico de manejo da fazenda. As categorias são mantidas separadas porque não foi possível confirmar se os produtos destinados ao mofo-branco estavam incluídos, total ou parcialmente, na estimativa geral de fungicidas.

O produtor estimou ainda redução aproximada de 85% no uso anual de produtos tóxicos ao ambiente. Esse percentual pertence ao relato de 2021 e deve ser compreendido como estimativa da fazenda baseada em suas práticas anteriores. A redução representou não apenas economia financeira, mas menor introdução de produtos químicos no ambiente e menor exposição dos trabalhadores.

TRANSFORMAÇÕES OBSERVADAS NOS TALHÕES

O Talhão 14 tornou-se uma referência importante. Historicamente, apresentava mofo-branco, nematoides, percevejos e percevejo-castanho, além de reboleiras e desuniformidade no desenvolvimento da soja. Registros aéreos das safras 2015/2016 e 2019/2020 documentam uma transformação visual: no registro anterior à consolidação do manejo biológico são perceptíveis áreas de desenvolvimento irregular; no posterior, a lavoura apresenta maior uniformidade visual e redução das reboleiras.

Segundo Adriano, o Talhão 14 produzia anteriormente entre 50 e 55 sacas de soja por hectare. Na safra relatada em 2021, mesmo sob seca, superou 73 sacas por hectare. Por se tratar de informação oral, esse dado corresponde ao histórico particular do talhão e não deve ser confundido com a produtividade média da propriedade.

RECUPERAÇÃO DA VIDA NO SISTEMA AGRÍCOLA

Outro aspecto enfatizado foi o reaparecimento de organismos antes pouco observados nas áreas cultivadas. A equipe passou a registrar minhocas, besouros rola-bosta, joaninhas, grilos, aranhas, cogumelos e diferentes fungos colonizando a palhada e outros materiais orgânicos. Também foram encontrados insetos colonizados por fungos entomopatogênicos, indicando sua atividade no ambiente. Entre os microrganismos utilizados estavam *Trichoderma*, *Beauveria* e *Pochonia*, produzidos em substrato sólido e aplicados conforme as estratégias desenvolvidas pela equipe.

Essas observações não substituem levantamentos quantitativos de biodiversidade, mas funcionaram como indicadores práticos da transformação percebida pelos agricultores. O aumento da presença visível de organismos no solo, na palhada e no dossel foi interpretado como sinal de recuperação da atividade biológica do sistema.

REDUÇÃO DO USO DE CLORETO DE POTÁSSIO

A transição também alcançou a adubação. Na apresentação de 2021, quatro talhões, correspondentes a aproximadamente 253 hectares, já não recebiam cloreto de potássio. O insumo estava sendo substituído gradualmente por uma fonte de potássio reativo. Adriano estimou que essa alteração evitava a introdução de aproximadamente 31 quilogramas de cloro por hectare, elemento cuja presença preocupava pelos possíveis efeitos sobre os organismos do solo e o funcionamento biológico do sistema.

A substituição não ocorreu simultaneamente em toda a fazenda. A estratégia consistiu em avançar por etapas, observar os resultados e ampliar a área à medida que o manejo demonstrasse viabilidade. Na segunda safra da experiência, apesar da pior seca observada até então na propriedade, a fazenda alcançou produtividade média aproximada de 64 sacas de soja por hectare. Para o produtor, o resultado reforçava a importância de avaliar não apenas a produtividade máxima, mas estabilidade, rentabilidade e capacidade de suportar condições adversas.

DO RELATO DO PRODUTOR À SISTEMATIZAÇÃO CIENTÍFICA

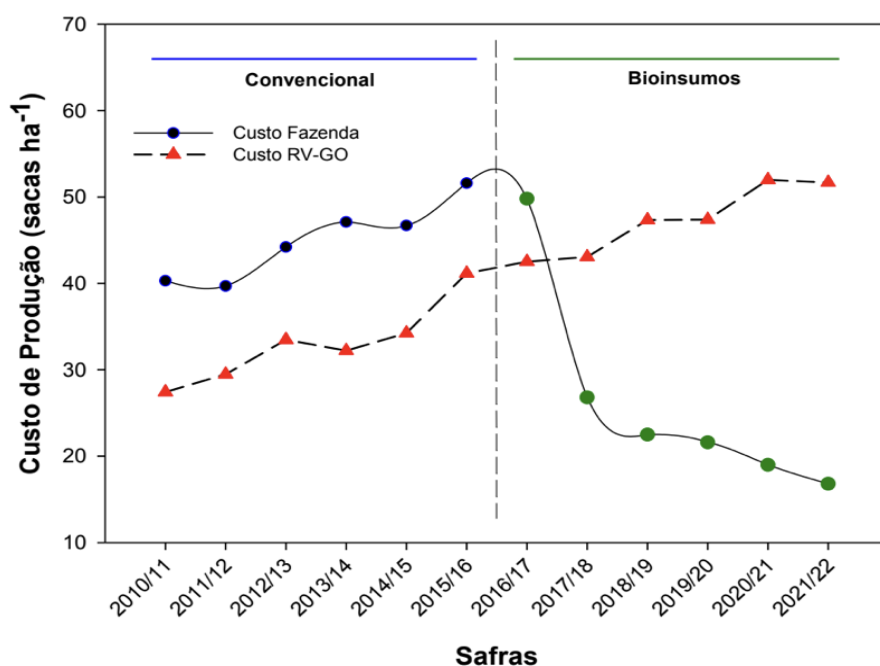
A experiência foi posteriormente sistematizada em artigo científico publicado em 2022. O estudo analisou 12 safras agrícolas: seis sob manejo convencional, de 2010/2011 a 2015/2016, e seis com bioinsumos produzidos *on farm*, de 2016/2017 a 2021/2022. Foram avaliados custos de produção, produtividade e rentabilidade da soja. Para contextualizar os resultados, os dados da fazenda foram comparados aos da microrregião de Rio Verde, Goiás, obtidos na Companhia Nacional de Abastecimento — Conab.

A abordagem permitiu comparar a propriedade consigo mesma ao longo do tempo e, simultaneamente, observar seu comportamento em relação ao contexto regional. Após a introdução

dos bioinsumos, houve redução de 58,6% nos custos de produção, aumento de 13% na produtividade e crescimento de 175% na rentabilidade. A transformação principal não foi necessariamente alcançar produtividade excepcional em todas as safras, mas produzir com menor custo, maior estabilidade e melhor retorno econômico.

EVOLUÇÃO DO CUSTO DE PRODUÇÃO

Durante o manejo convencional, os custos da Fazenda Bom Jardim Lagoano acompanhavam valores elevados e apresentavam maior proximidade com as referências regionais (Figura 1). Depois da introdução dos bioinsumos, ocorreu redução progressiva do custo expresso em sacas de soja por hectare. Essa expressão mostra quanto da produção era necessário para pagar os custos de cada safra e reduz o efeito das oscilações monetárias na comparação.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 1. Histórico do custo de produção da soja, em sacas por hectare, em 12 safras. Círculos azuis: manejo convencional na Fazenda Bom Jardim Lagoano (2010/2011 a 2015/2016); círculos verdes: manejo com bioinsumos *on farm* (2016/2017 a 2021/2022); triângulos vermelhos: custos na microrregião de Rio Verde, calculados com dados da Conab. Fonte: Cruvinell et al. (2022) e Conab.

A redução de 58,6% demonstra como a autonomia na produção e no uso dos fungos alterou a estrutura econômica. Enquanto produtos comerciais representavam despesas recorrentes e dependentes do mercado externo, o núcleo permitiu internalizar parte da produção de insumos e utilizar recursos economizados no aperfeiçoamento da infraestrutura.

PRODUTIVIDADE E RESILIÊNCIA

A produtividade da soja não apresentou queda decorrente da substituição progressiva dos insumos químicos (Figura 2). Ao contrário, houve aumento de 13% entre os períodos avaliados. Mais importante do que a diferença média foi a capacidade de manter a produção em safras climaticamente desfavoráveis. O produtor destacou que, durante secas prolongadas, as lavouras mantiveram desempenho superior ao esperado diante da restrição hídrica.

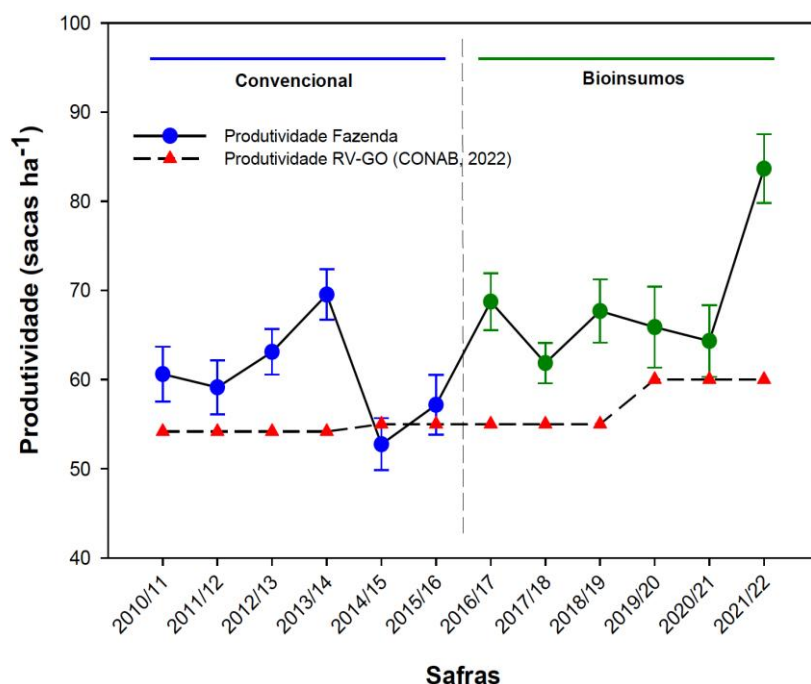


Figura 2. Histórico da produtividade da soja, em sacas por hectare, em 12 safras. Círculos azuis: manejo convencional na Fazenda Bom Jardim Lagoano; círculos verdes: manejo com bioinsumos *on farm*; triângulos vermelhos: produtividade da microrregião de Rio Verde segundo dados da Conab. Fonte: Cruvinell et al. (2022) e Conab.

Os dados reforçam a necessidade de superar avaliações centradas apenas na produtividade máxima. Um sistema pode alcançar elevado rendimento e apresentar baixa rentabilidade devido ao custo dos insumos; também pode demonstrar pouca resiliência quando depende de sucessivas intervenções e se torna vulnerável ao aumento de preços ou à indisponibilidade de produtos.

AUMENTO DA RENTABILIDADE

A combinação entre redução dos custos e manutenção ou aumento da produtividade resultou em crescimento de 175% na rentabilidade da soja (Figura 3). Esse resultado mostra que a viabilidade econômica do manejo com bioinsumos não depende exclusivamente de produzir mais sacas por hectare, mas de ampliar a diferença entre a produção obtida e a quantidade necessária para cobrir os custos.

A experiência responde à pergunta formulada pelo próprio Adriano: o agricultor deve buscar apenas produtividade ou priorizar também a rentabilidade? Uma lavoura economicamente saudável não é necessariamente aquela de maior rendimento absoluto, mas a que combina produtividade, menor dependência externa, redução de custos, estabilidade e capacidade de atravessar condições adversas.

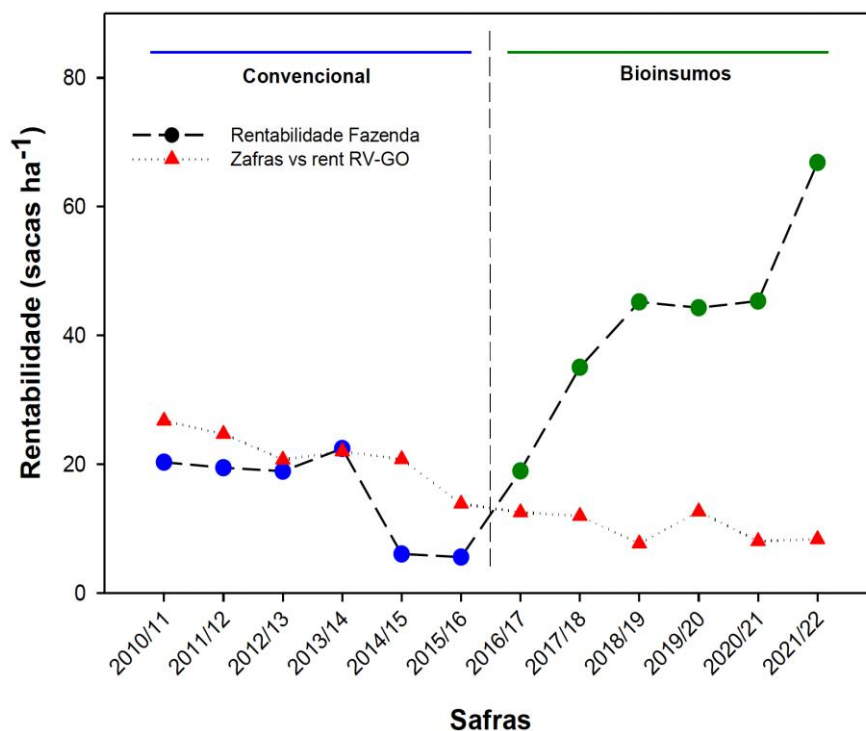


Figura 3. Histórico da rentabilidade da soja, em sacas por hectare, em 12 safras. Círculos azuis: manejo convencional na Fazenda Bom Jardim Lagoano; círculos verdes: manejo com bioinsumos *on farm*; triângulos vermelhos: rentabilidade estimada pela diferença entre produtividade e custo de produção na microrregião de Rio Verde, com base em dados da Conab. Fonte: Cruvinell et al. (2022) e Conab.

UMA EXPERIÊNCIA CONSTRUÍDA COLETIVAMENTE

Os resultados não podem ser atribuídos a um único insumo ou intervenção. A tecnologia de produção sólida foi transferida em processo formativo; a APAS produziu e disponibilizou microrganismos; a equipe da propriedade realizou aplicações, acompanhou talhões, registrou resultados e aperfeiçoou o manejo; a troca entre produtores permitiu compartilhar dificuldades e aprendizados; e os registros de 12 safras foram posteriormente analisados cientificamente.

A experiência evidencia que agricultores não são apenas receptores de uma tecnologia pronta. Ao acompanhar áreas, comparar resultados e adaptar procedimentos, a equipe produziu conhecimento. O conhecimento científico oferece princípios, métodos e ferramentas, mas sua consolidação depende da capacidade dos agricultores e das organizações locais de aplicá-lo, avaliá-lo e aperfeiçoá-lo em condições reais.

Por essa razão, a expressão “transferência de tecnologia”, utilizada ao longo deste livro, não deve ser compreendida como um processo linear, no qual um conhecimento pronto é simplesmente entregue a quem o recebe. Embora o projeto partisse de uma base técnico-científica e de propostas previamente desenvolvidas, sua aplicação em diferentes realidades exigiu diálogo, experimentação, ajustes e aprendizagem conjunta. Nesse sentido, a transferência tecnológica foi acompanhada por um processo de coconstrução do conhecimento, no qual agricultores e técnicos contribuíram ativamente para adaptar e aperfeiçoar as soluções no campo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A trajetória da Fazenda Bom Jardim Lagoano demonstra que bioinsumos podem ultrapassar a simples substituição de produtos químicos por biológicos. Quando inseridos em estratégia de manejo, formação e monitoramento, transformam a organização da propriedade, a relação da equipe com a lavoura e os critérios usados para avaliar o sucesso produtivo.

Ao longo do período analisado, a fazenda reduziu custos, manteve e ampliou a produtividade, aumentou a rentabilidade e diminuiu substancialmente a utilização de inseticidas, fungicidas e produtos destinados ao mofo-branco. A presença mais frequente de organismos no solo e na lavoura foi percebida como sinal de recuperação da vida no sistema. A sistematização das 12 safras fortaleceu cientificamente aquilo que vinha sendo observado no campo.

Os resultados, entretanto, não são automáticos. Dependem da qualidade dos microrganismos, da formação das equipes, do acompanhamento das áreas, do conhecimento sobre os ciclos das doenças e dos insetos-praga, da organização da infraestrutura e da disposição para aprender durante várias safras.

Mais do que um caso de sucesso baseado no uso de fungos, a Fazenda Bom Jardim Lagoano representa uma experiência de construção de autonomia. O núcleo permitiu substituir parte da dependência de produtos externos por conhecimento, observação, organização e capacidade local de produção. Essa talvez seja sua contribuição mais importante: demonstrar que a inovação tecnológica pode permanecer sob o domínio dos agricultores e de suas organizações, fortalecendo sistemas mais rentáveis, resilientes e biologicamente equilibrados.

REFERÊNCIA

Cruvinell, A., Silva, T. M., Rocha, M. A. M., Azevedo, M. O., Aguilera, J. G., Bernardo, M. L. T., Bernardo, J. T. & de Almeida, J. E. M. (2022). Rentabilidade na produção de soja na fazenda Bom Jardim Lagoano com manejo de biológicos “*on farm*”. Research, Society and Development, 11(14), e135111436112. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i14.36112>

Capítulo 7

Da produção comunitária aos resultados nos territórios

A experiência da biofábrica popular NUPIO Agrobiodiversidade

O NUPIO Agrobiodiversidade foi concebido como uma tecnologia social de produção descentralizada, de pequeno investimento, com rigor no processo microbiológico e ampla capacidade de atendimento territorial.

A implantação do NUPIO Agrobiodiversidade representou a passagem de uma tecnologia desenvolvida e aperfeiçoada ao longo de décadas para uma estrutura comunitária, territorial e orientada ao uso próprio dos agricultores. Localizado na localidade do Bosque, na área rural de Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, o núcleo foi organizado para produzir bioinsumos fúngicos por fermentação em substrato sólido e distribuí-los, sem finalidade de comercialização, a agricultores e organizações vinculados à agroecologia e à conservação de sementes crioulas.

Essa experiência foi posteriormente sistematizada no capítulo “Tecnologia social e produção de bioinsumos em contexto de vulnerabilidade socioambiental”, de Janaína Tauil Bernardo e Eduarda da Costa Lucas, selecionado para publicação no livro *Extensão universitária: redes de cooperação para transformar territórios* (2026).

Mais do que um local de multiplicação de fungos, o núcleo passou a articular pesquisa, extensão universitária, formação técnica e experimentação participativa. Sua criação permitiu aproximar a produção microbiológica das condições reais de uso, fazendo com que os resultados fossem acompanhados em diferentes culturas, propriedades e municípios. Essa experiência mostra que uma biofábrica comunitária não se resume à infraestrutura física: ela depende de uma rede de confiança, de protocolos de qualidade, de acompanhamento técnico e da participação ativa dos agricultores. Um território marcado pelas enchentes e pela necessidade de reconstrução

O núcleo foi implantado em um período de profunda vulnerabilidade socioambiental no Rio Grande do Sul. Depois de anos de estiagens severas, as enchentes de 2024 atingiram propriedades, solos, estradas, cultivos e redes comunitárias. Para muitas famílias agricultoras, os danos não terminaram quando as águas baixaram. A erosão, a perda de matéria orgânica, o desequilíbrio biológico do solo e o aumento de problemas fitossanitários permaneceram como efeitos prolongados do desastre.

Nesse contexto, produzir bioinsumos no próprio território passou a ter uma função que ultrapassava a substituição de produtos comerciais. Tratava-se de apoiar a recuperação da capacidade produtiva, reduzir a dependência de insumos externos e oferecer aos agricultores instrumentos biológicos compatíveis com sistemas diversificados e agroecológicos. A biofábrica comunitária tornou-se, assim, parte de uma estratégia de reconstrução: reconstrução dos solos, das lavouras, das relações de cooperação e da autonomia técnica.

A implantação integrou o projeto “Promoção da Agrobiodiversidade Crioula e da Agroecologia na região Centro-Sul do Rio Grande do Sul”, desenvolvido pelo Grupo de Agroecologia Gaia com apoio do Fundo Casa Socioambiental, no âmbito da chamada Mata Atlântica Viva. O projeto combinou ações de conservação de sementes crioulas, formação, pesquisa aplicada, articulação regional e produção de bioinsumos. A participação da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul assegurou a coordenação científica e o acompanhamento técnico do processo.

DA ESTRUTURA DESATIVADA À BIOFÁBRICA COMUNITÁRIA

O NUPIO Agrobiodiversidade foi instalado em uma propriedade de agricultura familiar com aproximadamente 100 hectares. Uma antiga agroindústria de beneficiamento de feijão, que se encontrava desativada, foi readequada para receber a produção microbiológica. A escolha permitiu aproveitar uma estrutura existente, reduzir custos e criar um fluxo de trabalho compatível com as exigências de higiene, organização e manipulação dos microrganismos.

As adequações envolveram a preparação dos ambientes, a aquisição de equipamentos e insumos e a organização das etapas produtivas. O fluxo passou a compreender o preparo do substrato, a repicagem das matrizes, a obtenção das pré-matrizes, a produção massal, o acondicionamento e a identificação dos lotes. O registro de cada produção permitiu manter a rastreabilidade do microrganismo, do período de fabricação e do destino do bioinsumo.

A produção foi conduzida por uma colaboradora local capacitada especificamente para essa atividade. O treinamento incluiu boas práticas de manipulação microbiológica, higienização do ambiente, organização do fluxo produtivo e identificação de possíveis contaminações. Nos ciclos iniciais, as etapas foram acompanhadas presencialmente pela coordenação técnica; depois da padronização do processo, o núcleo passou a operar com supervisão periódica.

Esse aspecto é central para compreender o caráter social da tecnologia. A qualidade do bioinsumo não dependeu da reprodução de um laboratório sofisticado, mas da combinação entre equipamento adequado, procedimento asséptico, capacitação, organização e acompanhamento. A experiência demonstrou que trabalhadores locais podem dominar uma produção microbiológica complexa quando o processo é desenhado para ser compreensível, seguro e verificável.

PRODUÇÃO, CONTROLE DE QUALIDADE E VIABILIDADE TÉCNICA

Ao longo de 2025, o núcleo produziu diferentes fungos de interesse agrícola, entre eles *Trichoderma*, *Metarhizium* e *Beauveria*. O *Trichoderma* foi selecionado para o controle de qualidade microbiológica sistematizado, por sua importância no manejo de patógenos de solo e pela necessidade de assegurar concentração, viabilidade e pureza do material produzido (Tabela 8).

Foram realizados três controles de qualidade em lotes produzidos entre agosto e setembro de 2025. As avaliações abrangeram matrizes, pré-matrizes e produção massal. Os resultados indicaram concentração mínima de 10^9 conídios por grama, germinação entre 98% e 100% e ausência de contaminação microbiológica nas etapas avaliadas. Esses parâmetros demonstraram que o processo manteve desempenho consistente fora de um laboratório convencional.

Tabela 8. Indicadores de produção, controle de qualidade e viabilidade técnica do NUPIO Agrobiodiversidade em 2025. Fonte: sistematização da autora a partir dos registros do NUPIO Agrobiodiversidade (2025).

Indicador	Resultado registrado em 2025
Produção acumulada	aproximadamente 2,4 toneladas
Concentração de <i>Trichoderma</i>	mínimo de 10^9 conídios g ⁻¹
Germinação	98% a 100%
Contaminação nos lotes avaliados	não observada
Investimento na estrutura produtiva	R\$ 43.900,00

A produção acumulada foi de aproximadamente 2,4 toneladas de bioinsumo sólido. O investimento diretamente associado à implantação da estrutura produtiva foi estimado em R\$ 43.900,00, enquanto a mão de obra e a energia elétrica foram assumidas como contrapartidas locais. É importante diferenciar esse valor do orçamento global do projeto apoiado pelo Fundo Casa, que também contemplou outras ações de agroecologia e agrobiodiversidade.

UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO PARA USO PRÓPRIO

Os bioinsumos produzidos não foram destinados à comercialização. Sua função foi atender agricultores vinculados a redes comunitárias de sementes crioulas e agroecologia, mediante distribuição orientada e acompanhamento de uso. Essa decisão preservou o caráter popular do núcleo e o vinculou diretamente às necessidades produtivas das famílias e organizações participantes.

A rede territorial alcançou quatro municípios e diferentes formas de organização social: em Cachoeira do Sul, os Guardiões de Sementes do Grupo de Agroecologia Gaia; em Paraíso do Sul, os guardiões associados ao Grupo Florescer; em Ibarama, a Associação dos Guardiões de Sementes

Crioulas de Ibarama; e, em Santa Cruz do Sul, o agricultor orgânico Perci Frantz. A diversidade desses pontos de uso permitiu acompanhar os fungos em sistemas produtivos muito distintos, incluindo frutíferas, batata-inglesa, tabaco, hortaliças, grãos e variedades crioulas.

O relatório do projeto registra o atendimento direto de 60 propriedades de guardiões, com cerca de cinco hectares em média, totalizando aproximadamente 300 hectares de lavouras agrobiodiversas. Também foram estabelecidas parcerias com dois produtores de médio porte que contribuíram para a implantação do núcleo e utilizaram bioinsumos em aproximadamente 610 hectares de soja e arroz. Esses números dimensionam a capacidade territorial criada pelo projeto, mas não substituem o acompanhamento específico de cada cultura e de cada propriedade.

IBARAMA: A RESPOSTA DOS GUARDIÕES E A DIVERSIDADE DE CULTIVOS

Em Ibarama, os bioinsumos foram entregues à Associação dos Guardiões de Sementes Crioulas e utilizados em diferentes cultivos. Os relatos reunidos no acompanhamento de campo indicaram interesse crescente dos agricultores diante dos resultados observados em citros, batata-inglesa, tabaco e olerícolas. No caso dos pomares cítricos, os guardiões destacaram o controle do bicho-furão; nas demais culturas, relataram melhor desenvolvimento das plantas e redução de problemas fitossanitários. Nesse processo, a Associação, presidida por Mário Raminelli, teve participação direta na realização e no acompanhamento das experiências em diferentes cultivos (Fotografia 10).



Fotografia 10. Mário e Renilde Raminelli durante a 25ª Troca de Sementes Crioulas de Ibarama, realizada em 6 de agosto de 2026, em Ibarama (RS). Fonte: acervo pessoal de Renilde Raminelli.

As fotografias da batata-inglesa, realizadas em novembro de 2025, documentam áreas tratadas com *Trichoderma*, *Metarhizium* e *Beauveria* (Fotografia 11). As plantas apresentam bom fechamento das

entrelinhas, vigor e uniformidade visual. Como registros de campo, essas imagens têm valor documental, mas não constituem, isoladamente, uma comparação experimental: não foram produzidas com parcela-controle, repetição ou mensuração estatística. Sua força está em registrar o resultado percebido pelos agricultores e em orientar novas avaliações sistemáticas.



Fotografia 11. Áreas de batata-inglesa tratadas com bioinsumos à base de *Trichoderma*, *Metarhizium* e *Beauveria*, no município de Ibarama, Rio Grande do Sul. Registros realizados em 17 de novembro de 2025. Fonte: Acervo do projeto NUIO Agrobiodiversidade.

O interesse da Associação dos Guardiões de Ibarama é um resultado relevante porque transforma a entrega de um insumo em uma relação continuada de experimentação e aprendizagem.

Cada cultivo amplia o repertório coletivo sobre momento de aplicação, resposta das plantas e integração dos fungos a outras práticas agroecológicas. A associação passa, assim, de receptora a parceira na construção territorial do conhecimento.

PERCI FRANTZ: BIOINSUMOS DEPOIS DAS ENCHENTES

A experiência de campo na propriedade de Perci Darcísio Frantz, agricultor orgânico de Santa Cruz do Sul (RS), ocorreu aproximadamente um ano depois das enchentes de 2024. Na encosta onde cultiva bananas organicamente há mais de dez anos, as chuvas torrenciais lavaram o solo e provocaram perdas expressivas de matéria orgânica. Depois do desastre, passaram a se manifestar com maior intensidade problemas relacionados a doenças de solo, entre eles a fusariose.

O uso de *Trichoderma* e *Metarhizium* foi incorporado ao manejo da propriedade, com aplicações direcionadas ao solo e às plantas, preferencialmente antes das chuvas. Segundo Perci, o efeito observado foi “gritante”, com desaparecimento ou forte redução de problemas que vinham afetando as plantas. O agricultor destacou que os fungos não eram percebidos como agentes estranhos ao sistema, mas como organismos já presentes na mata e no ambiente, cuja população era reforçada quando determinado desequilíbrio exigia intervenção.

Na gravação realizada na propriedade, Perci descreve especialmente o comportamento de um pomar cítrico antigo. Após as aplicações, observou plantas visualmente mais limpas, redução dos sintomas que associava à verrugose, melhor retenção dos frutos e menor ocorrência de queda. Também relatou menor presença de mosca-das-frutas e de ácaros depois de três aplicações de *Metarhizium*. Ao mesmo tempo, continuou observando diversidade de insetos e a presença de organismos não alvo, o que interpretou como manutenção do equilíbrio ecológico.

Relato de agricultor. “A diferença é gritante, é muito bom. [...] A gente faz questão de não eliminar todos os insetos. Tem de todos, mas numa quantidade mínima, que não vá prejudicar.” — Perci Darcísio Frantz, agricultor orgânico, em depoimento registrado na propriedade.

A experiência foi registrada em documentário publicado pelo Diário Coletivo, em 26 de outubro de 2025. O registro apresenta os resultados de três aplicações de bioinsumos fúngicos produzidos *on farm* por fermentação sólida, com *Trichoderma* e *Metarhizium*, realizadas ao longo de 90 dias em propriedade orgânica certificada, no contexto de recuperação dos impactos das mudanças climáticas no Rio Grande do Sul. A experiência de campo relatada não foi produzida como ensaio controlado e, por isso, não permite atribuir cada resposta observada exclusivamente aos bioinsumos. Ainda assim, possui grande relevância como evidência situada: foi formulado por um agricultor experiente, que conhece o ambiente desde a infância, maneja a área organicamente há anos e compara

as condições atuais com o histórico da própria propriedade. O relato identifica efeitos que podem orientar futuras avaliações em bananais e pomares submetidos a estresses climáticos e fitossanitários.

A fala de Perci acrescenta ainda outra dimensão ao projeto. Para ele, a pesquisa não é apenas uma forma de ampliar a renda; é um meio de encurtar o caminho de quem deseja iniciar a produção orgânica ou agroflorestal. Ao propor que sua propriedade também seja espaço de estudo, o agricultor reconhece que o conhecimento produzido volta para ele e para outras famílias. Essa reciprocidade expressa o sentido mais profundo da pesquisa-extensão.

O QUE OS RESULTADOS PERMITEM AFIRMAR

Os resultados do NUPIO Agrobiodiversidade podem ser organizados em três níveis complementares. O primeiro é técnico e microbiológico: houve produção em escala territorial, elevada concentração de conídios, alta germinação e ausência de contaminação nos lotes de *Trichoderma* avaliados. O segundo é organizacional: uma estrutura desativada foi transformada em unidade produtiva, uma colaboradora local foi capacitada e uma rotina com registros e rastreabilidade foi consolidada. O terceiro é territorial: bioinsumos chegaram a agricultores de quatro municípios e foram incorporados a sistemas muito diversos.

As respostas observadas nas lavouras e pomares constituem resultados de uso em condições reais. Elas incluem o controle relatado do bicho-furão em citros, o bom desenvolvimento visual da batata-inglesa, respostas positivas em tabaco e olerícolas e a experiência de Perci em sua propriedade orgânica. Essas evidências são importantes porque demonstram aceitação, continuidade de uso e interesse dos agricultores. Entretanto, devem ser apresentadas como observações e relatos de campo, e não como comprovação experimental de eficácia para cada cultura e alvo.

Essa distinção não diminui a experiência; ao contrário, aumenta sua credibilidade. O capítulo reúne aquilo que foi mensurado com rigor microbiológico e aquilo que emergiu da prática dos agricultores. A etapa seguinte consiste justamente em transformar os sinais mais consistentes observados no território em experimentos participativos, com áreas comparativas, registros de aplicação, avaliação de produtividade e monitoramento de doenças e insetos.

DA BIOFÁBRICA POPULAR À AUTONOMIA TERRITORIAL

O NUPIO Agrobiodiversidade evidencia que a inovação não precisa chegar ao campo exclusivamente como produto final adquirido no mercado. Ela pode ser construída como capacidade coletiva: produzir, avaliar, distribuir, aplicar, observar e aperfeiçoar. Nesse modelo, a universidade não entrega apenas um insumo; compartilha conhecimento e mantém responsabilidade técnica. Os agricultores não são usuários passivos; tornam-se observadores, avaliadores e coprodutores de conhecimento.

A articulação com os guardiões de sementes é particularmente significativa. As sementes crioulas conservam diversidade genética, histórias familiares e adaptações territoriais. Os bioinsumos, por sua vez, oferecem ferramentas para proteger e fortalecer os cultivos sem aumentar a dependência de pacotes químicos externos. Quando essas duas frentes se encontram, forma-se uma estratégia integrada de autonomia: conservar o material genético e, ao mesmo tempo, desenvolver meios locais para sustentar sua produção.

O relatório do Fundo Casa registra que o projeto fortaleceu a organização do Grupo Gaia, ampliou a pesquisa aplicada, apoiou ações de extensão e consolidou parcerias regionais. A abertura de conta própria, o aprimoramento dos controles administrativos, a formação da equipe e a capacidade de mobilizar novos recursos mostram que a biofábrica foi implantada dentro de um processo mais amplo de fortalecimento institucional. A sustentabilidade do núcleo dependerá da continuidade dessa organização, da manutenção do controle de qualidade e da clareza sobre responsabilidades e formas de acesso aos bioinsumos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência do NUPIO Agrobiodiversidade encerra esta trajetória demonstrando que a tecnologia de produção sólida de fungos pode assumir diferentes escalas e arranjos sem perder seu princípio fundamental: colocar o conhecimento microbiológico a serviço de sistemas agrícolas menos dependentes de agrotóxicos e mais capazes de mobilizar processos biológicos.

Em Cachoeira do Sul, uma estrutura antes desativada tornou-se uma biofábrica popular. A partir dela, bioinsumos de qualidade microbiológica verificada alcançaram guardiões de sementes, agricultores familiares e parceiros de quatro municípios. Em Ibarama, os fungos foram testados em uma diversidade de culturas e despertaram forte interesse da associação local. Em Santa Cruz do Sul, a experiência de Perci Frantz mostrou como a produção biológica pode integrar a recuperação de sistemas orgânicos afetados por eventos climáticos extremos. Em Paraíso do Sul e Cachoeira do Sul, as redes do Grupo Florescer e do Grupo Gaia ampliaram o alcance comunitário da iniciativa.

Os números sintetizam uma parte importante do resultado: aproximadamente 2,4 toneladas produzidas, concentração mínima de 10^9 conídios por grama, germinação entre 98% e 100% e ausência de contaminação nos lotes avaliados. Entretanto, a principal conquista talvez não possa ser expressa apenas em toneladas ou porcentagens. Ela está na construção de uma rede que aprende com o território, mantém os bioinsumos vinculados ao uso próprio e transforma agricultores e organizações em sujeitos da inovação.

A biofábrica comunitária demonstra, por fim, que autonomia não significa isolamento. Ela nasce da cooperação entre universidade, agricultores, organizações locais e financiadores; depende de protocolos, acompanhamento e responsabilidade; e se fortalece quando os resultados retornam ao

território sob a forma de conhecimento acessível. O NUPIO Agrobiodiversidade é, portanto, uma infraestrutura produtiva, mas também uma experiência de reconstrução socioambiental e de democratização da biotecnologia.

REFERÊNCIAS

- Bernardo, J. T.; Lucas, E. Da C. (2026). Tecnologia social e produção de bioinsumos em contexto de vulnerabilidade socioambiental. Trabalho selecionado para publicação em: Extensão universitária: redes de cooperação para transformar territórios.
- GRUPO DE AGROECOLOGIA GAIA. (2025). Relatório final do projeto “Promoção da Agrobiodiversidade Crioula e da Agroecologia na região Centro-Sul do Rio Grande do Sul”. Fundo Casa Socioambiental,
- DIÁRIO COLETIVO (2025). Documentário — Rio Grande do Sul: uso de *Trichoderma* e *Metarhizium* on farm. YouTube, 26 out. 2025. 1 vídeo. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=1tmmFLgD3aQ>. Acesso em: 16 ago. 2026.
- NUPIO Agrobiodiversidade (2025). Registros fotográficos de batata-inglesa tratada com *Trichoderma*, *Metarhizium* e *Beauveria* em Ibarama, Rio Grande do Sul, 17 nov. 2025. Acervo do projeto NUPIO Agrobiodiversidade.

Capítulo 8

Uma tecnologia em movimento: resultados acumulados e perspectivas futuras

Este livro termina, mas a trajetória aqui apresentada permanece em construção. Ao longo de aproximadamente dez anos, uma tecnologia brasileira de produção de fungos por fermentação em substrato sólido ultrapassou os limites dos primeiros experimentos, das propriedades inicialmente atendidas e das estruturas nas quais foi desenvolvida. Transformou-se em uma experiência coletiva, disseminada em diferentes regiões do país, adaptada a distintas realidades produtivas e sustentada pela participação de agricultores, técnicos, estudantes, pesquisadores e organizações.

Os capítulos anteriores registraram parte desse percurso: os primeiros ensaios, os erros e aprendizados, as adaptações realizadas em condições reais de produção, a implantação dos núcleos, os resultados observados nas propriedades e as parcerias estabelecidas. Este capítulo final procura reunir o alcance acumulado dessa trajetória e, sobretudo, apontar os caminhos que começam a ser construídos a partir dela.

Não se trata, portanto, de apresentar uma experiência concluída. Trata-se de reconhecer uma tecnologia em movimento.

DO ACOMPANHAMENTO PRESENCIAL À TRANSFERÊNCIA TECNOLÓGICA EM ESCALA AMPLIADA

Ao longo da trajetória do projeto, a tecnologia foi transferida para participantes vinculados a aproximadamente 100 núcleos de produção de bioinsumos sólidos, relacionados, de forma estimada, a cerca de 1 milhão de hectares. Esse total já inclui os 21 núcleos cuja implantação e assistência técnica foram acompanhadas presencialmente pela autora e pela equipe do projeto, abrangendo 376.750 hectares.

Nos 21 núcleos diretamente acompanhados, houve presença nas propriedades ou organizações, participação na implantação das estruturas, orientação das equipes responsáveis, acompanhamento das etapas de produção e assistência técnica relacionada ao funcionamento das unidades. Esse conjunto constitui o núcleo mais diretamente documentado da trajetória apresentada neste livro.

Nos demais casos, embora não tenha ocorrido a presença da autora ou da equipe durante a implantação, a transferência tecnológica não se limitou a orientações pontuais. Os participantes

receberam um amplo conjunto de materiais técnicos escritos, incluindo plantas construtivas, listas de equipamentos, especificações técnicas e orientações destinadas às diferentes etapas de implantação e funcionamento dos núcleos.

Esses conteúdos foram organizados em blocos de fácil compreensão e consulta, de modo que cada etapa pudesse ser executada gradualmente, conforme as condições estruturais, financeiras e humanas existentes em cada propriedade ou organização. Além desses materiais, foram oferecidas capacitações, orientações a distância, acompanhamento por meio de grupos e espaços de intercâmbio de conhecimentos.

A ausência de acompanhamento presencial, portanto, não significou ausência de suporte técnico. Representou outra modalidade de transferência tecnológica, baseada na disponibilização organizada do conhecimento, na orientação remota e na construção gradual da autonomia das equipes locais.

Ainda assim, o número aproximado de 100 núcleos e a área estimada de 1 milhão de hectares devem ser compreendidos como uma primeira dimensão do alcance da tecnologia. Esses números não significam que todos os núcleos tenham sido implantados da mesma maneira, permanecendo em funcionamento durante o mesmo período ou alcançado os mesmos resultados. Sua caracterização detalhada será objeto de um levantamento sistemático posterior.

A CAIXA MICROBIOLÓGICA COMO TECNOLOGIA SOCIAL DE BAIXO CUSTO

A expansão da produção descentralizada de bioinsumos exigiu não apenas a adaptação de métodos microbiológicos, mas também o desenvolvimento de estruturas e equipamentos compatíveis com as condições existentes nas propriedades rurais.

Entre as soluções desenvolvidas durante o projeto está a caixa microbiológica de baixo custo (Figura 4), concebida para viabilizar a realização de procedimentos que exigem maior controle das condições de assepsia durante a manipulação dos microrganismos. Seu desenvolvimento ocorreu de maneira participativa, articulando conhecimento científico, observação prática, adaptações sucessivas e as contribuições das pessoas responsáveis pela utilização cotidiana do equipamento.

A caixa foi validada entre 2017 e 2024 e utilizada em aproximadamente dez unidades produtivas. Durante esse período, foi empregada na produção de fungos dos gêneros *Trichoderma* e *Pochonia* e das espécies *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana*. Não foram registrados episódios de contaminação atribuídos ao equipamento, contaminação cruzada entre os fungos manipulados ou acidentes relacionados à sua utilização. Algumas das unidades construídas em 2017 e 2018 permanecem em funcionamento (Fotografia 12).

A produção associada à utilização dessas caixas foi estimada em aproximadamente 384 toneladas de bioinsumos ao longo do período avaliado. Esse dado demonstra que o equipamento não

permaneceu restrito à condição de protótipo experimental: foi incorporado às rotinas de produção e utilizado durante vários anos em situações concretas (Fotografia 13).

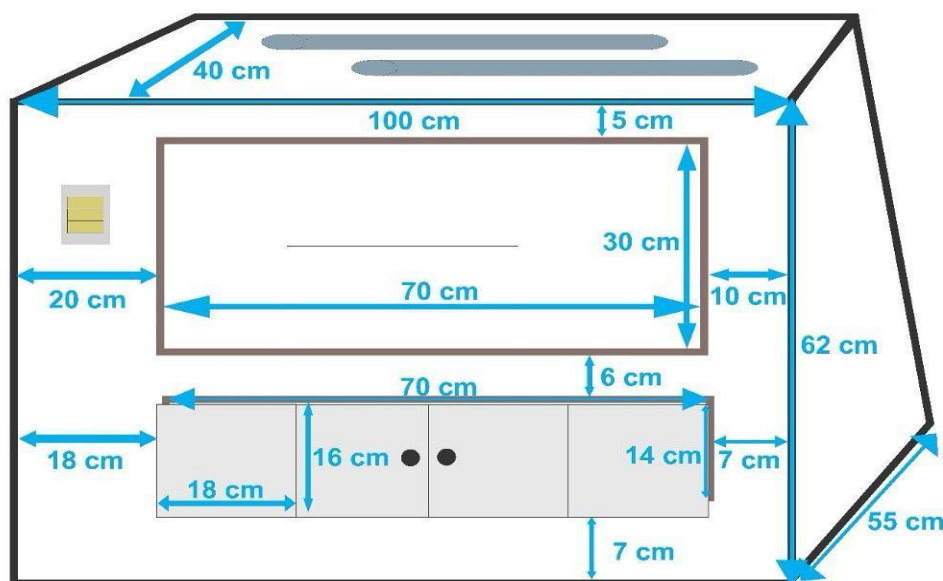


Figura 4. Esquema estrutural do protótipo inicial do equipamento microbiológico alternativo. Fonte: Elaborado pela autora.



Fotografia 12. Equipamento microbiológico alternativo utilizado no núcleo de controle de qualidade da produção *on farm* de bactérias, fisicamente separado da unidade de produção de fungos para prevenir contaminação cruzada. Fazenda Mata do Lobo, Rio Verde (GO), 2021. Fonte: Acervo da autora.



Fotografia 13. Equipamento microbiológico alternativo utilizado na sala de inoculação do Núcleo de Produção de Insumo Orgânico para Uso Próprio, destinado à produção *on farm* de fungos para bioinsumos. Fazenda Mata do Lobo, Rio Verde (GO), 2021. Fonte: Acervo da autora.

Seu custo constitui outro aspecto relevante. Quando construída pelos próprios agricultores, a caixa microbiológica exige um investimento estimado entre R\$ 500 e R\$ 1.000. Quando há necessidade de contratar mão de obra especializada para sua construção, esse valor pode variar aproximadamente entre R\$ 1.000 e R\$ 2.000.

A comparação econômica, entretanto, precisa considerar equipamentos comerciais que sejam efetivamente capazes de desempenhar a mesma função. Equipamentos menores, atualmente comercializados por aproximadamente R\$ 6 mil, chegaram a ser avaliados no contexto do projeto, mas não se mostraram funcionalmente equivalentes à caixa microbiológica desenvolvida. Suas dimensões reduzidas e as dificuldades de manipulação tornaram seu uso incômodo e inadequado às rotinas de trabalho previstas. Por esse motivo, esse modelo comercial não foi validado para a mesma finalidade e não deve ser utilizado como referência direta de comparação.

Os equipamentos comerciais que apresentam dimensões e condições operacionais mais próximas daquelas oferecidas pela caixa microbiológica desenvolvida no projeto situam-se, de modo geral, em uma faixa de preços entre R\$ 15 mil e R\$ 40 mil, sendo frequentemente encontrados entre R\$ 20 mil e R\$ 30 mil. Considerando-se a equivalência funcional, a solução desenvolvida apresenta uma redução de custo muito expressiva, ao mesmo tempo que oferece espaço interno e condições de manipulação adequados às atividades para as quais foi concebida.

Mais do que uma alternativa econômica, a caixa microbiológica representa uma tecnologia social. Ela pode ser construída e reparada localmente, utiliza materiais acessíveis e reduz a dependência de equipamentos comerciais de elevado custo. Sua importância está diretamente relacionada à

democratização do acesso às condições necessárias para uma produção microbiológica segura, especialmente em propriedades rurais, cooperativas, associações e organizações da agricultura familiar.

O artigo científico que apresenta o processo de construção, as dimensões, o funcionamento e a validação do equipamento foi aceito para publicação na *Revista Brasileira de Estudos CTS*, mantida pela Associação Brasileira de Estudos Sociais das Ciências e das Tecnologias — ESOCITE.BR. Sua publicação permitirá que a solução seja conhecida, analisada e eventualmente reproduzida em outras experiências, respeitando-se os procedimentos técnicos e de segurança necessários.

NOVOS EQUIPAMENTOS E SEMI-AUTOMATIZAÇÃO DA PRODUÇÃO

A caixa microbiológica não representa o ponto final do desenvolvimento tecnológico iniciado no projeto. Novos equipamentos vêm sendo idealizados e construídos com o objetivo de reduzir o esforço manual, melhorar a organização do fluxo produtivo, ampliar a capacidade operacional e aumentar a padronização das etapas.

Atualmente, parte do processo pode ser considerada semi-automatizada. No entanto, os novos equipamentos e protótipos ainda se encontram em desenvolvimento, aperfeiçoamento e validação. Por essa razão, não devem ser apresentados como soluções definitivamente consolidadas.

Essa nova etapa exigirá avaliações técnicas sistemáticas, comparação entre lotes, acompanhamento das condições microbiológicas, análise da eficiência operacional e verificação das condições de segurança. Somente depois desses estudos será possível definir os limites, as vantagens e as possibilidades de reprodução de cada equipamento.

A continuidade desse trabalho demonstra que a inovação não consiste apenas na substituição de um equipamento caro por outro de menor custo. Ela envolve a reorganização de todo o processo produtivo para que seja tecnicamente seguro, economicamente acessível e adequado às condições concretas das unidades produtivas e das organizações da agricultura familiar.

O ALCANCE TERRITORIAL E A DIVERSIDADE DE USOS

A soja e o milho ocupam uma parcela expressiva das áreas relacionadas aos núcleos alcançados pela tecnologia, especialmente nos estados situados no centro da produção brasileira de grãos. Entretanto, a produção de bioinsumos desenvolvida no projeto não se restringiu a essas duas culturas.

Os fungos produzidos foram utilizados também em algodão, arroz, feijão, café, cana-de-açúcar, hortaliças, frutíferas, pastagens, citros, tabaco e banana, além de sistemas diversificados da agricultura familiar. Essa amplitude revela tanto a capacidade de adaptação da tecnologia quanto a necessidade de avaliar separadamente os resultados obtidos em cada contexto.

Cada cultura apresenta problemas fitossanitários, formas de aplicação, escalas produtivas e condições ambientais específicas. Da mesma maneira, cada fungo possui características biológicas e finalidades próprias. Por isso, a estimativa global de área alcançada não pode ser traduzida automaticamente em uma quantidade única de fungicidas ou inseticidas substituídos.

Os aproximadamente 1 milhão de hectares relacionados às transferências tecnológicas indicam a ordem de grandeza do território potencialmente alcançado, mas não constituem, por si sós, uma medida dos resultados ambientais. Para isso, será necessário conhecer o histórico individual de cada núcleo, os microrganismos efetivamente produzidos, o tempo de funcionamento, as culturas atendidas, as áreas tratadas e as alterações realizadas no manejo fitossanitário.

A EXPERIÊNCIA DA FAZENDA BOM JARDIM LAGOANO

Entre as experiências apresentadas neste livro, a Fazenda Bom Jardim Lagoano, conduzida por Adriano Cruvinell na região de Rio Verde, Goiás, constitui uma referência importante. Localizada em uma das regiões centrais do agronegócio brasileiro, a propriedade demonstra que a produção descentralizada de fungos pode ser incorporada a sistemas de grande escala voltados principalmente à soja e ao milho.

A continuidade da produção e os resultados registrados ao longo das safras oferecem elementos concretos para refletir sobre o potencial de redução do uso de fungicidas e inseticidas em áreas atendidas por núcleos semelhantes.

Entretanto, a extrapolação dessa experiência para todo o universo alcançado pelo projeto precisa ser realizada com prudência. Os aproximadamente 100 núcleos apresentam diferenças de escala, cultura, tempo de funcionamento, condições ambientais, infraestrutura e estratégias de manejo. Consequentemente, os resultados observados em uma propriedade não podem ser simplesmente multiplicados pelo total estimado de hectares.

Os dados da Fazenda Bom Jardim Lagoano poderão servir como referência para a formulação de cenários e estimativas de ordem de grandeza. Não devem, contudo, ser apresentados como se representassem uma redução efetivamente comprovada em todos os núcleos. Essa distinção é indispensável para preservar a consistência científica da trajetória registrada.

Ainda que não seja possível estabelecer, neste momento, um número definitivo para a redução total de produtos químicos, as experiências acumuladas demonstram a existência de um potencial expressivo. Esse potencial deverá ser quantificado por meio de um levantamento específico, apoiado em dados individualizados e verificáveis.

A CONSTRUÇÃO DE UM LEVANTAMENTO NACIONAL

Uma das próximas etapas dessa trajetória será a realização de um levantamento em parceria com a engenheira-agrônoma Tatiane Martins, que acompanhou, pela APAS, parte significativa das ações desenvolvidas nos últimos dez anos.

O levantamento buscará identificar os núcleos que receberam a tecnologia, sua localização, o período de implantação, a continuidade ou interrupção das atividades, os fungos produzidos, as culturas atendidas e as áreas efetivamente manejadas com os bioinsumos. Também deverá registrar as estruturas utilizadas, as adaptações realizadas e as formas de acompanhamento técnico recebidas.

Sempre que houver dados disponíveis, serão levantadas informações sobre os produtos químicos anteriormente utilizados e as alterações ocorridas após a introdução dos agentes biológicos. Isso permitirá estimar, com maior rigor, as quantidades de fungicidas e inseticidas que deixaram de ser aplicadas, distinguindo os resultados por propriedade, cultura, microrganismo e período.

Também será importante diferenciar os núcleos diretamente acompanhados daqueles que receberam transferência tecnológica e suporte remoto. Essa separação ajudará a avaliar as diferentes estratégias de disseminação do conhecimento, seus alcances, seus limites e as condições necessárias para a permanência das unidades.

O estudo deverá contemplar experiências distribuídas em estados como Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Bahia, São Paulo e Minas Gerais, além de outros territórios nos quais a tecnologia foi compartilhada. Mais do que produzir um número total, o levantamento permitirá construir um mapa da trajetória, tornando visíveis experiências que hoje permanecem dispersas.

UMA REDE NACIONAL PARA A AGRICULTURA FAMILIAR

A experiência adquirida ao longo desses anos começa a orientar uma nova frente: a construção de uma Rede Nacional de Produção de Bioinsumos para a Agricultura Familiar.

Essa perspectiva representa uma ampliação do sentido original dos núcleos. Nas grandes propriedades, a produção descentralizada demonstrou sua capacidade de atender áreas extensas e reduzir custos. Na agricultura familiar, a mesma base tecnológica precisa ser adaptada a outras escalas, formas de organização, sistemas produtivos e estruturas de governança.

Uma rede nacional poderá articular cooperativas, associações, agricultores, instituições de ensino, pesquisa e extensão, laboratórios de controle de qualidade e organizações responsáveis pela assistência técnica. A produção não deverá ser compreendida como uma atividade isolada dentro de cada unidade, mas como parte de um sistema que inclua formação continuada, acompanhamento técnico, controle de qualidade, rastreabilidade e intercâmbio de experiências.

Essa rede poderá contribuir para que os bioinsumos sejam produzidos de maneira acessível, segura e adequada às diferentes realidades territoriais. Também poderá reduzir a dependência de

insumos externos, fortalecer organizações locais e aproximar o conhecimento científico das necessidades concretas das famílias agricultoras.

A expansão, entretanto, deverá ocorrer com responsabilidade. A democratização da tecnologia não pode significar a simplificação indevida dos procedimentos microbiológicos ou a redução das exigências de qualidade. Quanto mais descentralizada for a produção, mais importantes se tornam a formação das equipes, o acompanhamento técnico, a rastreabilidade dos lotes e a existência de referências laboratoriais capazes de apoiar as unidades.

PESQUISA, QUALIDADE E COOPERAÇÃO CIENTÍFICA

Paralelamente à rede voltada à agricultura familiar, encontra-se em construção uma articulação de pesquisadores dedicada à inovação tecnológica, ao controle de qualidade e ao desenvolvimento de soluções de baixo custo para a produção de bioinsumos sólidos. Entre as frentes previstas estão a automação das etapas produtivas, o aperfeiçoamento dos equipamentos, o desenvolvimento de protocolos de controle microbiológico e molecular, a rastreabilidade dos lotes e a realização de validações multicêntricas. A formação de estudantes, técnicos e pesquisadores também deverá ocupar uma posição central nessa nova etapa.

A criação de uma Rede de Inovação em Bioinsumos Sólidos poderá aproximar diferentes instituições brasileiras e estabelecer cooperações com pesquisadores de outros países. A diversidade de experiências acumuladas oferece uma base importante para estudos comparativos, validações em diferentes condições ambientais e construção de protocolos adequados às realidades nacionais.

Controle de qualidade e baixo custo não são objetivos opostos. O desafio científico e tecnológico está justamente em desenvolver procedimentos confiáveis e acessíveis, capazes de preservar a qualidade microbiológica sem tornar a produção inviável para agricultores, cooperativas e organizações comunitárias.

CONHECIMENTO, AUTONOMIA E FUTURO

A trajetória registrada neste livro começou com uma questão prática: como produzir fungos de interesse agrícola de maneira eficiente e adaptada às condições das propriedades rurais? Ao longo do tempo, essa pergunta passou a envolver outras dimensões: formação de pessoas, desenho de equipamentos, organização de unidades produtivas, controle de qualidade, redução de custos, circulação do conhecimento e construção de autonomia.

Os aproximadamente 100 núcleos vinculados às transferências tecnológicas, incluindo os 21 diretamente acompanhados, não representam apenas estruturas físicas. Representam pessoas que aprenderam a produzir, adaptar, observar e tomar decisões. Representam conhecimentos que deixaram

de permanecer restritos ao laboratório e passaram a circular em fazendas, cooperativas, associações, instituições de ensino e grupos de agricultores.

Essa circulação do conhecimento também impôs responsabilidades. Foi necessário reconhecer limites, corrigir procedimentos, aperfeiçoar materiais, diferenciar resultados comprovados de estimativas e compreender que a transferência tecnológica não termina com um curso ou com a entrega de uma planta construtiva. Ela exige tempo, acompanhamento, registro e capacidade de aprender com as experiências realizadas em cada território.

O desenvolvimento da caixa microbiológica, os novos equipamentos ainda em validação, o futuro levantamento nacional, a articulação entre pesquisadores e a construção de uma rede para a agricultura familiar fazem parte de uma mesma continuidade. São desdobramentos de uma tecnologia que nasceu de necessidades concretas e que continua sendo transformada pelas pessoas que a utilizam.

Não é possível encerrar este livro com um número definitivo de núcleos em funcionamento, de hectares efetivamente manejados ou de produtos químicos que deixaram de ser aplicados. Esses dados ainda precisam ser identificados, organizados e analisados. Mas é possível afirmar que a experiência alcançou uma dimensão territorial relevante e produziu conhecimentos capazes de orientar uma nova etapa de pesquisa, extensão e inovação. O futuro dessa tecnologia dependerá da capacidade de articular rigor científico, controle de qualidade, acesso econômico e compromisso social. Dependerá também da construção de relações nas quais agricultores e técnicos não sejam apenas receptores de uma solução pronta, mas participantes ativos do desenvolvimento, da avaliação e do aperfeiçoamento dos processos.

A produção descentralizada de bioinsumos pode contribuir para diminuir a dependência de insumos externos, reduzir o uso de produtos tóxicos, proteger trabalhadores e ampliar a autonomia das comunidades rurais. Seu significado, entretanto, vai além da substituição de um insumo químico por um agente biológico. Trata-se de recolocar o conhecimento, a capacidade de produção e a tomada de decisão nas mãos das pessoas e das organizações que cultivam a terra. Este capítulo encerra o registro de uma década de trabalho, mas não encerra o projeto. As experiências acumuladas começam agora a se encontrar em redes mais amplas, novas pesquisas, novos equipamentos e novas formas de cooperação.

A tecnologia permanece em movimento. E o futuro que ela anuncia continuará sendo construído coletivamente.

REFERÊNCIA

Bernardo, J. T. (2026). Tecnologia social e produção microbiológica *on farm* de bioinsumos: validação em condições reais e implicações sociotécnicas para autonomia produtiva. Revista Brasileira de Estudos CTS, 1(3), 119-137.

Índice Remissivo

A

Agricultura Sustentável, 6, 7, 20, 28, 55
agroecologia, 11, 57, 66, 68
agronegócio, 11, 80
arroz, 23, 26, 49, 50, 53, 69, 79
assistência técnica, 5, 7, 10, 11, 13, 14, 16, 18,
24, 25, 48, 55, 75, 81

B

bactéria, 23, 40, 41, 42, 44, 45
biofábrica, 1, 24, 30, 35, 66, 67, 72, 73, 74

C

cacau, 25, 26, 30, 35
café, 25, 26, 79
campo, 4, 7, 8, 1, 4, 6, 9, 11, 13, 20, 21, 23, 24,
31, 32, 33, 34, 35, 36, 41, 42, 43, 45, 46, 48,
49, 53, 56, 57, 64, 69, 70, 71, 72
cana-de-açúcar, 25, 26, 30, 31, 32, 34, 36, 79
caracterização, 33, 36, 76, 84
CEPLAC, 9, 30, 34, 35, 36
contaminação, 2, 9, 10, 13, 23, 27, 68, 72, 73,
76, 77
controle biológico, 3, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 21, 22,
30, 31, 33, 34, 45, 52, 55
controle de qualidade, 8, 9, 4, 6, 11, 12, 13, 18,
21, 22, 24, 27, 28, 56, 68, 73, 77, 81, 82, 83

E

Equipamentos, 27, 78

F

fazenda, 33, 34, 57, 58, 59, 60, 64
feijão, 26, 38, 41, 42, 43, 44, 46, 53, 67, 79
fungicidas, 10, 14, 17, 19, 22, 26, 28, 57, 58, 59,
64, 80, 81
fungos, 1, 3, 6, 7, 8, 10, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 18,
22, 23, 28, 30, 32, 33, 34, 55, 57, 60, 62, 64,
66, 68, 69, 71, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81,
82

I

infraestrutura, 11, 12, 22, 26, 35, 57, 58, 62, 64,
66, 74, 80
inovação, 5, 8, 1, 4, 11, 13, 17, 19, 28, 64, 72,
74, 79, 82, 83
inseticidas, 8, 10, 14, 15, 17, 19, 26, 28, 52, 57,
58, 59, 64, 80, 81
isolamento, 10, 13, 23, 31, 33, 34, 35, 36, 74

L

laboratório, 4, 8, 30, 31, 33, 34, 35, 39, 46, 51,
67, 68, 83
lavoura, 12, 15, 17, 41, 42, 57, 59, 63, 64

M

Metarhizium, 23, 68, 70, 71, 76
microbiologia, 9, 27, 35
microrganismos, 8, 12, 13, 17, 19, 21, 22, 23,
24, 27, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 55, 56, 58, 60,
63, 64, 67, 76, 80
milho, 8, 10, 25, 26, 32, 38, 79, 80

N

nematoides, 3, 6, 23, 39, 40, 45, 46, 59

O

orgânico, 17, 69, 71

P

pacote tecnológico, 18
Pasteuria penetrans, 8, 9, 23, 39, 40, 41, 42
pesquisa, 3, 4, 5, 9, 10, 1, 2, 4, 6, 8, 9, 11, 13, 18,
21, 27, 30, 31, 35, 36, 38, 41, 45, 46, 48, 49,
55, 66, 67, 72, 73, 81, 83
produção, 1, 6, 7, 8, 9, 1, 2, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12,
13, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 27,
28, 30, 33, 36, 38, 40, 41, 45, 46, 49, 51, 52,
55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68,
72, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83
produção massal, 23, 67, 68

produtores, 6, 7, 8, 9, 8, 11, 13, 14, 18, 20, 21,
28, 30, 35, 48, 55, 58, 64, 69

R

rentabilidade, 12, 17, 55, 60, 61, 62, 63, 64

S

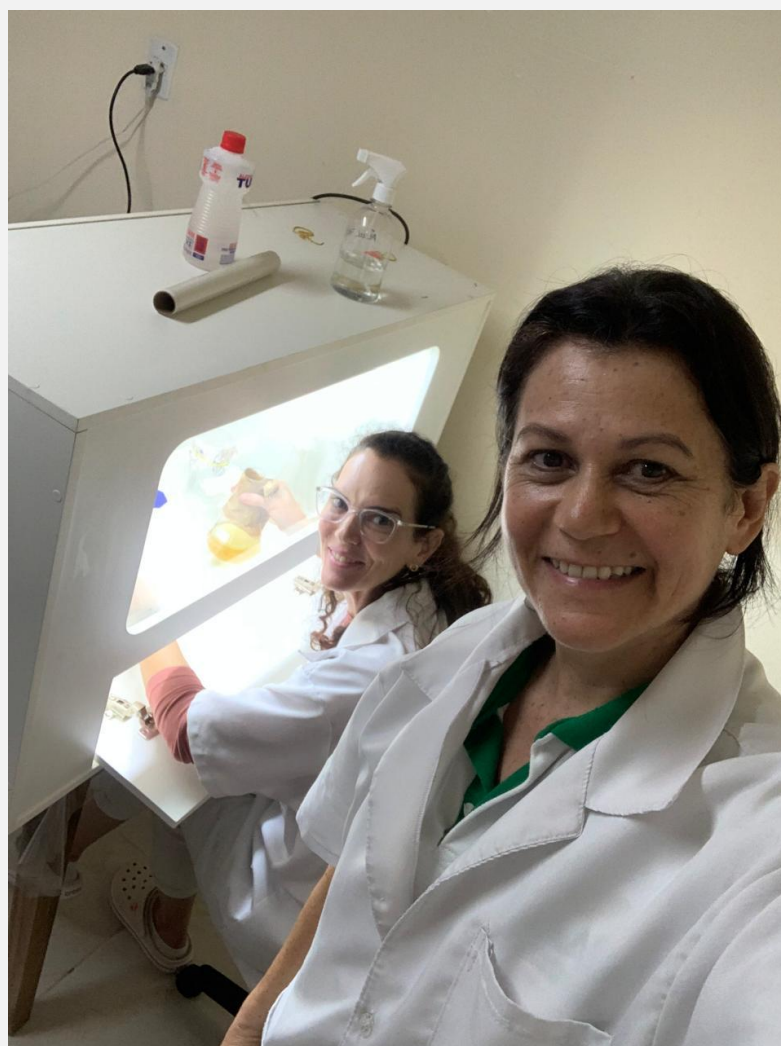
sistema convencional, 15, 57

soja, 12, 14, 15, 26, 30, 31, 32, 36, 59, 60, 61,
62, 63, 69, 79, 80

T

tecnologia, 5, 3, 8, 9, 10, 2, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12,
13, 14, 17, 18, 19, 20, 24, 26, 27, 28, 35, 46,
53, 55, 56, 57, 58, 63, 64, 66, 67, 73, 75, 76,
78, 79, 81, 82, 83

Trichoderma, 3, 22, 23, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37,
49, 50, 51, 52, 53, 58, 60, 68, 70, 71, 72, 76



9786585756877



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000

Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil

Telefone (66) 9608-6133 (Whatsapp)

<https://www.editorapantanal.com.br>

contato@editorapantanal.com.br