

INSTITUTO FEDERAL

Goiano

Campus Rio Verde

BACHARELADO EM AGRONOMIA

ARMAZENAMENTO E CONSERVAÇÃO DE FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS E RIZOSFÉRICOS: RELATÓRIO DE ESTÁGIO NA EMPRESA METABTECH

JOAINNY MARTINS LEITE

Rio Verde- Goiás

2026

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**ARMAZENAMENTO E CONSERVAÇÃO DE FUNGOS
ENTOMOPATOGÊNICOS E RIZOSFÉRICOS: RELATÓRIO DE
ESTÁGIO NA EMPRESA METABTECH**

JOAINNY MARTINS LEITE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Alaerson Maia Geraldine

Rio Verde – Goiás

Fevereiro, 2026

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

M386 Martins Leite, Joainny
ARMAZENAMENTO E CONSERVAÇÃO DE FUNGOS
ENTOMOPATOGÊNICOS E RIZOSFÉRICOS: RELATÓRIO
DE ESTÁGIO NA EMPRESA METABTECH / Joainny Martins
Leite. Rio Verde 2026.

31f. il.

Orientador: Prof. Dr. Alaerson Maia Geraldine.
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0220024 -
Bacharelado em Agronomia - Integral - Rio Verde (Campus Rio
Verde).
I. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS

NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Documento assinado digitalmente
 JOAINNY MARTINS LEITE
Data: 25/02/2026 21:30:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Local / /
Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

Documento assinado digitalmente
 ALAERSON MAIA GERALDINE
Data: 26/02/2026 16:52:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Regulamento de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – IF Goiano - Campus Rio Verde

ANEXO V - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 06 dias do mês de fevereiro de dois mil e vinte e seis às 08:30 horas, reuniu-se a Banca Examinadora composta por: Prof. Alaerson Maia Geraldine (orientador), Eugênio Miranda Sperandio (membro externo) e Gabriel Jesus da Silva (membro externo), para examinar o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “Armazenamento e conservação de fungos entomopatogênicos e rizosféricos: Relatório de estágio na empresa Metabtech” de Joainny Martins Leite, estudante do curso de Agronomia do IF Goiano – Campus Rio Verde, sob Matrícula nº 2021202200240420. A palavra foi concedida à estudante para a apresentação oral do TC, em seguida houve arguição do candidato pelos membros da Banca Examinadora. Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que, após apresentação da versão corrigida do TC, foi assinada pelos membros da Banca Examinadora e assinada pelo presidente da banca em nome do membro Gabriel Jesus da Silva .

Rio Verde, 06 de fevereiro de 2026.

(Assinado eletronicamente)

Alaerson Maia Geraldine

Orientador(a)

(Assinado eletronicamente)

Eugênio Miranda Sperandio

Membro da Banca Examinadora

(Assinado eletronicamente)

Gabriel Jesus da Silva (assinada pelo presidente da banca)

Membro da Banca Examinadora

Documento assinado eletronicamente por:

- **Alaerson Maia Geraldine, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 06/02/2026 13:40:23.
- **Eugenio Miranda Sperandio, 2022202343960001 - Discente**, em 06/02/2026 14:42:55.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 06/02/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 786302

Código de Autenticação: a5844f842a



*Dedico este trabalho à minha família, por todo o amor, apoio e incentivo durante esta etapa,
por acreditarem em mim mesmo nos momentos de dificuldade e por serem a base de todas as
minhas conquistas.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, pela orientação e pelos valiosos ensinamentos ao longo deste trabalho. À banca avaliadora, pela disponibilidade e contribuições realizadas. Aos meus colegas de trabalho, pelo apoio e pelos ensinamentos compartilhados durante este período. A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

LEITE, Joainny Martins. **Armazenamento e Conservação de Fungos Entomopatogênicos e Rizosféricos: Relatório de Estágio na Empresa Metabtech**. 2026. 33p. Monografia (Curso Bacharelado em Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – GO, 2026.

O uso de microrganismos na agricultura tem se consolidado como uma estratégia fundamental para a construção de sistemas produtivos mais sustentáveis e eficientes. Nesse contexto, os fungos entomopatogênicos e rizosféricos destacam-se pelo potencial no controle biológico de pragas, na promoção do crescimento vegetal e na melhoria da saúde do solo. O presente trabalho teve como objetivo descrever e analisar as atividades desenvolvidas durante o Estágio realizado no Centro de Inovação Regenerativo CIR Metabtech, com ênfase nos procedimentos de preparo, armazenamento e conservação de fungos entomopatogênicos e rizosféricos. O estágio, com carga horária total de 970 horas, possibilitou a vivência em rotinas laboratoriais relacionadas à manutenção da viabilidade fisiológica e genética de microrganismos de interesse agrícola. Foram aplicados diferentes métodos de conservação, incluindo o método de Castellani, a conservação em papel-filtro com sílica gel, o armazenamento de esporos congelados, a criopreservação com glicerol e o uso de papel mata-borrão. Além disso, realizaram-se atividades complementares como preparo de meios de cultura, repicagem e reativação de fungos, diluições seriadas, plaqueamento, controle de contaminações e monitoramento das culturas fúngicas (culturas microbiológicas mantidas em laboratório). A experiência evidenciou que o armazenamento e a conservação microbiana constituem uma etapa estratégica da biotecnologia agrícola, pois influencia diretamente a eficiência dos bioinsumos e o sucesso de sua aplicação no campo. Conclui-se que o estágio contribuiu significativamente para a formação técnica e crítica da estagiária, reforçando a importância da pesquisa aplicada e da conservação adequada de microrganismos para o avanço da agricultura regenerativa no Brasil.

Palavras-Chave: Controle Biológico; Bioinsumos; Conservação Microbiana Agricultura Regenerativa.

ABSTRACT

LEITE, Joainny Martins. **Storage and Conservation of Entomopathogenic and Rhizospheric Fungi: Supervised Internship Report at Metabtech**. 2026. 33p. Monograph (Bachelor's Degree in Agronomy). Federal Institute of Education, Science and Technology of Goiás – Rio Verde Campus, Rio Verde – GO, 2026.

The use of microorganisms in agriculture has become a fundamental strategy for the development of more sustainable and efficient production systems. In this context, entomopathogenic and rhizospheric fungi stand out due to their potential in biological pest control, plant growth promotion, and improvement of soil health. This study aimed to describe and analyze the activities carried out during the internship conducted at the Regenerative Innovation Center CIR Metabtech, with emphasis on the procedures for the preparation, storage, and conservation of entomopathogenic and rhizospheric fungi. The internship, with a total workload of 970 hours, provided practical experience in laboratory routines related to the maintenance of the physiological and genetic viability of microorganisms of agricultural interest. Different conservation methods were applied, including the Castellani method, filter paper preservation with silica gel, frozen spore storage, glycerol-based cryopreservation, and blotting paper techniques. In addition, complementary activities were performed, such as culture media preparation, fungal subculturing and reactivation, serial dilutions, plating, contamination control, and monitoring of fungal cultures (microbiological cultures maintained under laboratory conditions). The experience demonstrated that microbial storage and conservation constitute a strategic stage in agricultural biotechnology, as they directly influence the efficiency of bioinputs and the success of their application in the field. It is concluded that the internship significantly contributed to the technical and critical training of the intern, reinforcing the importance of applied research and proper microbial conservation for the advancement of regenerative agriculture in Brazil.

Key words: Biological Control; Bioinputs; Microbial Conservation; Entomopathogenic Fungi; Regenerative Agriculture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fungos entomopatogênicos..	17
Figura 2 - Armazenamento em solução salina (castellani).....	17
Figura 3 - Conservação e papel filtro com sílica gel..	18
Figura 4 - Placas acondicionadas em dessecador com sílica gel para conservação por dessecação.	18
Figura 5 - Placas de cultivo <i>Metarhizium rileyi</i>	19
Figura 6 - Frascos contendo meio BDA esterilizado para posteriormente ser vertido em placas.	20
Figura 7- Pesagem de reagentes.	21
Figura 8 - Reativação em papel filtro..	22
Figura 9 - Diluição seriada e plaqueamento..	23
Figura 10 - Autoclavagem de material.	24
Figura 11 - Diluição seriada para contagem e avaliação de colônias -5,-6,-7.. Erro! Indicador não definido.	
Figura 12 - Reativação <i>Trichoderma</i> spp. em meio rosa de bengala.	25

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais técnicas de conservação de fungos entomopatogênicos e fungos rizosféricos.	15
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Fungos entomopatogênicos: importância, histórico e aplicações agrícolas	11
2.2 Fungos rizosféricos e promoção do crescimento vegetal	12
2.3 Controle biológico e agricultura regenerativa: fundamentos e avanços.....	13
2.4 Métodos de armazenamento e conservação de fungos.....	14
2.4.1 Armazenamento em solução salina (Método de Castellani)	14
2.4.2 Conservação em papel-filtro com sílica gel	14
2.5 Desafios contemporâneos e importância da conservação microbiana.....	15
3. METODOLOGIA.....	16
3.1 Descrição do local e estágio	16
3.2 Atividades realizadas no estágio	16
3.3 Atividades complementares desempenhadas no laboratório	19
4. ANÁLISE SOBRE A IMPORTÂNCIA DA CONSERVAÇÃO MICROBIANA NO AGRONEGÓCIO.....	27
5. CONCLUSÃO.....	29
6. REFERÊNCIAS	30

1. INTRODUÇÃO

A busca por soluções sustentáveis no manejo agrícola tem impulsionado o uso de microrganismos benéficos no equilíbrio dos agroecossistemas. Entre eles, destacam-se os fungos entomopatogênicos e rizosféricos, capazes de controlar insetos-praga e promover a saúde do solo e das plantas. Estudos clássicos já demonstravam sua eficiência (ALVES, 1998; JARONSKI, 2010), e pesquisas recentes reforçam seu potencial em estratégias integradas de manejo baseadas em insumos biológicos (SHARMA et al., 2020; KIM et al., 2023). A expansão do uso de bioinsumos no Brasil reflete uma tendência global de adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes. A literatura destaca que a qualidade de um organismo utilizado em biocontrole ou em promoção de crescimento vegetal está diretamente associada à forma como ele é preservado no ambiente laboratorial (LANE et al., 2015). A conservação adequada, portanto, não é apenas um requisito técnico, mas uma etapa que garante a funcionalidade biológica, a estabilidade genética e a segurança do produto final.

O desenvolvimento de técnicas de armazenamento baseados em desidratação, criopreservação ou manutenção em soluções específicas, constitui um eixo estruturante da biotecnologia agrícola (CASTELLANI, 1939; SMITH et al., 2013; LOPES et al., 2014). Cada método envolve princípios determinantes para a viabilidade e longevidade das culturas fúngicas. É necessário ter um controle preciso de temperatura, umidade, oxigenação e assepsia. Estudos como os de Castellani (1939) e Smith et al. (2013) demonstraram que pequenas variações nessas condições podem comprometer a vitalidade dos microrganismos, reforçando a necessidade de protocolos bem estabelecidos e continuamente revisados.

A crescente complexidade dos sistemas agrícolas, marcada por pressões bióticas, variabilidade climática e aumento da resistência de pragas, torna ainda mais evidente a importância de compreender os fundamentos científicos que sustentam a conservação de fungos. A integração entre conhecimento teórico, metodologias laboratoriais e práticas de campo é apontada como um dos caminhos mais promissores para o avanço da agricultura regenerativa (LOPES et al., 2022). Segundo Altieri e Nicholls (2017), os microrganismos não são apenas ferramentas auxiliares, mas agentes estruturantes de novas formas de produzir, capazes de reduzir a dependência de insumos químicos, recuperar funcionalidades ecológicas e aumentar a resiliência dos sistemas produtivos.

Diante disso, o presente estudo tem como objetivo descrever e analisar as atividades desenvolvidas durante o Estágio Curricular Obrigatório, com ênfase nos procedimentos de preparo, armazenamento e conservação de fungos entomopatogênicos e rizosféricos realizados

no laboratório Metabtech. Busca-se apresentar, de forma sistematizada, os métodos adotados, os fundamentos técnicos que orientaram sua execução e as competências adquiridas ao longo da prática, evidenciando a importância dessas rotinas para a manutenção da viabilidade microbiana e para a produção de bioinsumos aplicados à agricultura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fungos entomopatogênicos: importância, histórico e aplicações agrícolas

O uso de fungos entomopatogênicos no controle biológico constitui uma das estratégias mais consolidadas e estudadas dentro da proteção de plantas. Desde os trabalhos pioneiros de Metchnikoff no século XIX, que identificaram o potencial de *Beauveria bassiana* no combate ao gorgulho-da-beterraba, esses organismos passaram a ocupar lugar central na literatura voltada ao manejo sustentável de pragas (ALVES, 1998). Ao longo das décadas seguintes, estudos conduzidos por pesquisadores como Ferron (1985) e Hajek (1997) estabeleceram os fundamentos ecológicos, taxonômicos e fisiológicos que explicam sua eficiência, destacando a capacidade desses fungos de infectar amplo espectro de hospedeiros e de atuar em condições ambientais diversas.

A bioecologia desses organismos reforça seu papel estratégico no controle biológico. Fungos como *Beauveria bassiana*, *Isaria fumosorosea* (atualmente reclassificado como *Cordyceps fumosorosea*), *Metarhizium anisopliae* e *Metarhizium rileyi* possuem ciclos de infecção bem definidos, envolvendo aderência dos conídios à cutícula, germinação, penetração mecânica e enzimática, colonização interna e, por fim, esporulação sobre o cadáver do inseto (HAJEK; LEGER, 1994). Esses mecanismos permitem que atuem como agentes naturais reguladores de populações, reduzindo a pressão de pragas em diferentes sistemas produtivos (VAN DER VALK; SAMSON, 2015).

Nos últimos vinte anos, a expansão da agricultura brasileira impulsionou a adoção desses bioagentes em escala comercial, acompanhando a tendência mundial de substituição gradual de inseticidas sintéticos por tecnologias biológicas mais seguras e eficazes (SHARMA et al., 2020). Estudos recentes indicam que, além da ação entomopatogênica clássica, diversos fungos exercem funções adicionais relacionadas à resistência vegetal, à absorção de nutrientes e ao crescimento radicular. Tais funções ampliam seu uso para além do controle de pragas, - podendo torná-los ferramentas centrais da agricultura regenerativa e de sistemas produtivos de base biológica (KIM et al., 2023).

A relevância desses organismos depende, contudo, do armazenamento e da conservação para manutenção de cepas estáveis, virulentas e geneticamente preservadas, o que exige protocolos rigorosos. Estudos como os de Lane et al. (2015) e Inglis et al. (2020) apontam que oscilações na viabilidade dos conídios, alterações fisiológicas e mutações indesejáveis podem comprometer a eficiência agrônômica desses microrganismos. Assim, compreender os aspectos biológicos desses fungos constitui etapa essencial para fundamentar técnicas de conservação aplicadas em laboratórios de pesquisa e empresas de biotecnologia.

2.2 Fungos rizosféricos e promoção do crescimento vegetal

Em paralelo ao uso de agentes entomopatogênicos, os fungos rizosféricos ganharam destaque por suas funções ecológicas fundamentais no solo e por seu papel direto na promoção de crescimento vegetal. Espécies de *Trichoderma*, por exemplo, caracterizam-se como alguns dos microrganismos mais estudados em fitopatologia e biotecnologia agrícola desde a década de 1980, quando pesquisadores como Weindling e Harman demonstraram sua capacidade de antagonizar fitopatógenos, produzir metabólitos secundários e colonizar eficientemente a rizosfera (HARMAN et al., 2004).

Os fungos rizosféricos atuam por múltiplos mecanismos, competição por nutrientes e espaço, antibiose, micoparasitismo, indução de resistência sistêmica e modulação de rotas metabólicas relacionadas ao crescimento radicular (COOK; BAKER, 1983). Segundo Lorito e Woo (2015), a presença de *Trichoderma spp.* favorece a formação de raízes laterais, aumenta a absorção de água, estimula a produção de enzimas hidrolíticas e promove alterações fisiológicas que resultam em plantas mais vigorosas e tolerantes ao estresse.

Para Mendes et al. (2013) a rizosfera, entendida como o estreito volume de solo influenciado pela atividade das raízes, constitui um dos ambientes microbiológicos mais complexos e dinâmicos. Nela interagem bactérias, fungos, actinobactérias e protozoários em relações de simbiose, competição ou mutualismo, moldando a disponibilidade de nutrientes e a sanidade do sistema radicular. Nesse contexto, espécies de *Trichoderma* exercem papel-chave na supressão de doenças e na construção de comunidades microbianas mais equilibradas, características essenciais para uma agricultura baseada em princípios regenerativos (MENDES et al., 2013).

Pesquisas reforçam que os efeitos benéficos desses fungos dependem fortemente da manutenção de culturas puras, fisiologicamente estáveis e manuseadas sob condições laboratoriais controladas (SMITH et al., 2013; LANE et al., 2015; LOPES et al., 2014).

2.3 Controle biológico e agricultura regenerativa: fundamentos e avanços

O controle biológico consolidou-se, ao longo do século XX, como uma alternativa consistente ao uso intensivo de pesticidas sintéticos. Seu princípio fundamental parte da utilização de organismos vivos ou de seus metabólitos para regular populações de pragas e doenças, restabelecendo mecanismos de equilíbrio ecológico em agroecossistemas (PARRA et al., 2021). Embora inicialmente restrito a programas experimentais e a poucas culturas de grande valor econômico, o controle biológico expandiu-se de forma acelerada a partir da década de 1980, impulsionado por crises ambientais, aumento da resistência de pragas e pela necessidade de reduzir impactos toxicológicos sobre trabalhadores rurais e ecossistemas (VAN LENTEREN, 2004).

Nesse contexto, os fungos entomopatogênicos e rizosféricos configuram-se como agentes centrais dentro das estratégias de manejo integrado de pragas (MIP). De acordo com Hajek e Leger (1994) a literatura destaca que esses microrganismos apresentam vantagens específicas em relação a outros bioagentes, incluindo a capacidade de infectar insetos por contato direto, a ausência de necessidade de ingestão pelo hospedeiro, e a possibilidade de desenvolver estruturas de resistência que favorecem sua persistência no ambiente. Essas características tornam esses fungos particularmente eficientes em regiões tropicais, onde a temperatura e a umidade favorecem sua germinação e ação biocontroladora (HAJEK; ST. LEGER, 1994).

O avanço dos bioinsumos nos últimos anos está diretamente associado ao surgimento da agricultura regenerativa, modelo que busca restituir processos ecológicos essenciais, aumentar a resiliência do solo e reduzir dependências externas. Nesse sistema, o uso de microrganismos benéficos como *Trichoderma*, *Beauveria* e *Metarhizium* é capaz de restaurar funções ecológicas comprometidas pela degradação do solo, pelo excesso de insumos químicos, além de promover crescimento vegetal e estimular a biodiversidade microbiana (GLIESSMAN, 2015).

Pesquisas recentes indicam que biocontroladores reduzem custos, minimizam a resistência cruzada e favorecem a saúde das plantas, sendo estratégicos para cadeias produtivas sustentáveis (PARRA et al., 2022). Entretanto, para que esses benefícios sejam plenamente alcançados, é indispensável que os agentes microbianos utilizados apresentem alta qualidade biológica e estabilidade fisiológica, reforçando a necessidade de práticas laboratoriais rigorosas e métodos adequados de conservação.

2.4 Métodos de armazenamento e conservação de fungos

A manutenção da viabilidade e da estabilidade genética dos fungos utilizados em biotecnologia agrícola depende diretamente das técnicas de preservação empregadas. Diferentes métodos foram desenvolvidos ao longo das últimas décadas, cada um com princípios e aplicações específicas, variando conforme o tempo desejado de armazenamento, a sensibilidade fisiológica do organismo e a finalidade do uso (SMITH et al., 2013).

2.4.1 Armazenamento em solução salina (Método de Castellani)

Descrito originalmente por Castellani (1939), este método baseia-se na manutenção de fragmentos miceliais em água ou solução salina estéril. A baixa disponibilidade de nutrientes e o ambiente controlado reduzem a taxa metabólica dos fungos, permitindo a conservação por meses ou anos. Sua simplicidade operacional e baixo custo tornaram essa técnica uma das mais amplamente utilizadas em coleções de culturas na América Latina (CASTELLANI, 1939).

2.4.2 Conservação em papel-filtro com sílica gel

O uso de papel-filtro dessecado em sílica gel é um método clássico para esporos e micélios resistentes à dessecação (Figura 1). O princípio envolve a remoção gradual da umidade, reduzindo a atividade metabólica e evitando danos celulares causados por flutuações térmicas. Essa técnica é recomendada para fungos entomopatogênicos, que apresentam conídios naturalmente tolerantes ao estresse hídrico (SMITH et al., 2013).

Quadro 1 - Principais técnicas de conservação de fungos entomopatogênicos e fungos rizosféricos.

Técnica	Indicações	Benefícios	Limitações
Método de Castellani (conservação em água destilada estéril)	Fungos filamentosos e leveduras; coleções de ensino e pesquisa; laboratórios com infraestrutura limitada	Baixo custo; fácil execução; manutenção da viabilidade por longos períodos; não requer equipamentos especiais	Não indicado para todas as espécies; possível alteração morfológica; risco de contaminação se não houver assepsia rigorosa
Conservação em papel filtro com sílica gel	Fungos filamentosos, especialmente esporulados; armazenamento de médio a longo prazo	Simplicidade; baixo custo; boa estabilidade genética; fácil transporte	Exige controle rigoroso da umidade; nem todos os microrganismos toleram a dessecação

Fonte: Elaborado a partir de (SMITH; ONIONS, 1994; PITT; HOCKING, 2009; HOMMA, 1981; SAMBROOK; RUSSELL, 2000; ALVES; LOPES, 2010).

2.5 Desafios contemporâneos e importância da conservação microbiana

Apesar dos avanços na biotecnologia, a conservação de fungos continua sendo um desafio para pesquisadores e indústrias. Mudanças fisiológicas decorrentes de mutações espontâneas, perda de virulência, redução da capacidade de esporulação e alterações metabólicas são problemas recorrentes descritos na literatura. Esses fatores podem comprometer não apenas experimentos científicos, mas também a produção de bioinsumos em escala industrial (INLIS et al., 2020)

A instabilidade genética é uma preocupação central. Ciclos repetidos de repicagem em meio de cultura podem induzir deriva genética e adaptação laboratorial, reduzindo a eficiência dos organismos quando aplicados no campo (LOPES et al., 2014). Além disso, variações na umidade, temperatura ou condições de armazenamento podem diminuir a viabilidade dos conídios, afetando diretamente a performance de produtos biológicos comerciais (LANE et al., 2015).

Por fim, o aumento da demanda por soluções biológicas na agricultura brasileira torna indispensável a compreensão de técnicas de conservação como parte estruturante da cadeia produtiva de bioinsumos. A manutenção da qualidade microbiológica é elemento determinante para garantir produtividade, previsibilidade e eficiência agrônômica em sistemas que dependem de organismos vivos para o manejo de pragas e a melhoria da saúde do solo.

3. METODOLOGIA

3.1 Descrição do local e estágio

O Estágio Curricular Obrigatório foi realizado na empresa Centro de Inovação Regenerativo CIR Metabtech Ltda., no período de 2 de setembro de 2024 a 2 de julho de 2025, totalizando 970 horas de atividades práticas. A empresa, sediada na Rua RG-16, Residencial Gameleira, Rio Verde – Goiás, atua desde 2022 no setor de biotecnologia aplicada à agricultura, consolidando-se como uma organização inovadora voltada à pesquisa, desenvolvimento e fabricação de microrganismos benéficos para uso agrícola. Seu portfólio envolve atividades compatíveis com a produção de insumos biológicos, desenvolvimento de soluções microbiológicas, fabricação de compostos químicos de base biotecnológica e suporte técnico ao setor agrícola, conforme suas classificações oficiais de CNAE.

A Metabtech destaca-se por integrar pesquisa científica, inovação tecnológica e práticas regenerativas, trabalhando com microrganismos de interesse agrônômico, tais como fungos entomopatogênicos e rizosféricos, além de bactérias promotoras de crescimento vegetal. Inserida em um dos polos agroindustriais mais importantes do estado de Goiás, a empresa atua como ponte entre ciência aplicada, sustentabilidade e agricultura de precisão, oferecendo um ambiente técnico favorável para a realização de atividades laboratoriais, desenvolvimento de metodologias de conservação microbiológica e aprimoramento de processos de produção de bioinsumos. Essa estrutura proporcionou à estagiária uma vivência ampla e aprofundada sobre práticas laboratoriais, protocolos microbiológicos e fundamentos que sustentam a biotecnologia agrícola atual.

3.2 Atividades realizadas no estágio

As atividades realizadas durante o Estágio Curricular Obrigatório concentraram-se nos procedimentos de preparo, conservação e armazenamento de fungos entomopatogênicos e rizosféricos, bem como na execução de técnicas laboratoriais fundamentais para a manutenção de culturas microbianas utilizadas em pesquisa e no desenvolvimento de bioinsumos agrícolas. O trabalho exigiu domínio de práticas assépticas, precisão técnica e observância de protocolos metodológicos que garantissem a viabilidade e a estabilidade genética dos microrganismos manipulados, conforme reforçado na literatura microbiológica contemporânea (SMITH et al., 2013).

Dentre as principais rotinas desempenhadas, destacou-se inicialmente o isolamento e preparo das culturas, envolvendo a manipulação de fungos como *Metarhizium rileyi*, *Beauveria bassiana*, *Isaria fumosorosea* (*Cordyceps* spp.), *Metarhizium anisopliae* e cepas de

Trichoderma. Essas atividades incluíram a coleta de fragmentos miceliais, repicagem de colônias, preparo de meios de cultura e monitoramento do crescimento fúngico (Figura 1). Cada etapa demandou rigor na assepsia e controle de variáveis como temperatura, iluminação e umidade fatores amplamente reconhecidos por influenciarem a fisiologia microbiana e a formação de conídios.

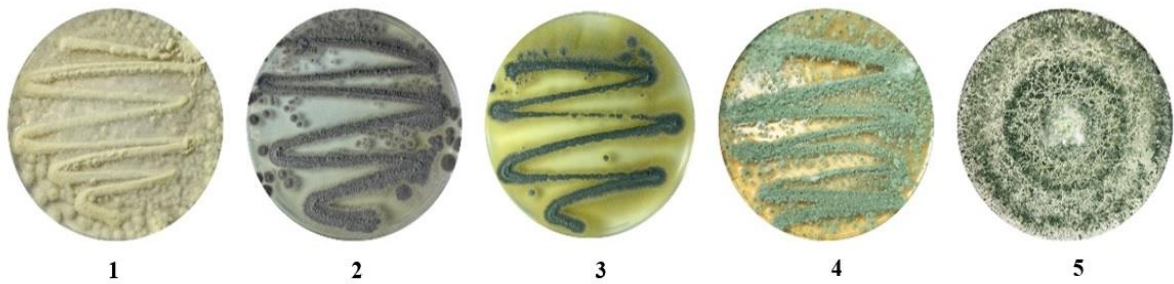


Figura 1 - Figura 1. Placas de cultivo de fungos entomopatogênicos: (1) *Beauveria* spp.; (2) *Isaria* spp.; (3) *Metarhizium* spp.; (4) *Metarhizium anisopliae*; (5) *Trichoderma* spp.

Outro eixo central das atividades foi a execução dos métodos de armazenamento, dentre eles:

Método de Castellani, utilizando discos miceliais imersos em solução salina estéril (Figura 2);



Figura 2 - Armazenamento em solução salina (castellani). Fonte: Arquivo pessoal (2025).

- Conservação em papel-filtro com sílica gel, técnica baseada na desidratação controlada (Figura 3);

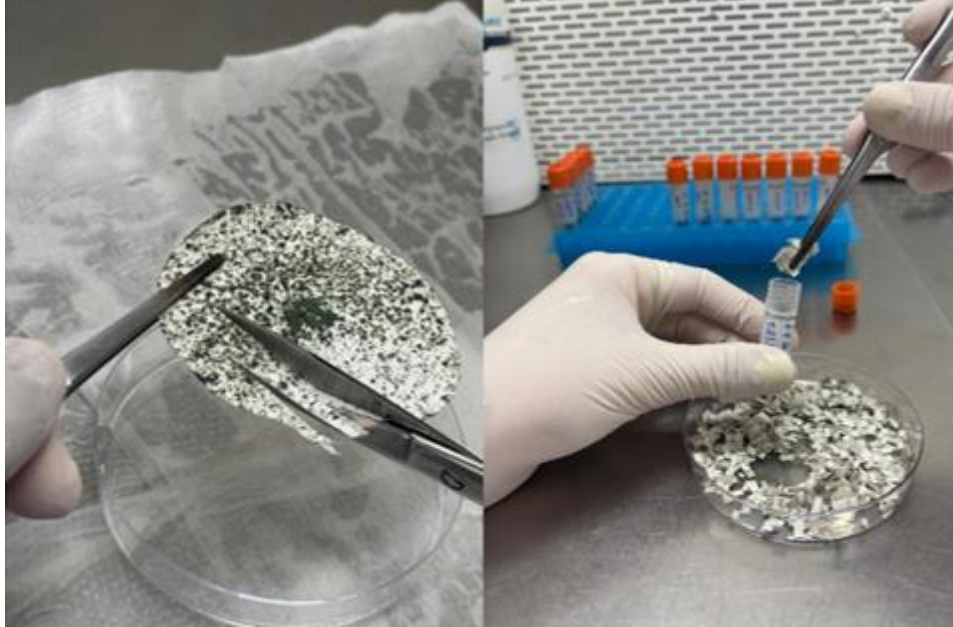


Figura 3 - Conservação e papel filtro com sílica gel. Fonte: Arquivo pessoal (2025).



Figura 4 - Placas acondicionadas em dessecador com sílica gel para conservação por dessecação. Fonte: Arquivo pessoal (2025).

A rotina de trabalho também abrangeu o controle de contaminações, etapa que exigiu observação constante de sinais característicos, como colônias com halos atípicos, alteração de textura, presença de hifas aéreas irregulares ou surgimento de pigmentações incompatíveis com o fungo-alvo. A identificação precoce de contaminações e o descarte adequado das culturas comprometidas foram essenciais para manter a integridade do laboratório e assegurar que os microrganismos preservados permanecessem estáveis, questão amplamente discutida na literatura devido ao risco de deriva genética e perda de virulência (LOPES et al., 2014).

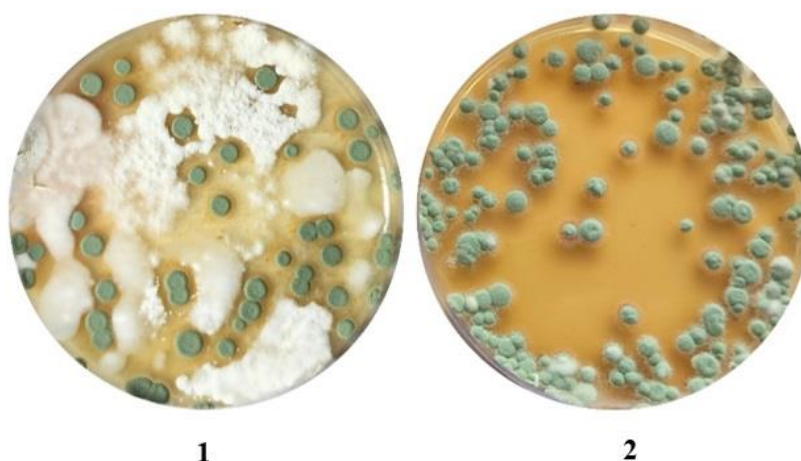


Figura 5 – Placas de cultivo *Metarhizium rileyi*.. Apresentando (1) contaminação microbiológica e (2) cultura pura. Fonte: Arquivo pessoal (2025).

A reflexão sobre essas atividades evidencia o quanto o trabalho com microrganismos demanda precisão metodológica e fundamentação teórica. Mais do que executar protocolos, foi necessário compreender o racional científico que sustenta cada procedimento, porque determinadas espécies toleram melhor a dessecação, por que outras necessitam de crioprotetores, ou ainda como a variação no método pode alterar a performance de um bioinsumo no campo. Esse entendimento crítico é apontado por Harman et al. (2004) e Inglis et al. (2020) como imprescindível para profissionais que atuam com biotecnologia agrícola, especialmente em um cenário em que o setor de bioinsumos cresce de forma acelerada.

3.3 Atividades complementares desempenhadas no laboratório

Além das rotinas diretamente relacionadas aos métodos de armazenamento e conservação fúngica, o estágio envolveu uma série de atividades complementares, indispensáveis para a manutenção da rotina microbiológica e para o bom funcionamento do laboratório. Essas práticas contribuíram significativamente para o desenvolvimento de

competências técnicas e para a compreensão da complexidade envolvida nos processos de produção de insumos biológicos.

Uma dessas atividades foi o preparo de meios de cultura, como Batata-Dextrose-Ágar (BDA) e outros substratos utilizados para o cultivo e repicagem de fungos (Figura 9). O processo incluiu a pesagem precisa dos reagentes (Figura 07), dissolução adequada, ajuste de pH quando necessário, esterilização em autoclave e posterior distribuição em placas de Petri sob condições assépticas.

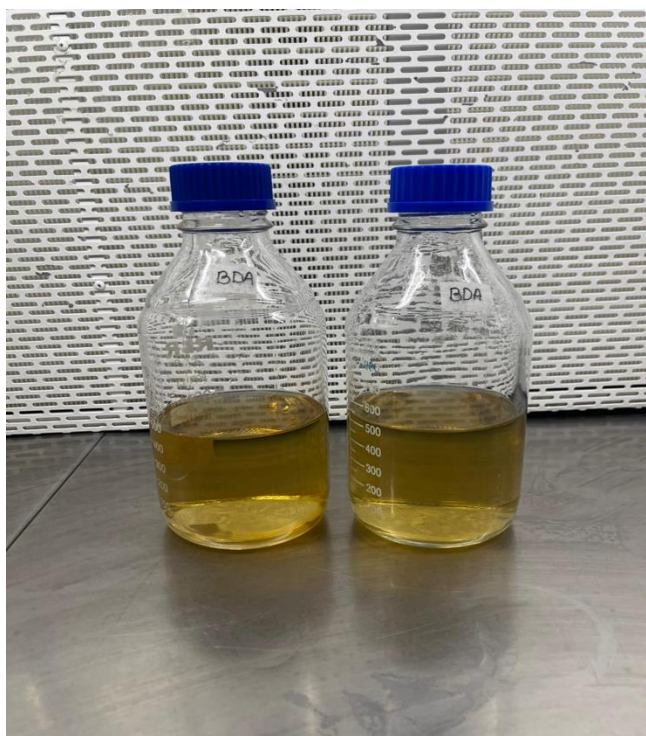


Figura 6 - Frascos contendo meio BDA esterilizado para posteriormente ser vertido em placas.
Fonte: Arquivo pessoal (2025).



Figura 7 - Pesagem de reagentes. Fonte: Arquivo pessoal (2025).

As atividades complementares realizadas durante o estágio abrangeram um conjunto de procedimentos que sustentam a rotina microbiológica e garantem a qualidade das culturas mantidas no laboratório. O processo de repicagem e reativação de fungos foi executado periodicamente com o objetivo de renovar culturas envelhecidas, preservar características morfológicas e fisiológicas e evitar degenerações comuns em isolados mantidos por longos períodos. Essas reativações consistiram na transferência asséptica de fragmentos miceliais ou esporos para meios frescos, restabelecendo o vigor metabólico das cepas.



Figura 8 - Reativação em papel filtro. Fonte: Arquivo pessoal (2025).

A fermentação e extração, por sua vez, envolveram a produção controlada de biomassa fúngica ou metabólitos secundários em condições específicas de cultivo, seguida da separação do material de interesse por métodos físicos ou químicos, etapa importante para análises posteriores ou formulações internas. Já as técnicas de diluição seriada e plaqueamento foram empregadas para reduzir concentrações celulares, permitindo o isolamento de unidades formadoras de colônia e possibilitando avaliações mais precisas de viabilidade, pureza e densidade populacional (Figura 09).



Figura 9 - Diluição seriada e plaqueamento. Fonte: Arquivo pessoal (2025).

Outra atividade desenvolvida consistiu na produção de kits para crescimento fúngico, envolvendo a preparação padronizada de meios de cultura, recipientes, tubos e placas previamente esterilizados, com o objetivo de assegurar reprodutibilidade experimental. A esterilização de vidrarias, pontas de pipeta, tubos e placas foi realizada por meio de autoclavagem e flamejamento, garantindo segurança microbiológica às rotinas laboratoriais (Figura10). A contagem e avaliação de colônias permitiram mensurar a viabilidade dos cultivos, identificar características morfológicas e monitorar possíveis contaminações, constituindo etapa essencial para o controle de qualidade das cepas trabalhadas (Figura 11).



Figura 10 - Autoclavagem de material. Fonte: Arquivo pessoal (2025).



Figura 11- Diluição seriada e plaqueamento

Durante o estágio, também foram utilizados meios de cultura específicos que desempenham funções complementares no isolamento e manutenção de fungos de interesse agrícola. O *Meio de Martin* (Rosa Bengala) (Figura12), por exemplo, é amplamente empregado em microbiologia fúngica devido à presença do corante rosa bengala, que reduz a velocidade de crescimento das colônias e inibe parcialmente o desenvolvimento de bactérias, favorecendo a recuperação de fungos em amostras complexas. Esse meio é especialmente útil em

procedimentos de isolamento inicial, onde o controle de contaminantes é fundamental para a obtenção de culturas puras (MARTIN, 1950; RICHARDSON; WARBURTON, 2018).



Figura 12- Reativação de *Trichoderma spp* em meio rosa de bengala. Fonte: Arquivo pessoal (2025).

Já o *Meio SMAY* destaca-se por sua composição rica em maltose, nitrogênio inorgânico e extrato de levedura, proporcionando um ambiente favorável para o crescimento vigoroso de fungos que apresentam exigências nutricionais elevadas (ALVES et al., 1998). A presença de sais minerais e fontes adicionais de carbono torna esse meio adequado para a revitalização de culturas e para a manutenção de colônias destinadas a posterior produção de esporos ou testes de viabilidade. A utilização desses meios durante o estágio permitiu compreender como variações na composição nutricional influenciam a morfologia, a taxa de crescimento e a esporulação dos fungos, aspectos fundamentais para o manejo adequado das cepas e para a padronização dos processos laboratoriais.

Outra atividade relevante foi a organização e higienização de bancadas, vidrarias e materiais laboratoriais, garantindo a ausência de contaminantes e minimizando riscos de interferência em culturas sensíveis. Esse cuidado constante com a assepsia pode ser averiguado em pesquisas como as de Lopes et al. (2014) que destacam a vulnerabilidade das culturas fúngicas a microrganismos oportunistas, capazes de comprometer tanto processos experimentais quanto produtos industriais. Assim, a realização dessas tarefas não apenas

manteve a integridade do ambiente, mas também consolidou a importância da biossegurança e da disciplina laboratorial.

Também integrou a rotina o acompanhamento dos processos de incubação e monitoramento das culturas, observando diariamente características como taxa de crescimento, coloração, textura do micélio e formação de estruturas reprodutivas. Esse acompanhamento cuidadoso permitiu identificar padrões fisiológicos esperados para cada espécie trabalhada, além de detectar rapidamente anomalias que poderiam indicar contaminações ou falhas metodológicas.

A rotina também envolveu a manipulação e armazenamento de reagentes, incluindo soluções salinas, crioprotetores e materiais utilizados nos processos de conservação. Essas atividades possibilitaram desenvolver habilidades relativas à conferência de validade, preparação de soluções estoque e organização de insumos, aspectos essenciais em laboratórios de biotecnologia agrícola, onde a precisão e o controle de variáveis químicas são determinantes para o sucesso dos procedimentos.

Além disso, o estágio proporcionou contato direto com boas práticas de documentação e registro laboratorial, incluindo anotações em cadernos de bancada, fichas de controle de culturas e relatórios internos. A literatura destaca que registros sistemáticos constituem pilares para a rastreabilidade microbiológica, permitindo identificar desvios, replicar experimentos e assegurar confiabilidade aos processos técnico-científicos (INGLIS et al., 2020). Assim, o desenvolvimento dessa habilidade contribuiu para uma atuação mais responsável e alinhada às exigências do setor de bioinsumos.

Essas atividades complementares, ainda que muitas vezes consideradas rotineiras, revelaram-se fundamentais para ampliar a compreensão sobre o funcionamento de um laboratório dedicado à biotecnologia agrícola. Elas complementam o aprendizado obtido com os métodos principais de conservação fúngica, integrando técnica, rigor científico e percepção crítica sobre a dinâmica de trabalho que sustenta a pesquisa e a inovação no setor.

4. ANÁLISE SOBRE A IMPORTÂNCIA DA CONSERVAÇÃO MICROBIANA NO AGRONEGÓCIO

O armazenamento e a conservação adequada de microrganismos de interesse agrícola, especialmente fungos entomopatogênicos e rizosféricos, tem assumido papel estratégico no agronegócio contemporâneo. A crescente demanda por insumos biológicos, impulsionada pela busca por sistemas produtivos mais sustentáveis e pela necessidade de reduzir a dependência de agroquímicos sintéticos, transformou a microbiologia aplicada em um dos eixos centrais do setor (PARRA et al., 2021). Nesse cenário, a conservação microbiana é um procedimento técnico que condiciona a eficácia, a qualidade e a longevidade dos produtos biológicos utilizados no campo.

Do ponto de vista científico, a manutenção da estabilidade fisiológica e genética das cepas é determinante para assegurar sua funcionalidade agrônômica. Estudos como os de Lane et al. (2015) e Lopes et al. (2014) enfatizam que fungos destinados ao controle biológico como *Beauveria*, *Metarhizium*, *Cordyceps* e *Trichoderma* são particularmente sensíveis a flutuações ambientais, podendo sofrer mutações espontâneas, redução na virulência ou perda da capacidade de esporulação quando submetidos a métodos inadequados de armazenamento. Essas alterações, muitas vezes imperceptíveis a olho nu, comprometem diretamente o desempenho do microrganismo em campo, tornando a conservação uma etapa de impacto direto sobre a produtividade agrícola.

Do ponto de vista industrial, a conservação microbiana é a base da padronização. A produção de bioinsumos em escala requer culturas puras, estáveis e reprodutíveis, capazes de garantir que cada lote mantenha características consistentes. Empresas do setor dependem de bancos microbianos confiáveis, compostos por cepas que passam por processos contínuos de avaliação, reativação e controle de qualidade. Uma falha nessa etapa pode gerar perdas econômicas expressivas, retrabalhos, contaminações cruzadas e produtos de baixa eficiência. Esses riscos estão associados às dificuldades frequentemente relatadas por laboratórios com estrutura limitada ou protocolos pouco rígidos (GLIESSMAN, 2015).

Em termos agronômicos, o armazenamento e a conservação adequada dos microrganismos têm reflexos diretos na saúde do solo, no manejo de pragas e no crescimento vegetal. Fungos entomopatogênicos eficazes reduzem pressão de pragas e diminuem a necessidade de aplicações químicas, fungos rizosféricos vigorosos contribuem para maior absorção de nutrientes, formação radicular e indução de resistência sistêmica (HARMAN et al., 2004; LORITO; WOO, 2015). A integridade biológica dos microrganismos é determinante

para a manutenção de suas funções, evidenciando a importância dos métodos de armazenamento aprendidos e aplicados durante o estágio.

5. CONCLUSÃO

O estágio realizado no Centro de Inovação Regenerativo CIR Metabtech possibilitou uma imersão consistente nas rotinas laboratoriais essenciais à conservação e ao manejo de microrganismos utilizados na agricultura. As atividades desenvolvidas permitiram compreender, de forma prática, os princípios que sustentam a estabilidade fisiológica e genética de fungos entomopatogênicos e rizosféricos, bem como a relevância da adoção de métodos adequados de armazenamento para assegurar a qualidade e a eficiência dos bioinsumos.

A principal contribuição científica deste trabalho consistiu na sistematização e análise crítica dos protocolos de armazenamento e conservação de fungos entomopatogênicos e rizosféricos utilizados no ambiente laboratorial da empresa. A partir da vivência prática, foi possível compreender como variações nos métodos de conservação influenciam diretamente a viabilidade dos conídios, a estabilidade fisiológica das cepas e sua eficiência agrônoma. O estudo permitiu integrar fundamentos teóricos da microbiologia com a aplicação prática em escala produtiva, evidenciando a importância de protocolos padronizados e rigorosos para garantir a manutenção de cepas estáveis, virulentas e aptas à formulação de bioinsumos comerciais. Assim, o trabalho contribui ao reforçar a conservação microbiana como etapa estratégica na cadeia científica e produtiva dos bioinsumos agrícolas. Nesse sentido, a conservação microbiana deve ser compreendida como um dos pilares da biotecnologia agrícola moderna, pois condiciona a confiabilidade dos produtos biológicos, sustenta a expansão desse mercado e contribui para a construção de um agronegócio mais sustentável, competitivo e alinhado às exigências ambientais contemporâneas. Além do aprimoramento técnico, o estágio favoreceu o desenvolvimento de competências analíticas, senso crítico e rigor metodológico, aspectos fundamentais para a formação profissional em Agronomia.

Conclui-se, portanto, que a experiência proporcionou não apenas o domínio de técnicas laboratoriais, mas também uma visão ampliada sobre o papel estratégico dos microrganismos na agricultura moderna, reforçando a importância da pesquisa aplicada e da inovação para o avanço da agricultura regenerativa no Brasil.

6. REFERÊNCIAS

- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate. **Climatic Change**, v. 140, p. 33–45, 2017.
- ALVES, S. B.; LOPES, R. B. Produção e formulação de fungos entomopatogênicos. In: ALVES, S. B. (ed.). *Controle microbiano de insetos*. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 2010. p. 917-966.
- ALVES, S. B. **Controle microbiano de insetos**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1998.
- CASTELLANI, A. Maintenance and cultivation of common pathogenic fungi of man in sterile distilled water. **Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 42, p. 225–226, 1939.
- COOK, R. J.; BAKER, K. F. **The nature and practice of biological control of plant pathogens**. St. Paul: APS Press, 1983.
- FERRON, P. Biological control of insect pests by entomopathogenic fungi. **Annual Review of Entomology**, v. 30, p. 507–531, 1985.
- GLIESSMAN, Stephen R. **Agroecology: the ecology of sustainable food systems**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2015.
- HAJEK, A. E.; ST. LEGER, R. J. Interactions between fungal pathogens and insect hosts. **Annual Review of Entomology**, v. 39, p. 293–322, 1994.
- HARMAN, G. E. et al. Trichoderma species opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Reviews Microbiology**, v. 2, p. 43–56, 2004.
- HOMMA, T. et al. Preservation of fungi using silica gel. **Mycopathologia**, Dordrecht, v. 73, n. 3, p. 141–145, 1981.
- JARONSKI, S. T. Ecological factors in the inundative use of fungal entomopathogens. **BioControl**, v. 55, p. 159–185, 2010.
- KIM, J.; KWON, S.; LEE, H. Advances in fungal biocontrol agents for sustainable agriculture. **Microorganisms**, v. 11, n. 3, p. 1–21, 2023.
- LANE, B. S.; TRAVIS, R.; JARONSKI, S. T.; JACKSON, M. A. Long-term preservation of entomopathogenic fungi: effects of storage methods on viability and virulence. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 127, p. 32–39, 2015.
- LORITO, M.; WOO, S. L. Trichoderma: biological control and enhancement of plant growth. **Plant Pathology Journal**, v. 31, p. 355–362, 2015.
- MANTZOUKAS, S.; KITSIOU, F.; NATSSIOPOULOS, D.; ELIOPOULOS, P. A. Entomopathogenic fungi: Interactions and applications. **Encyclopedia**, v. 2, p. 646–656, 2022.
- MARTIN, J. P. Use of acid, rose bengal, and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. **Soil Science**, v. 69, p. 215–232, 1950.

- MENDES, R.; GARBEVA, P.; RAAIJMAKERS, J. M. The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 37, n. 5, p. 634–663, 2013.
- PARRA, J. R. P.; PINTO, A. S.; PARRA, G. Z. Bioinsumos e o futuro da agricultura brasileira. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 17, p. 1–12, 2022.
- PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. T. Y.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S.; PASTORI, P. L. Biological control in Brazil: successes, challenges and perspectives. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 12, n. 1, p. 1–11, 2021.
- PITT, J. I.; HOCKING, A. D. **Fungi and food spoilage**. 3. ed. New York: Springer, 2009.
- RICHARDSON, M.; WARBURTON, S. **Mycology in Laboratory Practice**. 5. ed. Boca Raton: CRC Press, 2018.
- SAMBROOK, J.; RUSSELL, D. W. **Molecular cloning: a laboratory manual**. 3. ed. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2001.
- SHARMA, L.; ROYO, M. A.; FERRAZ, C. Use of entomopathogenic fungi in integrated pest management programs: progress and future prospects. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 104, p. 1035–1048, 2020.
- SMITH, D.; ONIONS, A. H. **The preservation and maintenance of living fungi**. 2. ed. Wallingford: CAB International, 1994.
- VAN DER VALK, H.; SAMSON, R. A. **Entomopathogenic fungi: biology and application**. Boca Raton: CRC Press, 2015.
- VAN LENTEREN, J. C. Success in biological control of arthropods by augmentation of natural enemies. **Biological Control**, v. 31, n. 2, p. 77–98, 2004.