

Custos da produção *on farm* de *Bacillus thuringiensis* para o controle de lepidópteros pragas

Recebimento dos originais: 24/10/2023
Aceitação para publicação: 19/07/2024

Bruna Carolina Serafim Teckio

Mestre em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola-UNEMAT

Instituição: Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT

Endereço: Av. Inácio Bittencourt, 6967 - E - Jardim Aeroporto,

CEP: 78300-970, Tangará da Serra-MT.

E-mail: bruna.teckio@unemat.br

Cleci Grzebieluckas

Doutora em Engenharia de Produção- UFSC

Instituição: Universidade do Estado de Mato Grosso UNEMAT.

Endereço: Av. Inácio Bittencourt, 6967 - E - Jardim Aeroporto,

CEP: 78300-970, Tangará da Serra-MT.

E-mail: cleci@unemat.br

Marilza da Silva Costa

Doutora em Entomologia-UFGV

Instituição: Laboratório de Entomologia UNEMAT/CEPEDA

Endereço: Av. Inácio Bittencourt, 6967 - E - Jardim Aeroporto,

CEP: 78300-970, Tangará da Serra-MT.

E-mail: marilzacosta@gmail.com

Mônica Josene Barbosa Pereira

Doutora em Entomologia – ESALQ/USP

Instituição: Universidade do Estado de Mato Grosso UNEMAT,

Laboratório de Entomologia UNEMAT/CEPEDA

Endereço: Av. Inácio Bittencourt, 6967 - E - Jardim Aeroporto,

CEP: 78300-970, Tangará da Serra-MT.

E-mail monica@unemat.br

Resumo

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o custo da produção *on farm* de *B. thuringiensis* para o controle de lepidópteros pragas e comparar com o valor de mercado do produto comercial. O estudo foi desenvolvido em uma empresa do agronegócio que produz insumos biológicos, em Campo Novo do Parecis – MT. Tratou-se de uma pesquisa quanti-qualitativa cuja estratégia utilizada foi o estudo de caso. Para atingir ao objetivo foram mensurados os custos fixos e variáveis da implantação e manutenção de uma biofábrica com capacidade de produção anual de 360 mil litros, e atender a demanda de 30 mil hectares. Para fins de comparação do preço, o produto comercial utilizado foi o Metil carbamato de oxima. Identificou-se que o produto *on farm* gera um custo de 46,37% menor em relação ao produto comercial (metil carbamato de oxima). No entanto, quando comparadas as aplicações essa diferença atinge 54% em razão da necessidade de um volume maior do produto comercial (1,2 litro) por hectare. Com base nos resultados concluiu-se que a produção *on farm* de *B. thuringiensis* é viável economicamente e

que apesar do alto investimento inicial, ele é rapidamente absorvido, uma vez que o custo de aquisição de produtos químicos comerciais é superior a 100%.

Palavras-Chave: Insumos biológicos. Metil carbamato de oxima. Viabilidade da produção. Biofábrica.

1. Introdução

Os defensivos biológicos à base de bactérias *Bacillus thuringiensis* têm sido amplamente utilizados em todo o mundo para controlar pragas que causam prejuízos econômicos, especialmente as espécies pertencentes à ordem Lepidoptera (ABBAS et al., 2022). Nos últimos anos, muitos produtores rurais têm optado por produzir biopesticida à base de *B. thuringiensis* em suas próprias fazendas, utilizando técnicas conhecidas como produção “on farm”. Essas técnicas permitem que os produtores tenham maior controle sobre a qualidade do produto e reduzam os custos de produção, contribuindo para uma agricultura mais sustentável e eficiente (LANA et al., 2019).

No Brasil, existem 38 produtos registrados à base de *B. thuringiensis* disponíveis no mercado para o controle de pragas agrícolas (AGROFIT, 2022) e o manejo de pragas por meio da aplicação desta bactéria vem se mostrando vantajoso, possibilitando ao produtor conquistar selos verdes ou orgânicos que valorizem a rentabilidade da produção de forma substancial entre outros benefícios, como maior visibilidade da empresa no mercado nacional e internacional no que tange a sustentabilidade e meio ambiente com certificados como o ISO14100 (RIEKSTIN, 2012).

As principais vantagens da utilização de *B. thuringiensis* é sua seletividade, voltada para o controle das pragas, minimizando os impactos ao meio ambiente e o risco para outras espécies, além da diminuição dos danos relacionados à saúde humana, gerando maior segurança aos trabalhadores rurais e aos consumidores finais dos produtos agrícolas (CHAGAS, 2021).

Nos últimos anos, dada a estas vantagens, o mercado de bioproductos no Brasil aumentou de maneira exponencial. Em 2008, havia apenas um produto registrado no Brasil e em 2018, dez anos depois, já havia 52 defensivos de baixa toxicidade registrados, culminando em uma movimentação interna de cerca de R\$ 464 milhões de reais (BRASIL, 2019). Em 2020, o mercado global de produtos para controle biológico movimentou mais de cinco bilhões de dólares, e tem crescido a uma taxa de 14,4% ao ano, com expectativa de movimentação de pelo menos 8 bilhões de dólares até 2025 (ARAÚJO, 2022).

Essa grande demanda tem impulsionado a criação de “biofábricas” (ALMEIDA et al., 2019), e a produção de insumos agrícolas para uso próprio (“on farm”), sendo uma vertente crescente dentro dos sistemas agrícolas, no qual a principal vantagem consiste na redução do custo de produção (SANTOS et al., 2020) que pode chegar a 80% (AVILA et al., 2021). Todavia, para se criar um projeto de investimento é necessário que sejam estimados os custos com implementação e manutenção, bem como separá-los em custos das matérias primas de produção industrial, gastos fixos, consumo mensal, depreciação, taxas de registro e custos de aplicação no campo (SANTOS et al. 2012; GOUVEA et al., 2014; LOPES et al., 2018). Dentre outros aspectos relevantes estão a escolha do isolado, a forma e o meio (sólido ou líquido) de multiplicação, já que estes impactam diretamente sobre os custos de produção (MASCARIN et al., 2015).

A produção de isolados em meio líquido é uma ferramenta inovadora com baixo custo de produção (JACKSON et al., 1997), visto que seus insumos são carbono, oxigênio, sais minerais e nitrogênio (MASCARIN et al., 2014). Mas, para garantir a qualidade do produto, o processo de fermentação deve ser realizado sob condições controladas de esterilidade (LANA et al., 2019). Segundo Gotti (2016) e Almeida et al. (2019), para a criação de uma indústria com capacidade de produção de 600 litros/dia de fermentação líquida, o investimento inicial em equipamentos e adequações prediais pode ultrapassar o valor de R\$ 1,5 milhão, e os custos e despesas fixas mensais R\$ 16.000,00, além do custo operacional final de R\$ 30,00 por litro de produto.

A análise dos custos de produção é de extrema relevância na pesquisa agrícola, especialmente considerando que o controle de pragas é uma das principais preocupações dos produtores em todo o mundo. Nesse contexto, nossa pesquisa se concentra na avaliação dos custos associados à produção e aplicação do bioinseticida Bt *on-farm* para o controle de lepidópteros-praga nos agroecossistemas. O Bt é uma alternativa ecológica e sustentável às práticas convencionais de controle de pragas, que frequentemente envolvem o uso de agrotóxicos sintéticos. No entanto, a adoção generalizada dessa tecnologia ainda é limitada devido ao desconhecimento dos custos envolvidos em sua produção e aplicação. Portanto, a análise detalhada destes custos é fundamental para compreender os fatores que influenciam sua adoção e para identificar estratégias que possam reduzi-los, tornando a tecnologia mais acessível aos produtores.

Nesse contexto, o objetivo da pesquisa foi avaliar o custo da produção “on farm” da bactéria entomopatogênica *Bacillus turhingiensis* para o controle de lepidópteros pragas e comparar com o valor de mercado do produto comercial para este mesmo fim. Justifica-se o

estudo em virtude da importância de conhecer os reais custos de produção e assim avaliar a melhor alternativa entre comprar um determinado produto ou fabricar dentro da própria unidade, visto que esses impactam diretamente no resultado das empresas.

2. Referencial Teórico

O custo de produção representa um desafio significativo para os agricultores brasileiros (QUINTAM; DE ASSUNÇÃO, 2023). De acordo com o Plano Agrícola e Pecuário 2022/2023 durante o período de fevereiro de 2021 a fevereiro de 2022, houve um aumento perceptível nos preços de alguns insumos de produção, incluindo o Brasil, onde alguns custos em dólares de fertilizantes, petróleo e gás natural estão em níveis historicamente altos (BRASIL, 2023).

Sendo assim, dado os custos cada vez mais elevados dos produtos fitossanitários e a necessidade de atender as demandas do mercado nacional e internacional por produtos com menor impacto sobre o meio ambiente e livres de resíduos químicos nos alimentos, abriu precedentes pela busca de novas estratégias de controle de pragas e doenças, por meio do uso de biodefensivos nas lavouras (COELHO et al., 2021; FRANCISCONI; BONALDO, 2022). Desta forma, o uso de biofábricas torna-se um campo aberto para novos empreendimentos e em diferentes campos da agricultura sustentável (ALMEIDA et al., 2019), visto que os produtores buscam, cada vez mais, produzir e/ou multiplicar as cepas nas propriedades (“on farm”) para realizar o manejo de pragas (LANA et al., 2019).

Sendo assim, este tópico avalia os principais benefícios gerados pela produção “on farm”, e os motivos da adoção desta modalidade. Vários estudos apontam numa mesma direção: redução significativa nos custos do manejo de pragas em comparação aos métodos convencionais (CRUVINELL et al., 2022). Tavares (2010), demonstrou que a produção “on farm” de *Trichogramma pretiosum* Riley para controle da lagarta-do-cartucho na cultura do milho foi economicamente viável e os custos envolvidos foram menores quando comparado à aquisição deste inimigo natural em empresa especializada. Lopes, Paixão, Cruz (2018), estudaram a viabilidade econômica de uma biofábrica de *T. pretiosum* para o controle de lepidópteros pragas e concluíram que a produção é viável, com uma boa rentabilidade e uma taxa interna de retorno de 8% e um *payback* de oito meses.

Já com relação a produção de *B. thuringiensis*, uma das vantagens é a facilidade do cultivo das cepas em grandes quantidades. Hajek e Eilenberg (2018) relatam que, tomando como base fermentadores com capacidade de 50.000 litros, a produção é mais fácil e

relativamente mais barata, uma vez que, todo o desenvolvimento da cultura do microrganismo ocorre em um mesmo local e todos as fases de crescimento são no mesmo recipiente.

Em estudo recente, Cruvinell et al. (2022), observaram que a média dos custos do manejo de pragas na cultura da soja com produtos biológicos (*Trichoderma*, *Metarhizium*, *Beauveria* e *Pochonia*), ficaram menores (26,08 sacas ha^{-1}) em relação ao do manejo convencional (44,93 sacas ha^{-1}). Ainda, segundo esses autores, a diminuição do custo de produção ao empregar manejo com biológicos produzidos “on farm” trouxe como consequência o aumento significativo (175%) da rentabilidade em relação à obtida com o manejo convencional. Além disso, esse crescimento tende a ser exponencial com uma melhoria contínua em cada safra em função da redução dos custos de produção gerados pelo manejo de pragas com o uso do biodefensivos produzidos na propriedade (CRUVINELL et al., 2022).

Outros aspectos relevantes da produção destes biodefensivos é a redução na dependência do produtor ao mercado de defensivos, que em geral possuem um alto custo e pode estar sujeito a variações tanto de preço como de oferta (VILLAS BÔAS; FRANÇA, 1996); ser uma estratégia em programas de manejo de plantas transgênicas e na resistência de insetos a inseticidas (LIU et al., 2014; SOUZA et al., 2021), além da redução dos impactos negativos sobre o meio ambiente (LACEY et al., 2015; van LENTEREN et al., 2018).

Embora todos estes pontos positivos sejam levantados, a produção “on farm” de biológicos traz como desvantagem a falta de condições adequadas para a fermentação, com uso de materiais não esterilizados e fermentadores inadequados, o que gera riscos de contaminação por microrganismos não desejáveis. Tal fato pode ser prejudicial não só para a lavoura, mas principalmente aos seres humanos que estarão em contato com o produto obtido da fermentação realizada nas propriedades rurais (KHADDA, 2021; GABARDO; SILVA; CLOCK, 2021; SONI et al., 2022). Para tanto, estabelecer qualidade no processo da produção de microrganismos nas fazendas e garantir a segurança, são necessárias algumas medidas como multiplicar apenas microrganismos que sejam registrados no Ministério da Agricultura, ter acompanhamento de um profissional especializado em produção de bioinssumos, além de possuir estrutura e ambiente adequados para a produção (BIAZON et al., 2019).

Assim, de modo geral pode-se considerar a produção “on farm” como uma importante ferramenta biotecnológica à disposição do produtor e possuem diversas vantagens, como diminuição de custos de fabricação, armazenagem e transporte quando se compara à aquisição de produtos comerciais prontos (VIDAL, AMARAL et al., 2021). Além disso, a produção própria de bioinssumos minimiza a dependência do produtor por insumos muitas vezes

importados, sujeitos à variação cambial, que representam impacto direto no aspecto econômico do negócio. Dessa forma, há um fortalecimento da autonomia do setor produtivo (FARIA; WANDER, 2021).

Todavia, é importante ressaltar que, a contabilidade de custos pode fornecer subsídios importantes para a execução de um projeto de produção “on farm” (CIDAV et al., 2020). Assim, a análise de viabilidade econômica é de extrema importância para o sucesso de um Projeto de investimento em ativos reais (SOUZA et al., 2020). Segundo Gollo (2017), a análise de viabilidade econômica auxilia na verificação do retorno esperado para o investimento. De acordo com Silva et al. (2019), para realizar a análise de viabilidade econômica deve-se identificar o investimento necessário, os custos de operação e manutenção e as receitas (ou economias) esperadas. Para isso, entende-se o processo estudado, converte-se monetariamente as vantagens e desvantagens, estima-se os custos de implantação, manutenção e operação, identifica-se os riscos associados, considera-se as receitas esperadas, e avalia-se os critérios econômico-financeiros do investimento (SILVA et al., 2019).

3. Material e Métodos

3.1. Local de estudo

O estudo foi realizado em uma empresa do ramo do Agronegócio no Município de Campo Novo de Parecis – MT. A produção da bactéria *B. thuringiensis* para o controle do complexo de lagartas nas culturas de algodão, soja e milho foi em meio líquido em biorreatores industriais com capacidade de 5000 litros. Na produção foram mensurados os custos de implantação e manutenção da biofábrica com capacidade de produção anual de 360.000 litros em atendimento a uma demanda de 30 mil hectares de área plantada. A título de comparação entre o preço de custo e de produção foi utilizado o inseticida Metilcarbamato de oxima, que atua via contato e ingestão, indicado para o controle de pragas através de aplicação foliar nas culturas de algodão, milho, soja, dentre outros.

3.2. Coleta de dados

Este estudo foi uma pesquisa quanti-qualitativa, que segundo Yin (2016), caracteriza-se por ser capaz de apresentar as visões e perspectivas da empresa participante. A estratégia utilizada foi o estudo de caso, que conforme Roesch (2013), permite explorar processos à medida que eles se desenrolam nas organizações. Segundo Ying (2016), o conhecimento

gerado por meio de estudos de caso difere de outros tipos de pesquisa por ser mais específico, contextual e mais orientado para fins de interpretação.

A coleta de dados se deu através da análise documental, na qual, segundo Maffezzolli e Boehs (2008), se buscam materiais relacionados ao fenômeno estudado, visando melhor compreensão de sua ocorrência. Dentre os documentos analisados estão extratos e notas fiscais de aquisição de insumos de 2019 a 2021, que permitiram obter *insights* sobre o processo de aquisição, gastos e fluxo financeiro da empresa, contribuindo para uma compreensão mais completa do fenômeno em estudo.

3.3. Levantamento de custos

Para melhor compreensão da estrutura e do detalhamento do método de análise de custos de produção, estes foram agrupados de acordo com seus atributos no processo da produção em cada uma das categorias: custos variáveis, custos fixos, custos operacionais e custos totais. Em termos contábeis, a Conab (2010) estabelece que os custos variáveis são separados em despesas de custeio, outras despesas, que também podem ser denominadas de despesas financeiras, esta última incidente sobre o capital de giro utilizado, constituindo- se, no curto prazo, condições necessárias para que o produtor se mantenha na atividade. Do mesmo modo, os custos fixos são diferenciados em depreciação do capital fixo e demais custos fixos envolvidos na produção e remuneração dos fatores capital fixo e terra, porém este último não foi considerado. De acordo com o detalhamento descrito anteriormente, os elementos do custo de produção são agrupados conforme o quadro a seguir, de acordo com o modelo de Lopes et al. (2018).

Quadro 1: Classificação dos custos de produção analisados em uma empresa

Classificação	Características	Aplicação
Custos Fixos (CF)	Custos que independem do volume de produção	Salários e encargos sociais, horas extras, depreciação, manutenção, despesas de telefone, vigilância, dentre outros gastos.
Custo variáveis (CV)	Custos que se modificam na medida que se altera o volume de produção.	Gastos com energia elétrica, material de consumo etc.
Despesas fixas (DF)	Estão intimamente relacionados ao período do mês, não oscilando proporcionalmente com o volume de produção dentro da faixa de capacidade instalada.	Conta de água, energia, taxas bancárias etc.
Mão-de-obra	Contração de mão de obra para cada metodologia de produção dependendo da demanda.	Engenheiro Agrônomo; Técnico de Laboratório e Auxiliares.
Depreciação	Perda de valor do bem decorrente de seu uso, ou seja do desgaste natural.	Substituição de biorreatores etc.

Fonte: Lopes et al. (2018)

3.4. Análise de dados

Após a análise de conteúdo, os dados obtidos foram classificados e a quantificação efetuados através e planilha eletrônica e sistematizados por meio do programa Excel. É importante ressaltar que neste levantamento de custos não foram contabilizados os custos da área da empresa em questão, somente os custos com construção, implantação, funcionamento e manutenção da biofábrica

4. Resultados e Discussão

De acordo com os dados levantados junto a empresa, os gastos totais com infraestrutura inicial e materiais permanentes para a produção estimada de 360.000 litros de *B. thuringiensis* por ano, visando o controle de complexo de lagartas estão listados na Tabela 1.

Tabela 1: Investimento inicial com infraestrutura e material necessário para a implantação do projeto da Biofábrica em uma fazenda no ramo do agronegócio em Campo Novo do Parecis-MT, em 2022.

Descrição	Qtde	Unit. R\$	Total R\$	%
Galpão de 352 M ²	1	1.500	528.000	12,93
Agitador de frascos com movimento orbital	1	1.000	1.000	0,02
Freezer horizontal	3	3.600	10.800	0,26
Cadeiras	4	600	2.400	0,06
Geladeira	2	4.900	9.800	0,24
Balança de precisão	1	3.200	3.200	0,08
Ar-condicionado	2	2.500	5.000	0,12
Autoclave	1	25.000	25.000	0,61
Gabine de segurança	1	15.900	15.900	0,39
Pipeta P-100	1	290	290	0,01
Pipeta P-1000	1	290	290	0,01
Estante de aço	1	800	800	0,02
Aparelho de osmose	1	3.500	3.500	0,09
Shaker	1	83.165	83.165	2,04
Biorreator 3000L	2	700.00	1.400.000	34,27
Biorreator 5000 L	2	754.493	1.508.986	36,94
CIP móvel – limpeza do biorreator	1	47.433	47.443	1,16
Vap de pressão	1	1.600	1.600	0,04
Empilhadeira elétrica	1	21.000	21.000	0,51
Empilhadeira diesel	1	48.000	48.000	1,18
Gerador de energia	1	108.000	108.000	2,64
Gerador de vapor	1	103.500	103.500	2,53

Torre de resfriamento	1	24.638	24.638	0,60
Compressor de parafuso	2	52.500	105.000	2,57
VórTEX	1	1.780	1.780	0,04
Microscópio	1	25.599	25.599	0,63
Total			4.084.691	100,00

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Para implementação da biofábrica, foi necessária a construção do galpão de 352 m² que juntamente com a equipação do espaço teve um custo total de R\$4.084.691,00. Dentre os equipamentos adquiridos, observou-se que o maior custo inicial está representado pelos Biorreatores que juntos somaram 71% do custo total dos equipamentos, seguidos pelo galpão, gerador de energia, gerador de vapor e compressor.

A estrutura física necessária para montar uma unidade de produção deve ser composta por: a) uma área de utilidades na qual se disponham equipamentos que dão suporte a unidade de produção; b) uma área de fermentação, destinado aos biorreatores, c) uma área de estoque de insumos que é um espaço arejado destinado aos materiais que serão empregados no processo de fermentação e d) uma área de armazenamento onde é estocado o produto final. Portanto, o produtor deve considerar os custos desta construção antes da implementação da biofábrica (CARRARO, CORTINA, BRUM, 2022).

Na aquisição de materiais permanentes, a necessidade de um fermentador (biorreator) é uma das desvantagens devido ao alto custo (MOREIRA, 2023). Mattedi et al. (2023) justificam que o alto custo dos biorreatores está vinculada à alta tecnologia aplicada, à sua complexidade, e a necessidade de um sistema de aeração estéril.

Os custos atribuídos a depreciação foram considerados todos os itens que necessitam ser substituídos bem como seu valor residual (Tabela 2).

Tabela 2: Valor do bem, vida útil, taxa de depreciação e valor residual dos bens moveis e imóveis para a implantação do projeto da Biofábrica em uma fazenda no ramo do agronegócio em Campo Novo do Parecis-MT, em 2022.

Descrição	Valor (R\$)	Vida útil (anos)	Depreciação (%)*	Valor Residual (R\$)	Depreciação (R\$)
Instalações (Galpão 354 m ²)	528.000,00	25	4	52.800,00	19.008,00
Aparelhos que ficam 24 h	197.965,00	10	20	19.797,00	35.633,70
Maquinários	69.000,00	10	10	6.900,00	6.210,00
Moveis	32.000,00	10	10	320,00	288,00
Equipamentos	1.869.936,00	10	10	186.994,00	168.294,24

Utensílios	7.180,00	10	10	718,00	646,20
Total	2.231.281,00			223,13	214.096,14

*Depreciação acelerada, taxa de 10%, vida útil 10 anos, contabilmente fica a taxa de 20% e vida útil de 5 anos- (RIR/2018, artigo 323 e lei N° 3470/58, artigo 69).

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

A maior vida útil para os materiais permanentes foi do galpão de 3540m² (25 anos) que também apresentou a menor porcentagem de depreciação (4%), todos os demais itens tiveram vida útil estimada em 10 anos, sendo que a maior depreciação anual estão dentro os equipamentos/aparelhos que ficam ligados 24 horas (20%) enquanto os demais itens tem uma taxa de depreciação anual de 10%. A depreciação dos bens, conforme a Conab (2010) é uma função linear da idade do bem, que varia uniformemente ao longo da vida útil.

Os custos fixos, envolvem diversos produtos e serviços para manter as atividades operacionais na indústria de forma organizada (Tabela 3). Destaca-se que 93% destes estão concentrados nos três primeiros itens: Custo com pessoal e encargos, energia e depreciação.

Tabela 3: Custos fixos de produção para a implantação do projeto da Biofábrica em uma fazenda no ramo do agronegócio em Campo Novo do Parecis-MT, em 2022.

Descrição	Valores anuais (R\$)	%
Custo com pessoal e Encargos	298.200,00	43,99
Energia	120.000,00	17,70
Depreciação	230.080,00	31,58
Manutenção Gerador de energia	17.547,00	2,59
Manutenção Gerador de vapor	10.000,00	1,48
Manutenção compressor de ar	8.000,00	1,18
CEPA	5.000,00	0,74
Outros	5.000,00	0,74
Totais	693.827,02	100,00

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Os dados mostram que 43% dos custos fixos são com pessoal e encargos. Estudos tem demonstrado que o custo de operação de biofábrica foca-se substancialmente na mão de obra (Soares, Menezes Filho, Ventura, 2023), no entanto, vale ressaltar que, no presente estudo, as despesas com mão de obra foram contabilizadas desde a construção, implementação, funcionamento e manutenção da biofábrica.

Na tabela 4 são apresentados os custos variáveis estimados para a produção de 360.000 L de produto “on farm” a base de *B. thuringiensis* anualmente. Nessa categoria de custos a proteína de soja, o açúcar, o cloreto de potássio e o nitrato representam aproximadamente 77% dos custos variáveis.

Tabela 4: Custos variáveis de materiais necessários para a produção do *B. thuringiensis* em uma fazenda no ramo do agronegócio em Campo Novo do Parecis-MT, em 2022.

Itens	Quant.	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)	%
Fita adesiva	36 un.	20,00	720,00	0,27
Máscara descartável	4 cx	120,00	5.760,00	2,13
Luva descartável	4 cx	110,00	5.280,00	1,95
Pro pé descartável	1 pct	70,00	840,00	0,31
Toca de cabelo	1 pct	25,00	300,00	0,11
Papel Kraft	1 rolo	120,00	1.440,00	0,53
Detergente neutro (50 L)	2 UN	250,00	6.000,00	2,22
Algodão	1 UN	22,00	264,00	0,10
Gaze	1 rolo	137,18	1.646,16	0,61
Ponteira p 100	1 pct	170,00	2.040,00	0,75
Ponteira p 1000	1 pct	533,00	6.396,00	2,37
Alça bacteriológica	1 pct	20,00	240,00	0,09
Meio Nutrient agar	500 g	405,00	4.860,00	1,80
Proteína de soja (20 kg)	750 kg	190,00	91.200,00	33,72
Açúcar (2 kg) saca	1.050 kg	10,00	63.000,00	23,30
Cloreto de potássio (20 kg)	90 kg	394,00	23.640,00	8,74
Nitrato de sódio (25 kg)	120 kg	490,00	29.400,00	10,87
Ácido peracético (50 L)	90 kg	300,00	7.200,00	2,66
Ácido fosfórico (50 L)	100 L	392,00	9.408,00	3,48
Soda caustica (50 kg)	100 kg	300,00	7.200,00	2,66
Ante espuma (50 L)	25 L	300,00	3.600,00	1,33
Total			270.434,16	100,00

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Em um estudo realizado por Palucci, Moreira (2015) os custos variáveis, para a produção de 360 kg/dia de fungo entomopatogênico correspondem a 90% dos gastos com aquisição do insumo utilizado. Já Tavares (2010) relata um custo de aproximadamente 60% do custo final da produção é destinado a aquisição de material de consumo em uma biofábrica para a produção de entomofágico (*Trichogramma pretiosum*).

A tabela 5 apresenta um resumo dos custos de implantação, operacionais variáveis e totais e seus respectivos preços unitários. Observa-se que a maior carga de custos está concentrada nos fixos que somados entre implantação e operacionais representam 95% enquanto as variáveis apenas 5%.

Tabela 5: Demonstrativo dos custos totais e unitários da produção “on farm” em fazenda no ramo do agronegócio em Campo Novo do Parecis-MT, em 2022.

Informação dos custos	Valores (R\$)	%
Custos de implantação (fixos)	4.084.691,00	80,90
Custos operacionais (fixos)	693.827,02	13,74
Custos variáveis	270.434,16	5,36
Custos totais	5.048.952,18	100,00
Custos fixos (unitário)	13,27	
Custos variáveis (unitário)	0,75	
Custos totais (unitário)	14,02	

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

A tabela 6 traz dados do comparativo de receita em relação aos produtos “on farm” feito à base de *Bacillus thuringiensis* com o inseticida Metilcarbamato de oxima. Assim, foi possível verificar que a diferença de ganho quando se utiliza o produto “on farm” é 46,37% superior, quando comparado com o inseticida comercial, registrado para o controle de lepidópteros praga. Portanto, fazendo um cálculo básico, projeta-se que já no primeiro ano de produção “on farm” os custos fixos de R\$ 4.778,518,02 são absorvidos pela diferença entre o custo de aquisição e de produção.

Tabela 6: Diferença entre o preço de compra do inseticida Metilcarbamato de oxima e o custo de fabricação do *Bacillus thuringiensis* (Bt) em fazenda no ramo do agronegócio em Campo Novo do Parecis-MT, em 2022.

Avaliação	Produtos	
	Bt (on farm)	Metilcarbamato de Oxima
Valor	R\$ 5.048.952,18	R\$ 9.414.000,00
Diferença (Produção/Compra)		R\$ 4.365.047,82
Percentual de ganho (%)		46,37%

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Dada uma avaliação do percentual de ganho com a produção “on farm” com base no preço de custo e em relação ao preço dos produtos comercializados, o custo de cada litro do produto na produção “on farm” é R\$14,02, enquanto o Metilcarbamato de oxima custa R\$26,15, portanto, apresenta um acréscimo de 87% (Tabela 7).

Estes resultados corroboram com Avila et al. (2021), onde afirmam que a produção “on farm” tem como uma das principais vantagens a redução do custo com defensivos, que pode chegar a 80%. Para o Bt são necessários 01 litro do produto por hectare, enquanto para o Metilcarbamato de oxima essa quantidade é de 1,2 L/ha, esse custo supera em 124% a mais em relação ao Bt. Portanto, fica evidente que este formato de produção é economicamente mais vantajoso comparado ao produto comercial (Tabela 7)

Tabela 7: Comparativo dos custos (R\$) de aplicação de *Bacillus thuringiensis* versus Metilcarbamato de oxima para uma área de 30.000 ha.

Produto	Dose L/ ha	R\$ litro	Vol. calda /ha	R\$/ha	1 aplicação 30.000 ha.	5 aplicações 30.000 ha.
Bt “on farm”	1 L/ ha	14,02	100	14,02	420.600,00	2.103.000,00
Metil-carbamato	1,2 L/ha	26,15	100	31,38	941.400,00	4.707.000,00

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Estes resultados vão de encontro com os dados de Cruvinell et al. (2022), quando avaliaram o número de aplicações de fungicidas e inseticidas químicos utilizados na lavoura de soja e o estudo mostrou uma redução de 30 mil litros de produtos químicos com a adoção de insumos biológicos produzidos “on farm” e com isso houve uma redução dos custos (58,6%), aumento da produtividade (13%) e uma rentabilidade de 83%.

5. Considerações Finais

A pesquisa demonstrou que a produção “on farm” de *B. thuringiensis* é viável sob a perspectiva econômica. Embora o investimento inicial seja elevado, ele é rapidamente recuperado, pois o custo de aquisição de produtos químicos comerciais é mais do que o dobro quando comparado à produção própria na fazenda. Esta viabilidade é ainda reforçada por dados bibliográficos que indicam que a utilização de *B. thuringiensis* pode ser integrada à agricultura sustentável. Isso se deve ao fato de ser um produto biológico que não causa danos ao meio ambiente, ao contrário dos defensivos químicos tradicionais.

Os resultados obtidos sobre os custos podem ser aplicados em estudos de análise de investimentos, utilizando ferramentas de avaliação econômico-financeira. Estas ferramentas permitem oferecer uma visão detalhada dos custos fixos e variáveis envolvidos na construção, implantação, operação e manutenção da biofábrica. Isso é crucial para entender a viabilidade financeira da produção “on farm” e para planejar investimentos futuros no setor.

É recomendado que novos estudos sejam conduzidos para comparar os resultados desta pesquisa com outros microrganismos e com diferentes contextos de produção. A literatura brasileira ainda carece de investigações mais profundas sobre os custos associados à produção "on farm". Compreender melhor este setor agrícola, que está em expansão, é essencial para promover práticas agrícolas mais sustentáveis e economicamente viáveis.

6. Referências

- ABBAS, A. et al. Biological control of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Agronomy*, v. 12, n. 11, p. 2704, 2022.
- AGROFIT- *Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários*. 2022. AGROFIT- Consulta Aberta. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. AGROFIT- Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Brasil. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 05 de janeiro de 2023.
- ALMEIDA, J. E. M.; LEITE, L. G.; BATISTA FILHO, A. Entomopathogenic Fungi. In: SOUZA, B., VASQUEZ, L.L., MARUCCI, R.C. (ed.). *Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems – Biological Control and Functional Biodiversity*. Springer. Switezerland. p. 223-233, 2019.
- ARAÚJO, R. M. de. *Análise da conjuntura atual, desafios e oportunidades do uso do controle biológico no manejo de resistência de pragas às plantas geneticamente modificadas de algodão, milho e soja com tecnologia BT no Brasil*. Dissertação (Mestrado Profissional em Agronegócios). Escola de Economia de São Paulo, São Paulo- SP. 2022.
- AVILA, G. M. A. et al. Produção *On Farm* de microrganismos no Brasil. *Encontro Internacional de Produção Científica*, 2021.
- BIAZON, V. V. et al. Marketing social para mudança de comportamento de produtores rurais e a produção de inoculantes on farm: proposta de ação. *Revista Scientia Alpha*, v. 1, n. 01, 2019.

BRASIL. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA). *Propostas do sistema CNA para o Plano Agrícola e Pecuário 2022/2023.* Disponível em: https://www.cnabrasil.org.br/assets/images/PAP_2022_2023_WEB.pdf. Acesso em: 22 jul. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. *Mercado de biodefensivos cresce mais de 70% no Brasil em um ano.* Brasília, DF, 2019.

CARRARO, J.F; CORTINA, P.H.; BRUM, D. L. *Multiplicação biológica: On Farm.* 2022. Trabalho de conclusão de Curso (Técnico em Agronomia). Colégio Agrícola Estadual Ângelo Emílio Grando. Erechim-RS, 2022

CHAGAS, P. A.. *Perspectivas de implementação de conceitos da indústria 4.0 no bioprocesso de produção de Bacillus thuringiensis.* 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2021.

CIDAV, Z. et al. A pragmatic method for costing implementation strategies using time-driven activity-based costing. *Implementation Science*, v. 15, n. 1, p. 1-15, 2020.

COELHO, T. N. et al. Controle biológico no manejo de *Pratylenchus brachyurus* em diferentes tratamentos na cultura da soja. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v. 9, n. 3, p. 274-278, 2021.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. *Norma metodologia do Custo de produção 30.302. Sistema de operações subsistema de gestão de informações e conhecimento.* Resolução Direx n. 017, Brasília, DF: Companhia Nacional de Abastecimento, 2010.

CRUVINELL, A. et al. Rentabilidade na produção de soja na fazenda Bom Jardim Lagoa no com manejo de biológicos *on farm.* *Research, Society and Development*, v.11, n.14, p-e135111436112-e135111436112. 2022.

FARIA, R. D. S.; WANDER, A. E. Bioeconomia e agronegócio brasileiro - perspectivas e desafios do Programa Nacional de Bioinsumos. In: GIACOBBO, D. G.; FROTA, L. M.;

(ORG.) Agro: *O Papel do Agronegócio Brasileiro nas Novas Relações Econômicas Mundiais*. Rio de Janeiro: Synergia, v. 1, 2021. Cap. 10, p. 164-177.

FRANCISCONI, E. J; BONALDO, S. M. Controle biológico e preparado homeopático de própolis verde no manejo de doenças e efeito na produtividade e qualidade de grãos de milho. *Brazilian Journal Of Development*, v. 8, n. 5, p. 35124-35144, 2022.

GABARDO, G.; SILVA, H. L.; CLOCK, D. C.. “On Farm” Production of microorganisms in Brazil. *Scientia Agraria Paranaensis*, p. 312-318, 2021.

GOLLO, V. *Análise da viabilidade econômico-financeira das atividades leiteira e suinícola em uma propriedade rural*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 24, 2017, Florianópolis. Anais [...]. São Leopoldo: Associação Brasileira de Custos, 2017.

GOTTI, I. A. *Desenvolvimento de meio de cultura para produção de Metarhizium anisopliae (MESTSH.). Sorok. por fermentação liquida*. Isabella Alice Gotti. – São Paulo, 2016. 57 p.

GOUVEA, A. et al. Análise econômica da produção de *Trichogramma pretiosum* Riley em diferentes escalas. *EntomoBrasilis*. v. 7, n.1, p. 41-47, 2014.

HAJEK, A. E.; EILENBERG, J. *Bacterial Pathogens of Invertebrates*. In: HAJEK, A. E.; EILENBERG, J. *Natural enemies: an introduction to biological control*, Cambridge University Press. 2018. pp. 202-214.

JACKSON, M. A. et al. Liquid culture production of desiccation tolerant blastospores of the bioinsecticidal fungus *Paecilomyces fumosoroseus*. *Mycological Research*, v. 101, n. 1, p. 35-41, 1997.

KHADDA, Balbir Singh. Prospects of organic farming in India. *A Voice for Agriculture*, v. 27, p. 27-34, 2021.

LACEY, L. A., et al. Insect pathogens as biological control agents: Back to the future. *Journal of Invertebrate Pathology*, v.132, p. 1- 41, 2015.

LANA, U. G. P. et al. *Avaliação da qualidade de biopesticidas à base de Bacillus thuringiensis produzidos em sistema on farm*. Embrapa Milho e Sorgo-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2019.

LIU, X. et al. Natural enemies delay insect resistance to Bt crops. *PLoS ONE*, v. 9, n. 3, p. e90366, 2014.

LOPES, S. R., DA PAIXÃO, M. A. S., CRUZ, I. Viabilidade econômica de biofábrica de *Trichogramma pretiosum* para uso contra pragas agrícolas da ordem Lepidoptera. *Revista iPecege*, v.4, n. 1, p. 44-50, 2018.

LOPES, S. R.; PAIXÃO, M. A. S.; CRUZ, I.. Viabilidade econômica de biofábrica de *Trichogramma pretiosum* para uso contra pragas agrícolas da ordem Lepidoptera. *Revista iPecege*, v. 4, n. 1, p. 44-50, 2018.

MAFFEZZOLLI, E. C. F.; BOEHS, C. G. E.. Uma reflexão sobre o estudo de caso como método de pesquisa. *Revista da FAE*, v. 11, n. 1, 2008.

MASCARIN, G. M. et al. Liquid culture fermentation for rapid production of desiccation tolerant blastospores of *Beauveria bassiana* and *Isaria fumosorosea* strains. *Journal of Invertebrate Pathology*. v. 127, p.11-20, 2015.

MATTEDI, A; et al. Solid-State Fermentation: Applications and Future Perspectives for Biostimulant and Biopesticides Production. *Microorganisms*, v. 11, n. 6, p. 1408, 2023.

MOREIRA, V. A. R. *Estudo de biorreatores e protocolos de produção de bioinssumos on farm para pequenos produtores*. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Biossistemas). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Avaré-SP, 2023.

PALUCCI, J. A.; MOREIRA, G. C.. Viabilidade econômica de uma Biofábrica para controle da Cigarrinha das Raízes em Usina de Açúcar e Álcool. *Revista iPecege*, v. 1, n. 3/4, p. 58-74, 2015.

QUINTAM, C. P. R.; ASSUNÇÃO, G. M.. Perspectivas e desafios do agronegócio brasileiro frente ao mercado internacional. *Revista Científica Multidisciplinar*, v. 4, n. 7, p. e473641-e473641, 2023.

RIEKSTIN, A. C. ISO 14001 e a sustentabilidade: A eficácia do instrumento no alcance do desenvolvimento sustentável. In: MARCOVITCH, J. (org.). *Certificação e sustentabilidade ambiental: uma análise crítica*. São Paulo, 2012. 148 p.

ROESCH, S. M. A.. *Projetos de Estágio e de Pesquisa em Administração*. 3ª edição. Grupo GEN, 2013.

SANTOS, A.; DINNAS, S.; FEITOZA, A.. Qualidade microbiológica de bioproductos comerciais multiplicados *on farm* no vale do São Francisco: dados preliminares. *Enciclopédia biosfera*. v.17, n. 34. p.1-7, 2020.

SANTOS, P. D. S.. Selection of surfactant compounds to enhance the dispersion of *Beauveria bassiana*. *Biocontrol Science and Technology*. v 22, n. 3, p. 281-292. 2012.

SILVA, K. P. et al. Análise da viabilidade econômica da automação de processo: estudo de caso em uma cooperativa agroindustrial avícola. *Custos e @gronegócio Online*, v. 15, Ed. Especial. Abr. p. 537-555, 2019.

SOARES, I. A.; MENEZES FILHO, A. C. P.; VENTURA, M. V. A.. Biofábricas no cenário atual agrícola brasileiro: revisão. *Brazilian Journal of Science*, v. 2, n. 1, p. 16-33, 2023.

SONI, R. et al. Organic Farming: A Sustainable Agricultural Practice. *Vantage: Journal of Thematic Analysis*, v. 3, n. 1, p. 21-44, 2022.

SOUZA, A. et al. Business Plan Analysis Using Multi-Index Methodology: Expectations of Return and Perceived Risks. *Sage Open*, v. 10, p. 1-15, 2020.

SOUZA, C. S. F et al. Efficiency of biological control for fall armyworm resistant to the protein Cry1F. *Brazilian Journal of Biology*. v.81, p. 154-163. 2021.

TAVARES, W. S. Custos de uma Biofábrica de *Trichogramma pretiosum* Riley para o Controle da Lagarta-do-Cartucho no Milho. *EntomoBrasilis*, v. 3, n. 2, p. 49-54, 2010.

VAN LENTEREN, J.C., et al. biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *Biocontrol*. v. 63, p. 39-59, 2018.

VIDAL, M. C. et al. Bioinsumos: a construção de um Programa Nacional pela Sustentabilidade do Agro Brasileiro. *Economic Analysis of Law Review*, v. 12, n. 3, p. 557-574, 2021.

VILLAS BÔAS G. L., FRANÇA F. H.. Utilização do parasitóide *Trichogramma pretiosum* no controle da traça-do-tomateiro em cultivo protegido de tomate. *Horticultura Brasileira*. v.14, p. 223-225, 1996.

YIN, R.T. K. *Pesquisa Qualitativa do Início ao Fim*. Editora Grupo A, 2016.