

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E
INOVAÇÃO
CENTRO DE EXCELÊNCIA EM BIOINSUMOS
COORDENAÇÃO DE CAPACITAÇÃO EM BIOINSUMOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *lato sensu* EM BIOINSUMOS
IF GOIANO CAMPUS URUTAÍ**

IGOR SOUZA PEREIRA

**COMPARATIVO ENTRE MODELOS DE REATORES
NA PRODUÇÃO DE BIOINSUMOS “*ON FARM*”**

URUTAÍ – GO

2026

IGOR SOUZA PEREIRA

**COMPARATIVO ENTRE MODELOS DE REATORES
NA PRODUÇÃO DE BIOINSUMOS “*ON FARM*”**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado como
requisito parcial para a obtenção do título de
Especialista em Bioinsumos no Instituto Federal
Goiano – Campus Urutaí.

Orientador: Prof. Me. Adriano Martins Barbosa

URUTAÍ – GO

2026

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

P436c PEREIRA, IGOR SOUZA
COMPARATIVO ENTRE MODELOS DE
REATORES NA PRODUÇÃO DE BIOINSUMOS “ON
FARM” / IGOR SOUZA PEREIRA. URUTAÍ 2026.

22f. il.

Orientador: Prof. Me. ADRIANO MARTINS BARBOSA.
Monografia (Especialista) - Instituto Federal Goiano, curso de
0130426 - Especialização em Bioinsumos - Urutaí (Campus
Urutaí).

1. Agricultura. 2. Sustentabilidade. 3. Microrganismos
benéficos.
4. Multiplicação microbiana. 5. Microbiologia. 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) | ☐ Artigo científico |
| ☐ Dissertação (mestrado) | ☐ Capítulo de livro |
| ☒ Monografia (especialização) | ☐ Livro |
| ☐ TCC (graduação) | ☐ Trabalho apresentado em evento |

☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Igor Souza Pereira

Matrícula:

2024101304260005

Título do trabalho:

Comparativo entre modelos de reatores na produção de bioinsumos "on farm"

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 30 / 30 / 2026

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 incluídos 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.

Assinado digitalmente por
IGOR SOUZA PEREIRA
em 16/03/2026 14:30:25



Uberlândia

Local

11 / 03 / 2026

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



Documento assinado digitalmente

ADRIANO MARTINS BARBOSA

Data: 19/03/2026 07:49:28-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Regulamento de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) 3 CEBIO/IF
Goiano

ANEXO V - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 11 dias do mês de março de dois mil e vinte e seis, às 9 horas, reuniu-se a Banca Examinadora composta por: Prof. Adriano Martins Barbosa (orientador), Prof. Livio da Silva Amaral (Dr) e Profa. Maria Iza de Arruda Sarmiento (Dra), para examinar o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado COMPARATIVO ENTRE MODELOS DE REATORES NA PRODUÇÃO DE BIOINSUMOS “ONFARM” de IGOR SOUZA PEREIRA, estudante do curso de Especialização *latto sensu* em Bioinsumos do IF Goiano - Campus Urutaí, sob Matrícula nº 2024101304260005 . A palavra foi concedida ao 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 do 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.

Campus Urutaí, 11 de março de 2026.

Documento assinado digitalmente
 **ADRIANO MARTINS BARBOSA**
Data: 11/03/2026 11:38:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(Assinado eletronicamente)
Dr. Adriano Martins Barbosa
Orientador(a)

Documento assinado digitalmente
 **LIVIO DA SILVA AMARAL**
Data: 11/03/2026 10:55:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(Assinado eletronicamente)
Dr. Lívio da Silva Amaral

Membro da Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 **MARIA IZA DE ARRUDA SARMENTO**
Data: 11/03/2026 11:09:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(Assinado eletronicamente)
Dra. Maria Iza de Arruda Sarmiento
Membro da Banca Examinadora

IGOR SOUZA PEREIRA

COMPARATIVO ENTRE MODELOS DE REATORES NA PRODUÇÃO DE
BIOINSUMOS “ON FARM”

Monografia apresentada à Banca Examinadora do Curso de Especialização em
Bioinsumos do Campus Urutaí da IF Goiano como exigência parcial para a obtenção do
título de Especialista.

Urutaí, 11 de março de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **ADRIANO MARTINS BARBOSA**
Data: 11/03/2026 19:10:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

.....
Prof. Me. Adriano Martins Barbosa - IF Goiano – Campus Urutaí

Documento assinado digitalmente
 **LIVIO DA SILVA AMARAL**
Data: 11/03/2026 18:43:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

.....
Prof. Dr. Lívio da Silva Amaral – IFTM – Campus Ituiutaba

Documento assinado digitalmente
 **MARIA IZA DE ARRUDA SARMENTO**
Data: 11/03/2026 13:48:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

.....
Dra. Maria Iza de Arruda Sarmiento – UFRB – Cruz das Almas

Dedico aos meus pais pelo incentivo ao estudo.
Dedico à minha esposa e minha filha pelo companheirismo e paciência.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Me. Adriano Martins Barbosa pela dedicação e suporte durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Instituto Federal Goiano e aos seus servidores pela organização do curso de Especialização em Bioinsumos do Instituto Federal Goiano.

Ao Dr. Milton Luiz da Paz Lima e sua equipe pelo apoio e pela realização de análises laboratoriais.

Ao corpo docente e técnico envolvidos no Programa de Pós-Graduação em Bioinsumos do Instituto Federal Goiano.

À banca examinadora: Prof. Lívio da Silva Amaral e Dra. Maria Iza de A. Sarmiento, pelos questionamentos e melhorias na qualidade desta monografia.

Agradeço à FAPEG e à FUNAPE pelo financiamento da estrutura e materiais da Especialização em Bioinsumos do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí.



*Preocupe-se em forjar um porvir, mas não pretenda
fazê-lo em pouco tempo. Recorde que tampouco
conseguirá nada se não começar pondo mãos
à obra.*

Carlos Bernardo González Pecotche (Raumsol),
Bases para sua conduta (1965).

RESUMO

A agricultura brasileira é altamente tecnificada, possui relevância mundial, porém é acometida por uma série de pragas, doenças e plantas daninhas que restringem e/ou reduzem sua produtividade, além de ser conduzida em solos que são considerados quimicamente pobres, como é o caso da maioria dos solos do cerrado. Para ultrapassar tais limitações, há a adoção de insumos externos à propriedade, produzidos industrialmente, denominados agrotóxicos ou defensivos agrícolas, corretivos e adubos para o manejo desses fatores. Tais insumos químicos vêm sendo gradualmente substituídos ou associados a insumos biológicos, denominados bioinsumos, que são produzidos industrialmente por empresas especializadas ou ainda pelo próprio agricultor, dentro de suas propriedades, cujo processo é comumente denominado de produção *on farm* de bioinsumos. Essa produção *on farm* é realizada especialmente para a multiplicação de bactérias, sobretudo do gênero *Bacillus*, em que se utiliza tanques de fermentação com controle de aeração, de produção de espuma e de temperatura. Essa produção *on farm* possui a vantagem de reduzir o custo de produção e de aumentar a adoção por parte dos agricultores, porém há riscos envolvidos. Pesquisadores têm sugerido que a multiplicação em condições *on farm* são pouco eficientes, com uma baixa multiplicação e elevado risco de contaminação, especialmente por bactérias patogênicas aos seres humanos. Diante disso, objetivou-se com esse trabalho avaliar a multiplicação *on farm* de *Bacillus subtilis* e *B. pumilus* em dois tipos de reatores e condições distintas. Para tanto, foram coletadas amostras dessas fermentações e encaminhadas para a sua quantificação. Foi determinada a presença de contaminantes em ambas multiplicações. Os valores obtidos de *B. subtilis* variaram de $6,22 \times 10^8$ a $9,0 \times 10^9$ UFC/mL e os valores de *B. pumilus* variaram entre 1×10^6 e $1,3 \times 10^{10}$ UFC/mL de acordo com a condição estudada. Foi observado a presença de contaminantes embora não tenham sido realizadas suas identificações. Sugere-se que os valores estão adequados para a aplicação em condições de campo, desde que respeitadas as condições ambientais para o melhor aproveitamento do inóculo. Alerta-se que as contaminações presentes não foram estudadas e que podem representar risco ao manipulador desse material. O controle de qualidade na produção de bioinsumos, especialmente de microrganismos, deve ser feito de forma rigorosa, a fim de evitar a contaminação por agentes patogênicos ou mesmo a não multiplicação das espécies desejadas, resultando em perdas ao agricultor.

Palavras-chave: *Bacillus*. Biofábricas. Controle de qualidade.

ABSTRACT

Brazilian agriculture is highly technified and globally relevant; however, it is affected by a wide range of pests, diseases, and weeds that limit and/or reduce productivity. In addition, agricultural production is often conducted on soils considered chemically poor, as is the case for most soils in the Cerrado biome. To overcome these limitations, external inputs produced industrially—commonly referred to as pesticides or crop protection products, soil amendments, and fertilizers—are widely adopted to manage these constraints. In recent years, these chemical inputs have been gradually replaced or associated with biological inputs, known as bioinputs, which may be industrially produced by specialized companies or produced directly by farmers on their own farms. This latter process is commonly referred to as on-farm production of bioinputs. On-farm production is particularly used for the multiplication of bacteria, especially species of the genus *Bacillus*, using fermentation tanks with control of aeration, foam production, and temperature. On-farm production has the advantage of reducing production costs and increasing adoption by farmers; however, it also involves certain risks. Researchers have suggested that on-farm multiplication conditions may be inefficient, resulting in low microbial multiplication and a high risk of contamination, particularly by bacteria pathogenic to humans. Therefore, the objective of this study was to evaluate the on-farm multiplication of *Bacillus subtilis* and *Bacillus pumilus* using two types of reactors under different conditions. Samples from these fermentations were collected and submitted for microbial quantification. The presence of contaminants was detected in both multiplication processes. The values obtained for *B. subtilis* ranged from 6.22×10^8 to 9.0×10^9 CFU mL⁻¹, while those for *B. pumilus* ranged from 1×10^6 to 1.3×10^{10} CFU mL⁻¹, depending on the condition evaluated. No identification of the contaminants present in these fermentations was performed. The results suggest that the microbial concentrations obtained are suitable for field application, provided that environmental conditions favorable for inoculum performance are respected. However, it should be noted that the detected contaminations were not investigated and may represent a risk to individuals handling this material. Quality control in the production of bioinputs, particularly those based on microorganisms, must be conducted rigorously to prevent contamination by pathogenic agents or failure in the multiplication of the desired species, which could ultimately result

Keyword: *Bacillus*. Biofactures. Quality control.

LISTA DE SIGLAS

AGROFIT - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários

ANPII Bio - Associação Nacional de Promoção e Inovação da Indústria de Biológicos

BPF - Boas Práticas de Fabricação

Bt – *Bacillus thuringiensis*

CEBIO – Centro de Excelência em Bioinsumos

CLB – Croplife Brasil

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFGOIANO - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

PNB – Programa Nacional de Bioinsumos

POPs - Procedimentos Operacionais Padrão

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 Geral:	3
2.2 Específicos:	3
3. CAPÍTULO I	4
1. Introdução	4
1.1 Bioinsumos no Brasil: definição, classificação e usos.	4
1.2. Biofábricas e produção <i>on farm</i> : algumas características	7
2. Material e Métodos.....	12
2.1. Biorreatores utilizados	12
2.2 Microrganismos e fermentações	13
2.1 Metodologia de análise laboratorial	14
3. Resultados e Discussão	14
4. Conclusões	18
5. Referências bibliográficas	18

1. INTRODUÇÃO GERAL

A intensificação da produção agrícola nas últimas décadas tem colocado em evidência a necessidade de modelos mais sustentáveis, capazes de combinar produtividade, segurança alimentar e conservação dos recursos naturais. O avanço tecnológico, impulsionado inicialmente pela Revolução Verde, garantiu expressivo aumento de produção, mas também resultou em impactos ambientais significativos, como contaminação de solos e águas, redução da biodiversidade e dependência crescente de fertilizantes e agrotóxicos (John; Babu, 2021). Diante desse cenário, cresce a busca por alternativas que mantenham a eficiência produtiva sem comprometer o equilíbrio ecológico.

Nesse contexto, os bioinsumos têm assumido papel central nas discussões sobre inovação agrícola. Esses insumos biológicos, baseados em microrganismos, macrorganismos, extratos vegetais, metabólitos e outras substâncias de origem biológica, vêm se consolidando como ferramentas promissoras para o manejo fitossanitário, o aumento da disponibilidade de nutrientes e a promoção do crescimento vegetal (Sambuichi; Policarpo; Alves, 2024). Estudos internacionais indicam que a adoção de soluções biológicas é capaz de reduzir a dependência de agroquímicos convencionais, mitigando a contaminação ambiental e favorecendo processos ecológicos essenciais, como ciclagem de nutrientes, saúde do solo e resiliência dos agroecossistemas (ONU, 2022; Mira; Mira, 2025).

No Brasil, o mercado de bioinsumos experimentou expansão rápida, acompanhando tendências globais e fortalecendo a transição para sistemas produtivos mais sustentáveis. A criação do Programa Nacional de Bioinsumos (PNB) em 2020 marcou um divisor de águas ao estabelecer diretrizes de incentivo, pesquisa e desenvolvimento no setor (Brasil, 2020). Mais recentemente, o novo marco legal dos bioinsumos, instituído pela Lei n.º 15.070/2024, regulamentou a produção, comercialização e uso desses insumos em diversas atividades produtivas, incluindo agricultura, pecuária e aquicultura (Brasil, 2024). Um dos avanços mais relevantes foi a autorização formal da produção *on farm*, permitindo que agricultores multipliquem seus próprios microrganismos para uso exclusivo na propriedade, mediante adoção de Boas Práticas de Fabricação (Embrapa, 2021).

A produção *on farm* ganhou destaque pela redução de custos, autonomia produtiva

e rapidez na disponibilização de bioinsumos adaptados à realidade agrícola local.

Entretanto, apesar das vantagens, essa prática apresenta desafios importantes. Pesquisas nacionais têm demonstrado que sistemas de fermentação improvisados frequentemente resultam em produtos contaminados, microbiologicamente instáveis e com baixa eficiência agrônômica. Em avaliações conduzidas no Vale do São Francisco, por exemplo, todas as amostras de produtos multiplicados *on farm* apresentaram algum nível de contaminação, incluindo coliformes totais, termotolerantes e presença provável de *Salmonella* spp., além da ausência do microrganismo alvo em parte das amostras analisadas (Santos; Dinnas; Feitoza, 2020)

Tais achados reforçam que a ausência de controle de qualidade adequado pode comprometer não apenas a eficácia do bioinsumo, mas também representar riscos aos manipuladores e aos sistemas de produção.

Por outro lado, estudos recentes evidenciam que a produção *on farm* pode alcançar bons resultados quando são adotados protocolos técnicos adequados, condições de fermentação controladas e procedimentos rigorosos de assepsia (DELGADO, 2023). A literatura aponta que questões como qualidade da água, tipo de reator, composição do meio de cultura, taxa de oxigenação e tempo de fermentação são variáveis críticas para a obtenção de produtos estáveis e com altos valores de Unidade Formadora de Colônias (UFC) — parâmetro essencial para aplicação em condições de campo. Assim, embora o processo seja promissor, sua implementação exige conhecimento técnico e monitoramento constante dos parâmetros microbiológicos (Valicente et al, 2018).

A expansão do uso de bioinsumos no Brasil também acompanha o movimento de modernização agrícola. A crescente demanda global por alimentos, somada à necessidade de reduzir os impactos ambientais e atender critérios de sustentabilidade, reforça a importância de promover práticas que conciliem produtividade e conservação ambiental (Corrêa et al, 2025). Nesse sentido, bioinsumos funcionam como elementos estratégicos, tanto para a intensificação sustentável quanto para a transição ecológica dos sistemas agrícolas, contribuindo para a melhoria da fertilidade do solo, redução de insumos químicos e aumento da biodiversidade funcional.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral:

Comparar a qualidade microbiológica de bioinsumos produzidos em biofábricas *on farm* do tipo caixa-d'água, com modelos industriais.

2.2 Específicos:

Quantificar a população bacteriana e presença de contaminantes em bioinsumos produzidos *on farm* em reator de caixa-d'água implementado pelos agricultores.

Quantificar a população bacteriana e presença de contaminantes em bioinsumos produzidos *on farm* em reator de aço inox 304 estruturado por empresa especializada.

3. CAPÍTULO I

COMPARATIVO ENTRE MODELOS DE REATORES NA PRODUÇÃO DE BIOINSUMOS “*ON FARM*”

1. Introdução

1.1 Bioinsumos no Brasil: definição, classificação e usos.

O tema dos bioinsumos é destaque entre as tendências para o futuro da agricultura brasileira relacionadas à oportunidade de nova transformação agrícola baseada em pesquisa, desenvolvimento e inovação. Assim, os bioinsumos constituem hoje uma nova promessa tecnológica, principalmente pela possibilidade de proporcionar incrementos produtivos e, ao mesmo tempo, trazer maior sustentabilidade às atividades produtivas, oferecendo soluções inovadoras alternativas ao uso expressivo de agroquímicos e agrotóxicos, que são custosos do ponto de vista econômico, ambiental e de saúde (Oliveira et al, 2023).

De acordo com a Lei 15.070 de 23 de dezembro de 2024 (Brasil, 2025) define-se Bioinsumos como sendo:

“um produto, processo ou tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana, incluído o oriundo de processo biotecnológico, ou estruturalmente similar e funcionalmente idêntico ao de origem natural, destinado ao uso na produção, na proteção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agropecuários e no mecanismo de resposta de animais, de plantas, de microrganismos, do solo e de substâncias derivadas e que interaja com os produtos e os processos físico-químicos e biológicos.”

Nessa mesma lei, também é estabelecida uma distinção entre biofábrica e unidade de produção de bioinsumos para uso próprio. A unidade de produção de bioinsumos para

uso próprio é definido como o local destinado à produção de bioinsumos de finalidade não comercial destinados ao uso exclusivo e próprio de produtores rurais, urbanos e periurbanos, pessoas físicas ou jurídicas, que dispõe, quando necessário, de equipamentos ou de estruturas que permitam o controle de qualidade (Brasil, 2024). Já as biofábricas, são os estabelecimentos para produção de bioinsumo ou de inóculo de bioinsumo com fins comerciais (Brasil, 2024). Essa distinção evidencia que a produção de bioinsumos é uma atividade que pode ser realizada tanto em escala comercial quanto pelo próprio agricultor para uso em sua propriedade.

Originalmente, os bioinsumos eram utilizados na agricultura orgânica ou de base agroecológica, por serem fundamentais para o manejo desses sistemas (Friedrich; Feiden; Fulber, 2022), no entanto, atualmente os bioinsumos vêm sendo cada vez mais utilizados na agricultura convencional, como alternativa ou complemento de fertilizantes e de produtos fitossanitários. Como vantagens do uso de bioinsumos destaca-se uma possível redução no custo de produção do agricultor, mitigação dos impactos ambientais resultantes da expansão do agronegócio, possível ampliação na produção orgânica, impulsionamento à bioeconomia e um incentivo à transição agroecológica para modelos de produção mais sustentáveis (Policarpo et al, 2025).

De acordo com a regulamentação federal estabelecida pela Lei 15.070/2024, os bioinsumos também podem ser classificados conforme sua função ou composição (Brasil, 2024), sendo estes, distintos em:

1. Bioestimulantes: produtos contendo substâncias naturais que podem ser aplicados a plantas, sementes ou solo; visam incrementar a produção, melhorar a qualidade das sementes, estimular o crescimento radicular e equilibrar a fisiologia vegetal.
2. Biofertilizantes: produtos compostos por componentes ativos ou substâncias orgânicas obtidas de microrganismos, ou de origem vegetal e animal, capazes de atuar direta ou indiretamente nas plantas, aumentando a produtividade ou melhorando a qualidade.
3. Inoculantes: produtos ou tecnologias que contêm microrganismos benéficos capazes de favorecer o desenvolvimento das plantas.
4. Agentes biológicos de controle (ou biodefensivos): organismos (bactérias, fungos, vírus, insetos, etc.) ou seus derivados usados para controlar pragas e doenças; incluem semioquímicos (feromônios e aleloquímicos) e outros bioquímicos mencionados na lei.
5. Condicionadores de solo: produtos, processos ou tecnologias destinados a

melhorar as propriedades físicas, físico-químicas ou a atividade biológica do solo; por exemplo, compostos fermentados que revitalizam a biota do solo.

6. Condicionadores biológicos de ambientes: substâncias simples ou compostas obtidas por fermentação que aumentam a diversidade e a atividade microbiológica de ambientes produtivos, melhorando a sanidade e reduzindo a presença de microrganismos indesejáveis.

7. Outras categorias citadas na lei: semioquímicos, bioquímicos, fitoquímicos, metabólitos e macromoléculas orgânicas são classes de produtos de base biológica (como feromônios ou moléculas naturais) utilizados para regular crescimento ou desempenho, alterar a composição da flora ou fauna, ou funcionar como ingredientes ativos nas culturas leguminosas, por exemplo, eles são usados para fixação biológica de nitrogênio.

Na agricultura convencional no Brasil, os bioinsumos já são utilizados em larga escala há décadas em diversas culturas, como é o caso de inoculantes para fixação de nitrogênio à base de *Bradyrhizobium japonicum* na cultura da soja (Prando et al., 2024) e o *Trichoderma spp.* para o manejo do mofo-branco em leguminosas (Bettiol, 2011).

Na atualidade, além de *Bradyrhizobium*, o agricultor dispõe de outros inoculantes biológicos como *Azospirillum spp.* e *Pseudomonas spp.* que podem contribuir para a promoção do crescimento vegetal e para o aumento da eficiência nutricional das plantas. A utilização desses inoculantes, espera-se influenciar a dinâmica da fixação biológica de nitrogênio ao longo do ciclo da cultura, sendo esperado que o N total fixado (kg. ha^{-1}) siga uma evolução sazonal, aumentando com o desenvolvimento da planta até o final da estação, quando atinge uma média de 130 kg ha^{-1} de N (Ciampitti et al, 2021).

No caso específico de *Azospirillum brasilense*, bactéria associada à fixação de nitrogênio em gramíneas, sua utilização tem sido ampliada na cultura da soja por meio da coinoculação, técnica que consiste na aplicação conjunta das duas bactérias – *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* (Araujo, 2023). Ela atua no desenvolvimento radicular da planta, reduzindo perdas em situações de estresse hídrico. Em termos de culturas tratadas com inoculantes biológicos atualmente, a soja lidera a utilização, com 75% do consumo, seguida pelo milho, com 16% e cana com 4% de acordo com dados publicados pela ANPII Bio (Associação Nacional de Promoção e Inovação da Indústria de Biológicos, 2024).

Outro exemplo relevante para a agricultura brasileira ocorre em cana-de-açúcar, onde o manejo da broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*) é feita pela soltura massal da vespa parasitóide *Cotesia flaviceps*, sendo considerado um dos maiores

programas de controle biológico do mundo (Bettiol, 2011).

Além da *Cotesia flaviceps*, diversos agentes de controle biológico de ácaros e insetos são utilizados, tais como: *Steinernema carpocapsae*, *Heterorhabditis bacteriophora*, *Amblyseius tamatavensis*, *Trichospilus diatraeae*, *Trichogramma galloi*, *Phytoseiulus macropilis*, *Orius insidiosus*, etc (Fontes; Valadares-Inglis, 2020).

Ainda tratando-se sobre opções de bio defensivos, destacam-se os fungos micoparasitas do gênero *Trichoderma*, que são utilizados no manejo de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) e de outras doenças de solo. Outros fungicidas e bactericidas microbiológicos, registrados para o manejo de diversas doenças, também estão disponíveis aos agricultores brasileiros em que se destacam cepas de *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus velezensis*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus licheniformis*, *Pseudomonas fluorescens*, etc (Bettiol, 2011; Aguilera et al, 2020; Alfiky; Weisskof, 2021; Koskey et al, 2021).

Especificamente sobre as bactérias do gênero *Bacillus*, esses são o grupo de microrganismos comercialmente mais explorados na biotecnologia agrícola, oferecendo múltiplas características benéficas às plantas, com destaque para a espécie *Bacillus thuringiensis* amplamente utilizada como agente de controle de pragas (Saxena et al, 2020). Outras espécies como *Bacillus aryabathai*, *B. megaterium* e *B. amyloliquefaciens* são utilizadas para redução dos efeitos do déficit hídrico, aumento da disponibilização de fósforo e do potássio e estimulando o crescimento das plantas (Koskey et al, 2021). Algumas bactérias estão sendo comercializados como biocontroladoras como *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus firmus*, *Bacillus velezensis* e suas diversas cepas (Bettiol, 2011; Koskey et al, 2021; Almasoudi et al, 2024).

De forma semelhante, entre os fungos, há diversos produtos biológicos registrados que possuem como ingrediente ativo espécies como *Pochonia chlamydosporia* e *Purpureocillium lilacinum*, utilizadas no controle de fitonematoides; além de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Hirsutella thompsonii*, entre outras, no controle biológico de pragas (AGROFIT, 2025). Dessa forma, tanto bactérias quanto fungos vêm sendo amplamente explorados como bioinsumos no manejo de pragas e doenças e na promoção do desenvolvimento vegetal, constituindo uma alternativa sustentável às estratégias convencionais de manejo agrícola.

1.2. Biofábricas e produção *on farm*: algumas características

Quanto à produção desses bioinsumos, há três tipos principais de unidades produtoras: o modelo comercial/industrial, as *startups* e as unidades de produção de bioinsumos para uso próprio (*on farm*). Cada uma delas tem características distintas, refletindo diferentes abordagens e estratégias para produção, pesquisa, desenvolvimento, inovação e uso de bioinsumos (Policarpo et al, 2025).

A multiplicação em unidades comerciais ou industriais é realizada por empresas de médio a grande porte que produzem bioinsumos em larga escala. Essas unidades adotam um modelo de produção intensivo, com alta capacidade produtiva e ampla rede de distribuição. Sua infraestrutura normalmente conta com laboratórios de pesquisa, instalações de fermentação e processamento avançado. Em geral, utilizam tecnologias de ponta em biotecnologia e microbiologia para desenvolver e aprimorar seus produtos (Policarpo et al, 2025). Nos últimos anos, houve um aumento expressivo no número de empresas produtoras de bioinsumos no Brasil. De acordo com consulta ao Agrofít, foram identificadas 160 empresas com produtos biológicos registrados para o controle de pragas e doenças, totalizando 767 produtos registrados (Agrofít, 2025).

Empresas nacionais e multinacionais têm investido fortemente na estruturação do setor de bioinsumos (Tabela 1). Esse movimento é impulsionado pela crescente demanda do agronegócio brasileiro por soluções biológicas. No intervalo de 2 anos, entre 2022 e 2024, observou-se crescimento significativo na área potencial tratada (+25%) e no faturamento (+30%). Em 2024, o mercado de bioinsumos faturou R\$ 4,5 bilhões, sendo R\$ 1,4 bilhão provenientes dos bioinseticidas, R\$ 1,3 bilhão dos bionematicidas, R\$ 1,0 bilhão dos biofungicidas e R\$ 0,8 bilhão dos bioinoculantes (CropLife Brasil, 2023).

Tabela 1. Principais empresas e respectivo número de registros de bioinsumos registrados no Ministério da Agricultura (MAPA, 2025).

Empresa registrante	Número de Registros*
Koppert do Brasil Holding S.A.	66
Vittia S.A.	65
Ballagro Agro Tecnologia Ltda.	49
Simbiose Biociencias S.A.	48
Total Biotecnologia Industria e Comercio S/A	44
Biota Innovations Industria e Comercio de Bioprodutos Ltda	39
Agrivalle Brasil Indústria e Comércio de Produtos Agrícolas S.A.	34
Mitsui ; Co (Brasil) S.A.	33
Lallemand Solucoes Biologicas Ltda	29
Sumitomo Chemical Brasil Indústria Química S.A.	25
Promip Manejo Integrado de Pragas Ltda.	24
Massen Produtos Biológicos S.A.	23
Genica Inovação Biotecnologica S.A.	22
FMC Química do Brasil Ltda.	21
Vectorcontrol Industria e Comercio de Produtos Agropec.Ltda.	19
Companhia Nitro Química Brasileira	18
Bioma Indústria Comércio e Distribuição Ltda	17
Bionat Soluções Biologicas Ltda	17
Agbitech Controles Biológicos Ltda	16
Andermatt do Brasil Soluções Biológicas Ltda	16

*Número de registros em que se inclui bionematicidas, bioinseticidas, biofungicidas e agentes de controle biológico.

Ainda de acordo com a Associação Nacional de Promoção e Inovação da Indústria de Biológicos (ANPII-BIO),) o setor de inoculantes biológicos apresenta consistência e crescimento continuado ao longo dos anos, apresentando uma média de crescimento acima de 16% ao ano. No ano de 2024, produtos compostos por *Bradyrhizobium* representaram 57% das vendas, sendo os mais relevantes em termos de uso. Enquanto isso, produtos à base de *Azospirillum* e *Pseudomonas* representaram 29% e 4%, respectivamente, das vendas no Brasil (ANPII-BIO, 2024).

Enquanto as empresas apresentam forte crescimento com a implantação de biofábricas e expansão nas vendas, observa-se, por outro lado, a produção *in loco* realizada pelos próprios agricultores, conhecida como produção *on farm* (Cunha et al 2025; Faria et al, 2023; Santos et al, 2020; Lanna et al, 2019; Valicente, et al, 2018).

A produção de bioinsumos, inicialmente realizada principalmente por agricultores orgânicos e de base agroecológica, passou por mudanças ao longo do tempo. Atualmente, observa-se a adoção de processos de multiplicação em condições mais controladas, nos

quais o inóculo e o substrato podem ser produzidos pelo próprio agricultor, com apoio de estruturas laboratoriais e técnicas, ou adquiridos de empresas especializadas nesse tipo de serviço. A produção *on farm* (unidade de produção de bioinsumos para uso próprio) é adotada pelos agricultores que buscam a redução de custos por meio da substituição de pesticidas químicos mais caros, pela autonomia no sistema produtivo e pelas vantagens inerentes no uso de bioinsumos. Isso é particularmente relevante para os produtores de grãos, geralmente com ganhos menores por área cultivada em comparação a outras culturas (Faria et al, 2023).

A produção de bioinsumos *on farm* pode ser isenta de registro, desde que siga as instruções de boas práticas de fabricação (BPF) conforme nota técnica emitida pela Embrapa e definidas pelo órgão federal de defesa agropecuária (Cunha, 2025). Neste contexto, essas instruções deverão abranger procedimentos de higienização de ambientes, equipamentos esterilizados, uso de materiais descartáveis quando possível, controle da água e do meio de cultivo, e medidas de biossegurança para evitar contaminação cruzada. Para garantir a aplicação dessas práticas, o produtor deve implantar um manual de Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) e treinar a equipe para garantir que cada etapa de preparação, inoculação, fermentação e armazenamento ocorra em condições assépticas (Cunha, 2025).

Há no setor, empresas que oferecem soluções com variados níveis de tecnificação para a multiplicação de microrganismos, que podem variar desde estruturas mais artesanais até modelos bastante semelhantes aos utilizados na indústria. Em geral, esses sistemas incluem um biorreator feito de polietileno, fibra de vidro ou aço inox, além de um compressor responsável pela oxigenação do meio. Também contam com algum tipo de controle de temperatura, que, nas configurações mais simples, pode ser apenas um ar-condicionado instalado no ambiente. Para o funcionamento adequado, utilizam-se ainda cepas microbianas de referência, meios de cultura específicos e um sistema de esterilização da água, garantindo a qualidade do processo de multiplicação dos microrganismos (Bonilha da Silva, 2023; Santos et al, 2020).

Esse tipo de sistema geralmente utiliza caixas d'água como base do processo. Nelas, o produtor adiciona água, meio de cultura, antiespumante, açúcar cristal e o inóculo microbiano. Este inóculo, na maioria das vezes, é obtido de produtos comerciais devidamente registrados, porém, em alguns casos, são empregados materiais sem registro e que sequer informam no rótulo a identificação do microrganismo utilizado. A multiplicação ocorre por meio da injeção de ar na mistura, realizada através de um sistema

de tubulação que assegura a aeração adequada. Normalmente, após cerca de 48 horas de operação, o microrganismo multiplicado está pronto para aplicação (Santos et al., 2020, Valicente et al., 2018).

No entanto, um dos principais riscos associados a esse processo é a contaminação do sistema, que pode reduzir significativamente a eficiência do microrganismo ou até mesmo inativá-lo por completo. Soma-se a isso o perigo representado pelo potencial de patogenicidade desses contaminantes para seres humanos, animais e para as próprias plantas que receberão a inoculação. Essa situação contrasta totalmente com os produtos biológicos formulados comercialmente, que são submetidos a rigorosos procedimentos de registro, fiscalização e controle de qualidade (Valicente et al, 2018; Lanna et al, 2019, Abrunhosa, 2019).

Ainda segundo Santos *et al.* (2020), em estudo realizado a partir de amostragens de bioinsumos produzidos em sistemas *on farm* no Vale do São Francisco (BA), obteve-se algum nível de contaminação por diferentes espécies de bactérias e leveduras. Nenhuma delas continha *Saccharopolyspora spinosa* ou *Chromobacterium subtsugae*, apesar de terem sido indicadas como tais. A maior parte das amostras mostrou presença de coliformes totais e termotolerantes, além de indícios de *Salmonella* spp. No caso em que se contava com a presença de espécies como *S. spinosa* ou *C. subtsugae*, o produtor teria aplicado microrganismos que não apresentam nenhuma ação desejada ou multiplicando algum microrganismo fitopatogênico.

Avaliando-se a qualidade de inoculantes à base de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*, produzidos em fazendas de várias regiões do Brasil, constatou que 100% das amostras analisadas estavam contaminadas com vários microrganismos, 44% apresentavam isolados pertencentes a gêneros que abrigam potenciais patógenos humanos (ex.: *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Staphylococcus* e *Acinetobacter*), 1/3 dos quais apresentava resistência a agentes antimicrobianos (Bocatti, 2020). Resultados semelhantes foram encontrados em amostras de bioinseticidas oriundas da produção *on farm*, à base de *Bacillus thuringiensis*, em trabalhos conduzidos pela Embrapa Milho e Sorgo em Goiás e Mato Grosso (Lanna et al, 2019).

Em outro trabalho, Santos et al, (2020) detectaram que amostras de inoculantes avaliadas, produzidas com *Bacillus* em sistema *on farm*, destinados ao uso como promotores de crescimento de plantas, estão altamente contaminadas com microrganismos não-alvo, com potencial risco para saúde humana, animal e ao meio ambiente. Os autores afirmam que os atendimentos à legislação, além de ações rígidas de

controle de qualidade e fiscalização, são fundamentais para a segurança e eficácia dos bioinoculantes utilizados no Brasil (Santos et al., 2020).

O mais recomendado é que a estrutura seja organizada em diferentes ambientes, com áreas específicas para preparo, armazenamento de insumos e reagentes, além de um laboratório equipado para análises de controle de qualidade e um espaço destinado à guarda dos produtos finalizados. A manutenção da higiene e da ordem é fundamental, o que exige um local adequado, com paredes e pisos lisos que facilitem a limpeza, evitando cantos de difícil acesso, frestas ou aberturas que possam favorecer o acúmulo de sujeira ou a entrada de insetos e outros animais (Bonilha Da Silva, 2023).

Uma outra perspectiva seria a adoção da automação no processo de multiplicação de bioinsumos na produção *on farm*, a qual se apresenta como uma solução promissora para impulsionar a agricultura sustentável, reduzindo-se riscos de contaminação e mantendo-se a qualidade do bioinsumos produzido (Teixeira; Fonseca, 2017). Além disso, a automação pode reduzir erros humanos e aumentar a escala de produção (Ribeiro et al, 2022) reforçando seu potencial como estratégia para aprimorar a eficiência e a segurança na produção de bioinsumos.

2. Material e Métodos

O trabalho foi conduzido em biorreatores do Centro de Excelência em Bioinsumos (CEBIO) do Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, no município de Urutaí, GO nos meses de agosto e setembro de 2024.

2.1. Biorreatores utilizados

Foram utilizados dois modelos distintos de biorreatores para a multiplicação de duas espécies de *Bacillus*.

O primeiro biorreator consistiu em um reservatório do tipo caixa d'água de PVC, de 1000 lts de capacidade em que foi realizado a produção de 750 litros dos bioinsumos estudados. O sistema possuía uma bomba de recirculação com carcaça em aço inox e motor de 1 CV, tubulações em PVC e injeção de ar por meio de injetores tipo Venturi de 1 pol.

O ar introduzido no sistema passou previamente por um filtro de espuma acoplado a uma luz ultravioleta (UV), objetivando-se sua esterilização. A fermentação foi

monitorada por meio de um painel de controle com função manual e automática, com ajuste da temperatura ao longo do processo.

O segundo biorreator consistiu em tanque de aço inoxidável 304, adquirido da empresa SoluBio. Esse reator possuía reservatório com volume útil de 500 litros, bomba de recirculação com carcaça e tubulação em aço inox. A aeração foi realizada através de compressores odontológicos, garantindo-se o fluxo de ar necessário durante a fermentação. O controle de limpeza, drenagem e multiplicação foi inteiramente automatizado.

2.2 Microrganismos e fermentações

Foi realizado a fermentação de *Bacillus subtilis* e *B. pumilus* em épocas distintas em ambos os fermentadores ao mesmo tempo. Para assegurar a qualidade do processo, todos os procedimentos de assepsia recomendados para cada modelo de reator foram rigorosamente seguidos e o operador utilizou os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) obrigatórios, incluindo máscara, touca, jaleco e luvas, de forma a minimizar o risco de contaminação.

A multiplicação de *Bacillus subtilis* foi realizada empregando-se o meio de cultura, o inóculo e as orientações fornecidas pela empresa AMtec Bioagrícola (Uberlândia, MG).

Para tanto, foram inoculados 2,5 lt do inóculo comercial de *B. subtilis* em meio de cultura preparado na concentração de 5 kg de meio comercial diluído em 250 lts de água pura e acrescido de 100 mL de antiespumante siliconado. A água utilizada nessa fermentação é de fonte natural e não foi realizado esterilização para uso. Essa fermentação ocorreu por 48 horas conforme indicação do fornecedor.

A multiplicação de *B. pumilus* foi realizada empregando-se o meio de cultura, o inóculo e as orientações fornecidas pela empresa SoluBio (Jataí, GO).

Foram fermentados 250 litros em cada tipo de reator, durante 24 horas, conforme orientação técnica da empresa. Foram utilizados 3,75 kg de meio de cultura, 2,5 lt de inóculo e 100 mL de antiespumantes siliconado.

Ao final de 48 horas para *B. subtilis* e 24 horas para *B. pumilus* foi retirada uma amostra de cada biorreator para análise laboratorial.

2.1 Metodologia de análise laboratorial

As amostras coletadas foram acondicionadas em recipientes esterilizados, acondicionados em caixa de isopor com gelo e encaminhadas para dois laboratórios distintos: o Laboratório JEM Análise Agrícola em Aparecida de Goiânia (GO) e o laboratório anexo ao contêiner da Solubio, instalado no CEBIO do IF Goiano – Campus Urutaí.

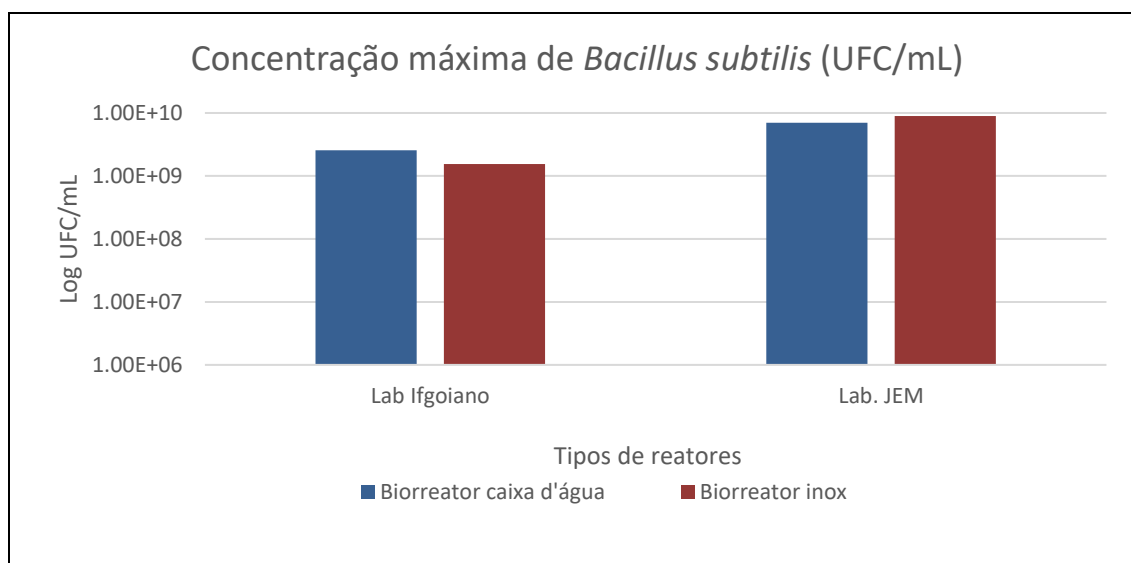
Foi realizada análise quantitativa em UFC.mL⁻¹ e da presença de contaminantes. A metodologia de analítica utilizada seguiu o Manual de produção e controle de qualidade de produtos biológicos à base de bactérias do gênero *Bacillus* para uso na agricultura, publicado por Monnerat et al. (EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia, Documentos 369, 2020, 45 p.). Esse manual estabelece diretrizes e procedimentos para produção e controle de qualidade de bioinsumos bacterianos empregados na agricultura.

Os dados obtidos foram organizados em planilha do *Microsoft Excel* e apresentados na forma de gráficos de colunas.

3. Resultados e Discussão

Conforme laudos emitidos pelo IF Goiano (26/08/2024), para a multiplicação no reator caixa d'água, a contagem de *B. subtilis* foi de $2,55 \times 10^9$ UFC mL⁻¹, (Figura 1) sem a detecção visual de contaminantes. No reator de inox, a concentração máxima de *B. subtilis* foi de $1,55 \times 10^9$ UFC mL⁻¹ sendo observado a presença de contaminantes.

Figura 1. Concentração máxima encontrada de *Bacillus subtilis* em reator de inox e reator de caixa d'água de acordo com dois laboratórios. Urutaí, novembro de 2025.

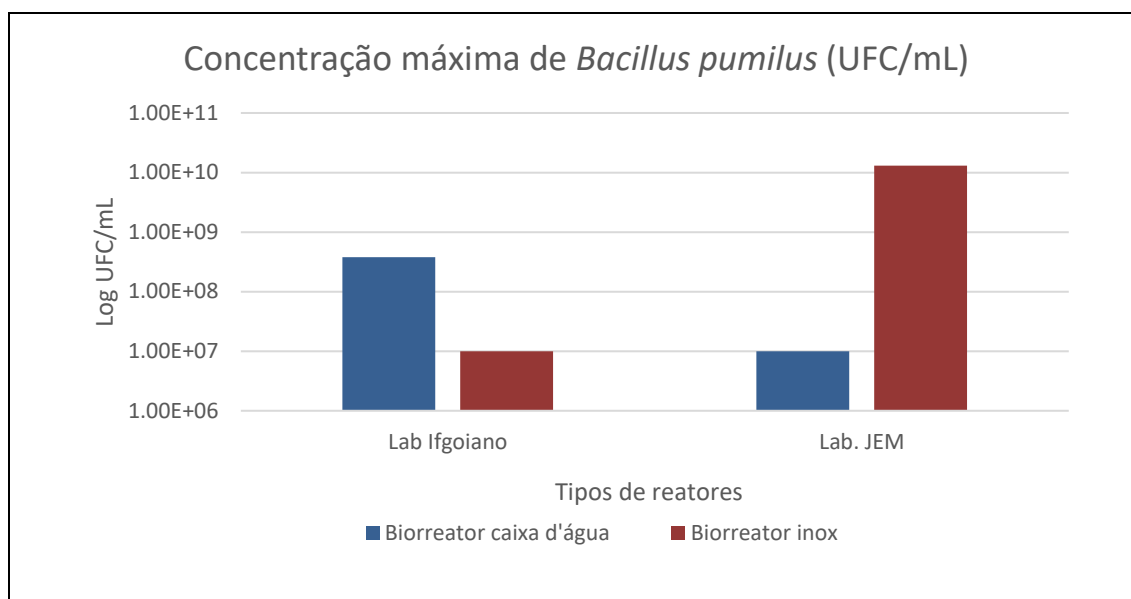


Para a mesma amostragem, com laudos emitidos pelo laboratório JEM para a multiplicação no reator de caixa d'água a contagem foi de $7,0 \times 10^9$ UFC mL⁻¹ de *B. subtilis* e no reator de inox obteve-se uma contagem de $9,0 \times 10^9$ UFC mL, evidenciando que embora ambos os sistemas tenham apresentado elevadas concentrações de *B. subtilis*, a ausência de contaminantes na amostra proveniente do reator caixa d'água sugere maior estabilidade microbiológica nesse sistema de multiplicação nas condições avaliadas.

Ao realizar as análises para a espécie *B. pumilus*, a contagem para o reator de caixa d'água foi de $3,8 \times 10^8$ UFC mL⁻¹ enquanto no reator de inox foram contadas 1×10^7 UFC mL⁻¹. Em ambas as amostras foi observada a presença de contaminantes. Para a mesma amostragem, os resultados obtidos pelo Laboratório JEM apresentaram valores de $1,0 \times 10^7$ UFC mL⁻¹ para o reator de caixa d'água e de $1,3 \times 10^{10}$ UFC mL⁻¹ para o reator de inox.

Ao comparar a concentração máxima de *B. pumilus* (Figura 2) entre os dois modelos de reatores, observa-se que o maior valor de concentração microbiana foi obtido na biorreator de inox pela análise do Laboratório JEM, com $1,3 \times 10^{10}$ UFC mL⁻¹ para *B. pumilus*. Esse resultado indica que, para esse microrganismo e condições de cultivo, o reator em aço inox apresentou desempenho superior.

Figura 2. Concentração máxima encontrada de *Bacillus pumilus* em reator de inox e reator de caixa d'água de acordo com dois laboratórios diferentes. Urutaí, novembro de 2025.



Entretanto, ao comparar os resultados de acordo com a espécie, verifica-se que o *Bacillus subtilis*, nas condições orientadas pela empresa AMtec apresentou as maiores médias de concentração em ambos os reatores, demonstrando boa adaptabilidade aos sistemas de fermentação avaliados.

As diferenças observadas podem estar relacionadas, entre outros fatores, ao tempo de fermentação utilizado. No reator de caixa d'água, recomenda-se um período de 48 horas para a multiplicação de bactérias, enquanto no reator em aço inoxidável, o tempo recomendado é de 24 horas. Essa variação pode ser explicada pelas diferenças na taxa de oxigenação entre os equipamentos, uma vez que o reator de inox possui maior injeção de ar no processo. Além disso, cada empresa desenvolve seu próprio meio de cultura, o que também contribuiu para variações no desempenho das fermentações.

De modo geral, ambos os modelos de reatores mostraram boa capacidade de multiplicação microbiana, apresentando concentrações consideradas satisfatórias para o uso *on farm* uma vez que a multiplicação de bactérias do gênero *Bacillus* foi capaz de alcançar concentrações entre 10^6 e 10^{10} UFC mL⁻¹. Ressalta-se que sistemas de multiplicação *on farm* permitem ao produtor produzir o próprio bioinsumo à valores inferiores aos produtos comerciais (Monnerat et al., 2018; Bonotto et al., 2025).

A elevada capacidade de multiplicação observada especialmente para *B. subtilis* confirma o potencial desse grupo bacteriano na agricultura, uma vez que espécies do

gênero *Bacillus* são amplamente utilizadas como agentes de controle biológico e promotores de crescimento vegetal, devido à produção de metabólitos bioativos e à capacidade de formação de endósporos, característica que favorece sua sobrevivência em condições ambientais adversas (Saxena et al, 2020).

Ao se considerar os dois equipamentos nota-se que os reatores apresentam vantagens e limitações (informações pessoais). O reator de inox, por sua constituição e automação, oferece maior facilidade de limpeza, melhor assepsia e menor risco de falhas operacionais, favorecendo a obtenção de resultados mais consistentes. Já o reator de caixa d'água apresenta menor custo e maior acessibilidade, porém depende mais do manejo do operador e possui menor taxa de oxigenação, podendo influenciar no desempenho da multiplicação (Barbosa, informações pessoais).

A variação observada entre os sistemas de fermentação avaliados sugere que fatores operacionais influenciam diretamente o desempenho do processo de multiplicação microbiana. Diferenças na taxa de oxigenação, no tempo de fermentação e na composição dos meios de cultura podem explicar as discrepâncias entre os resultados obtidos nos diferentes reatores. Esses fatores são considerados determinantes para a eficiência de processos fermentativos envolvendo bactérias aeróbias, sendo frequentemente apontados como variáveis críticas para a obtenção de elevadas concentrações celulares em sistemas de produção de bioinsumos (Valicente et al, 2018).

Outro aspecto relevante observado neste estudo foi a presença de contaminantes em parte das amostras analisadas. Esse resultado está de acordo com estudos que indicam que sistemas de produção de bioinsumos podem apresentar riscos de contaminação microbiológica quando não são adotadas condições rigorosas de assepsia e controle do processo. Avaliações conduzidas em bioinsumos multiplicados em propriedades agrícolas demonstraram elevada incidência de microrganismos não alvo, incluindo bactérias potencialmente patogênicas, o que pode comprometer a eficácia agrônômica do produto e representar riscos ao manipulador (Bonotto et al., 2025; Bocatti, 2020; Santos et al, 2020; Lanna et al, 2019; Valicente et al., 2018).

Nesse sentido, a adoção de boas práticas de fabricação torna-se fundamental para garantir a qualidade microbiológica dos bioinsumos produzidos em unidades de produção para uso próprio. Procedimentos relacionados à higienização dos equipamentos, qualidade da água utilizada, esterilização do sistema e treinamento dos operadores são apontados como fatores essenciais para reduzir riscos de contaminação e assegurar maior estabilidade microbiológica do produto final (Bonotto et al., 2025; Embrapa, 2021;

Cunha, 2025).

4. Conclusões

A produção *on farm* de *B. subtilis* e *B. pumilus* resultou em valores médios entre 1×10^6 e $1,3 \times 10^{10}$ UFC mL⁻¹ de acordo com a espécie e tipo de fermentação.

A produção *on farm* de *B. subtilis* e *B. pumilus* resultaram em contaminações microbianas não qualificadas.

Os dois modelos de sistema de multiplicação têm condições de atender as demandas dos produtores em relação a produção *on farm* de bioinsumos, desde que sejam seguidos protocolos adequados de higienização e utilizados meios de cultura, inóculos e água de qualidade.

5. Referências bibliográficas

ANPII Bio. **Painel Interno Inoculantes ANPII Bio 2024 - Estatísticas**. Disponível em: <https://anpiibio.org.br/estatisticas/>. Acesso em: 22 nov. 2025.

Abrunhosa, L. S. **Avaliação da contaminação de meios de cultura utilizados para produção "on farm" de bioinseticida**. 2019. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia) – Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

Aguilera, J. G.; Santos, J. C. S.; Santos, C. S. O.; Zuffo, A. M.; Vian, R.; Medeiros, I. R. E.; Barbosa, A.; Silva, R. R.; Bernardo, J. T.. Otimização do método de produção massal de *Trichoderma asperellum* (Ascomycota: Hypocreaceae) em arroz. **Acta biológica catarinense**, v. 7, n. 3, p. 46-58, 2020.

Alfiky, A.; Weisskopf, L. Deciphering Trichoderma–plant–pathogen interactions for better development of biocontrol applications. **Journal of Fungi**, v. 7, n. 1, p. 61, 2021.

Almasoudi, N.M., Al-Qurashi, A.D., Elsayed, M.I. *et al.* Native bacterial bioagents for management of potato soft rot disease caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 34, n. 31, 2024. <https://doi.org/10.1186/s41938-024-00794-4>

Araujo, S. Novas estirpes de *Azospirillum brasilense*. **Cultivar Grandes Culturas**. n.295. p.50. 2024. Disponível em:< <https://revistacultivar.com.br/artigos/novas-estirpes-de-azospirillum-brasilense>>. Acesso em 08 out. 2025

Bettiol, Wagner. Biopesticide use and research in Brazil. **Outlooks on pest management**, v. 22, n. 6, p. 280-283, 2011.

Bocatti, Camila Rafaeli. **Qualidade microbiológica de inoculantes de *Bradyrhizobium spp.* e *Azospirillum brasilense* produzidos on farm**. Dissertação (Mestrado em Microbiologia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

Bonilha da Silva, F. *On Farm*: o polêmico sistema de produção de biológicos. **Agrolink**. 2023. Disponível em: < <https://www.agrolink.com.br/artigos/on-farm--o-polemico->

sistema-de-producao-de-biologicos_484241.html > Acesso em 23 nov. 2025

BONOTTO, Daniela Romani; KAVA, Vanessa Merlo; DANIELSKI, Gabriela Maia; ADAMOSKI, Douglas; GALLI, Lygia Vitória; SAVI, Daiani Cristina; HUNGRIA, Mariangela. **“On-farm” production of bioinputs in Brazil: solution for greater agricultural productivity or imminent risk to public health?** *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v. 68, e25241050, 2025. DOI: <<https://doi.org/10.1590/1678-4324-2025241050>> Acesso em 21 março 2025

BRASIL. **Decreto n. 10.375, de 25 de maio de 2020**. Brasília, 25 maio 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20192022/2020/decreto/d10375.htm. Acesso em: 16 jul. 2025.

BRASIL. Lei n. 15.070, de 19 de dezembro de 2024. **Diário Oficial da União**, Brasília, abr. 2025. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/115070.htm. Acesso em: 16 ago. 2025.

Ciampitti I.A., De Borja Reis A.F., Córdova S.C., Castellano M.J., Archontoulis S.V., Correndo A.A., Antunes de Almeida L.F.; Moro Rosso, L.H. Revisiting biological nitrogen fixation dynamics in soybeans. **Front. Plant Sci.** 12:727021. 2021. doi: 10.3389/fpls.2021.727021

Corrêa, G. M.; Pereira, C. S.; Queiroz, A. T. S.; Silva, M. P.; Mello, M. E.; Oliveira, T. M. L.; Araújo, L. C.; Frade, L.F. S.; Santos, J. B.; Silva, C.M.; Silva, A. V. Uso de bioinsumos na agricultura sustentável: tendências, desafios e perspectivas para a redução do uso de agroquímicos. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, vol. 19, n. 5, p. 1 – 22, 2025. Disponível em: < DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n5-003>>. Acesso em 23 de nov. 2025.

Croplife Brasil. **Relatório Cropdata. 1º Boletim / Outubro 2025**. 22 p. Disponível em: <https://croplifebrasil.org>. Acesso em: 22 nov. 2025.

CUNHA, Bruna Reis Paiva. **Boas práticas na fabricação de bioinsumos on farm**. 2025. 44 f. Monografia (Especialização em Bioinsumos) – Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, Morrinhos, 2025.

DELGADO, Nathália Felipe. **Avaliação da produção de biológicos on-farm e seu papel no setor agrícola**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biotecnologia) – Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza, Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, 2023. Disponível em: <https://dspace.unila.edu.br/server/api/core/bitstreams/ec439e60-2a7c-4890-979d-d77fc6ba2dbc/content>. Acesso em: 16 nov. 2023.

EMBRAPA. **Embrapa divulga recomendações técnicas sobre a produção de bioinsumos on farm: nota técnica aponta princípios básicos para que essa prática seja exercida com qualidade e segurança no Brasil**. Embrapa – Portal de Notícias, Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/66275700/embrapa-divulga-recomendacoes-tecnicas-sobre-a-producao-de-bioinsumos-on-farm>. Acesso em: 1 set. 2025.

Faria, M. *ET AL.* On farm production of microbial entomopathogens for use in agriculture: Brazil as a case study. **Neotropical Entomology**, v. 52, p. 122-133, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13744-023-01033-5>.

Fontes, E. M. G.; Valadares-Inglis, M, C. Controle biológico de pragas da agricultura, Brasília, DF: Embrapa, 2020.

FRIEDRICH, Jussara Carla Conti; FEIDEN, Armin; FULBER, Vanice Marli. Agricultura orgânica: uma discussão sobre mercado de orgânicos na perspectiva local e internacional. **Research, Society and Development**. v. 11, n. 12, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i12.34745> Disponível em: <<https://doi.org/10.33448/rsd-v11i12.34745>> Acesso em 12/03/2026

Koskey G, Mburu SW, Awino R, Njeru EM and Maingi JM. Potential use of beneficial microorganisms for soil amelioration, phytopathogen biocontrol, and sustainable crop production in smallholder agroecosystems. **Frontiers in Sustainable Food Systems**. 5:606308. 2021. doi: 10.3389/fsufs.2021.606308

Lana, U. G. de P.; Tavares, A. N. G.; Aguiar, F. M.; Gomes, E. A.; Valicente, F. H. **Avaliação da qualidade de biopesticidas à base de *Bacillus thuringiensis* produzidos em sistema on farm**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 191).

Mira, A. B.; Mira, A. B. A química verde aplicada à agronomia na produção de insumos agrícolas sustentáveis: Uma revisão bibliográfica. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, vol. 2, n. 1, p. 1–26. 2025. <https://doi.org/10.61164/remunom.v2i01.3451>

Monnerat R, Praça LB, Silva EYY, Montalvão S, Martins E, Soares CM, et al. Production and quality control of biological products based on *Bacillus thuringiensis* for use in agriculture. Documents 360 [Internet]. Brasília: Brasil Agricultural Research Corporation, Genetic Resources and Biotechnology; 2018. Available from: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1098050/1/documentos360Final.pdf> Acesso em: 16 03 2026

Oliveira, S. S ET AL. **Bioinsumos na agricultura: inoculantes**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Brasil). INPI, Diretoria de Patentes, Programas de Computador e Topografia de Circuitos Integrados - DIRPA, Coordenação Geral de Estudos, Projetos e Disseminação da Informação Tecnológica - CEPIT e Divisão de Estudos e Projetos - DIESP, 2023. 62 p.

ONU. **Biofertilizantes e outras tecnologias disponíveis para enfrentar a crise de fertilizantes na região da América Latina e Caribe**. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – FAO. América Latina e Caribe, 2022. (Gravação de Webinar, 2h18min22s). Disponível em: <https://youtu.be/xwssAQBvVeQ>. Acesso em: 15 ago. 2025.

PRANDO, André Mateus; BARBOSA, Julierme Zimmer; OLIVEIRA, Arnold Barbosa de; NOGUEIRA Marco Antonio; Possamai, Edivan José; HUNGRIA Mariangela, Benefits of soybean co-inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense*: Large-scale validation with farmers in Brazil, **European Journal of Agronomy**, V. 155, 2024, 127112, <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127112>. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127112>> Acesso em 12 03 2026.

Policarpo, M. A. ET AL. **Desafios e oportunidades para o avanço da produção de bioinsumos no Brasil**. Brasília, DF: Ipea, junho 2025. 68 p.: il. (Texto para Discussão, n. 3133). DOI: <https://dx.doi.org/10.38116/td3133-port>

Ribeiro, L. F. ET AL. Automação na agricultura: impactos na produção de bioinsumos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 78-90, 2022.

Sambuichi, R. H. R.; Policarpo, M. A.; Alves, F. Produção de bioinsumos no Brasil: desafios e potencialidades. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, Brasília, 2024, p. 57-65. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/16003>. Acesso em:

16ago. 2025.

Santos, A. F. de J.; Dinnas, S. S. E.; Feitoza, A. F. A. Qualidade microbiológica de bioprodutos comerciais multiplicados *on farm* no Vale do São Francisco: dados preliminares. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 34, 2020. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/2092>. Acesso em: 20 mar. 2023.

Saxena, A.K.; Kumar, M.; Chakdar, H.; Anuroopa, N.; Bagyaraj, D.J. *Bacillus* species in soil as a natural resource for plant health and nutrition. **J Appl Microbiol.** vol. 128, n.6, p. 1583-1594, .2020

Teixeira, R. A.; Fonseca, M. J. Automação na produção de bioinsumos: eficiência e sustentabilidade. **Revista Brasileira de Agricultura Sustentável**, v. 12, n. 3, p. 45-60, 2017.

Valicente, F. H.; Lana, U. G. de P.; Pereira, A. C. P.; Martins, J. L. A.; Tavares, A. N. G. **Riscos à produção de biopesticida à base de *Bacillus thuringiensis***. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 20 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 239).