

# **Hub da Inovação: Biofertilizantes**

**Observatório  
Nacional da  
Indústria**





# **HUB DA INOVAÇÃO BIOFERTILIZANTES**



## **CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI**

*Antonio Ricardo Alvarez Alban*  
Presidente

### **Diretoria de Desenvolvimento Industrial**

*Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti*  
Diretor

### **Diretoria de Relações Institucionais**

*Roberto de Oliveira Muniz*  
Diretor

### **Diretoria de Tecnologia e Inovação**

*Jefferson de Oliveira Gomes*  
Diretor

### **Diretoria de Comunicação**

*André Nascimento Curvello*  
Diretora

### **Diretoria Jurídica**

*Alexandre Vitorino Silva*  
Diretor

### **Diretoria Corporativa**

*Cid Carvalho Vianna*  
Diretor



# **HUB DA INOVAÇÃO BIOFERTILIZANTES**

© 2025. CNI – Confederação Nacional da Indústria.

Qualquer parte desta obra poderá ser reproduzida, desde que citada a fonte.

CNI  
Observatório Nacional da Indústria

## FICHA CATALOGRÁFICA

---

C748h

Confederação Nacional da Indústria.

Hub da inovação: biofertilizantes / Confederação Nacional da Indústria. –  
Brasília : CNI, 2025.

85 p.: il.

1.Inovação. 2. Biofertilizantes. I. Título.

---

CDU: 347.77

---

CNI  
Confederação Nacional da Indústria  
**Sede**  
Setor Bancário Norte  
Quadra 1 – Bloco C  
Edifício Roberto Simonsen  
70040-903 – Brasília – DF  
<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/>

Serviço de Atendimento ao Cliente - SAC  
Tels.: (61) 3317-9989 / 3317-9992  
[sac@cni.com.br](mailto:sac@cni.com.br)

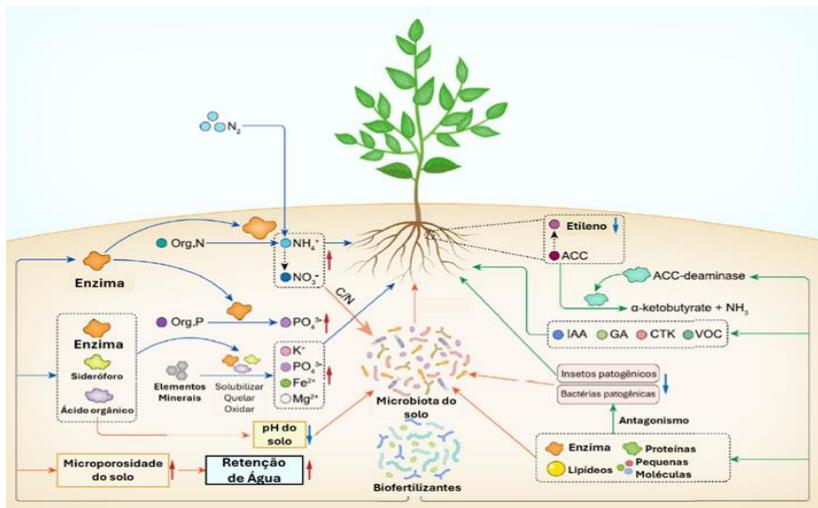
## Biofertilizantes – promovendo o crescimento sustentável das plantas e melhoria da qualidade do solo

O mundo está em um processo de transição que envolve três megatendências fortes, impactando as decisões políticas e econômicas nas próximas décadas. Uma delas é a transição demográfica que altera a dinâmica do crescimento populacional oriundo do avanço da medicina, urbanização e desenvolvimento de novas tecnologias. A outra é a transição climática e energética, evidenciada pelos efeitos ambientais do aquecimento global que direciona os produtores e consumidores a práticas produtivas sustentáveis. Por fim, a transição tecnológica tem se intensificado, contribuindo para a economia e mudanças sociais, sendo não só o foco de países desenvolvidos, mas também de países emergentes.



A busca por sustentabilidade agrícola impulsionou o aumento do uso de biofertilizantes ao redor do mundo, visando contornar os impactos negativos dos fertilizantes químicos no meio ambiente. Esses biofertilizantes são compostos por microrganismos que promovem a fertilidade do solo e a produtividade das plantações e são considerados mais ecológicos por diminuírem a dependência de produtos químicos. Esforços estão sendo feitos para desenvolver e incentivar o uso desses produtos, visando melhorar a nutrição das plantas, a saúde do solo e fomentar uma abordagem mais sustentável na agricultura.

Os biofertilizantes são produzidos em formas sólida, semi-sólida ou líquida, com a presença de microrganismos benéficos. Incluem bactérias, fungos e cianobactérias que promovem o crescimento das plantas e a saúde do solo. Contêm no mínimo 12 nutrientes vitais para as plantas, são baseados em matéria orgânica e não possuem agrotóxicos. Eles são eficientes em incrementar a produtividade das culturas vegetais. Utilizam microrganismos como Rhizobium, Azotobacter, Azospirillum e Bacillus que auxiliam as plantas através da fixação de nitrogênio, solubilização de fósforo e mobilização de potássio. Competem no mercado com fertilizantes sintéticos, compostagem e uso de esterco animal. A eficácia dos biofertilizantes é influenciada pela viabilidade das cepas de microrganismos e sua compatibilidade com métodos de aplicação agrícola tradicionais. Pesquisas são cruciais para aprimorar a interação entre biofertilizantes e práticas de cultivo, bem como para enfrentar desafios na implementação na agricultura.



Os biofertilizantes enfrentam obstáculos na implementação no setor agrícola, principalmente devido à predominância de práticas convencionais que favorecem fertilizantes minerais, os quais podem interferir na ação dos biofertilizantes competindo por nutrientes no solo. A complexidade da biodiversidade microbiana no solo também representa um desafio, já que as interações entre microrganismos introduzidos e os microrganismos nativos podem impactar negativamente a eficácia dos biofertilizantes.

O mercado global de biofertilizantes experimentou um crescimento notável entre 2023 e 2027. Em termos de valor monetário, o mercado cresceu a uma taxa composta anual (CAGR) de 12,76%, e em volume, a uma CAGR de 5,00%.

#### Mercado e Projeção de Crescimento de Biofertilizantes

Os fatores impulsionadores foram:

- Demanda por sustentabilidade: maior busca por práticas agrícolas sustentáveis.
- Aumento da terra orgânica: crescimento da área destinada à agricultura orgânica.
- Regulamentações favoráveis: ambiente regulatório que apoia a utilização de biofertilizantes.
- Conscientização pós-pandemia: maior conscientização sobre saúde e nutrição impulsionada pelas preocupações decorrentes da pandemia de COVID-19.

O tratamento de sementes com biofertilizantes é o segmento de mercado líder, com grande parte do mercado, detendo 70,45% em 2023. Prevê-se que continuará sendo o maior segmento em 2027, com uma participação ligeiramente reduzida para 70,05%. Espera-se que cresça a uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 13,04% durante o período. O segmento foi avaliado em USD 1.788,13 milhões em 2023, e a previsão é que alcance USD 2.919,76 milhões em 2027.

#### Market Share em Receita de Biofertilizantes por Aplicação [Mundo]

A categoria de biofertilizantes de "fixação de nitrogênio" é a que mais se destaca no mercado, com um valor de USD 1,876 bilhões. Espera-se que este segmento cresça até atingir USD 3,09 bilhões em 2027, com uma taxa composta de crescimento anual (CAGR) de 13,29%. O segmento registrou USD 391,93 milhões em 2023 e projeta-se que represente 15,01% do mercado em 2027, com um CAGR de 12,41%.

O crescimento rápido dos "solubilizadores de fosfato" é impulsionado pelo aumento dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento, especialmente em técnicas de manipulação genética de bactérias que solubilizam fosfato. Tais técnicas incluem, por exemplo, a clonagem de genes para solubilizar fosfatos minerais e orgânicos, o que contribui para a fertilidade do solo e melhora a produtividade das colheitas.

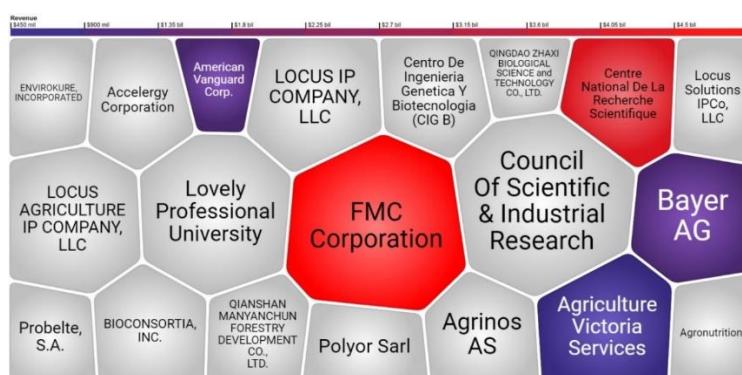
#### Market Share em Receita de Biofertilizantes por Tipo de Produto - 2023 [Mundo]

Principais países depositantes de patentes na área de Biofertilizantes



Verifica-se que os três países que mais depositam patentes nessa área são: China, Japão e Estados Unidos. O Brasil aparece na lista dos 12 primeiros na 10<sup>a</sup> posição com 4420 registros de patentes.

Principais depositantes de patentes na área de Biofertilizantes x Receita



Há um interesse particular nos depositantes de patentes de biofertilizantes e nas receitas geradas por eles. Os principais agentes no mercado de patentes

de biofertilizantes incluem grandes corporações e instituições, como FMC Corporation, Centre National De La Recherche Scientifique, Bayer AG, Agriculture Victoria Services e American Vanguard Corp.

Na categorização por região, o mercado de biofertilizantes está dividido em regiões, com a América do Norte liderando, seguida pela Europa (2º lugar), Ásia-Pacífico (3º lugar), América do Sul e Oriente Médio e África.

#### [Projeção crescimento mercado Biofertilizantes por Região \(Receita - USD Milhões\) \[Mundo\]](#)

A América do Norte tem a maior parcela no mercado de biofertilizantes e uma projeção de crescimento sólida. Em 2023, o mercado na América do Norte foi avaliado em USD 836,19 milhões, e espera-se que cresça para USD 1,36 bilhões até 2027. A taxa de crescimento anual composta (CAGR) esperada para a região norte-americana é de 12,94%.

O Brasil é o quarto maior produtor de grãos do mundo (7,8% da produção global), é o segundo maior exportador (19% das exportações globais) e o mercado de biofertilizantes no Brasil é o maior da América do Sul, representando 65,3% do consumo total em 2022. A expectativa de crescimento do mercado brasileiro é de USD 125,8 milhões em 2023 para USD 239,4 milhões em 2027, representando um CAGR de 17,45%.

#### [Mercado e Projeção de Crescimento Biofertilizantes em Receita \(USD Mi\) \[Brasil\]](#)

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de grãos, responsável por 7,8% da produção global, e o segundo maior exportador, com 19% das exportações mundiais. O mercado de biofertilizantes no Brasil é o maior da região, correspondendo a 65,3% do total consumido na América do Sul em 2022. Espera-se que o mercado de biofertilizantes no Brasil cresça de USD 125,8 milhões em 2023 para USD 239,4 milhões em 2027. A projeção indica um CAGR de 17,45%.

O mercado de biofertilizantes no país conta com uma gama variada de participantes, que incluem instituições de ensino superior (públicas e privadas), centros tecnológicos (alguns em parceria com universidades), startups e fornecedores. O ecossistema nacional para o mercado de biofertilizantes possui diversos atores como universidades públicas e privadas, centros tecnológicos (inclusive em conjunto com as universidades), startups e fornecedores que atuam no abastecimento de bioinsumos, consultorias e/ou serviços laboratoriais e usuários finais, envolvendo produção de grãos, oleaginosas, frutas, e produtos florestais, além de processamento de alimentos. Entre os atores, existem fornecedores dedicados ao abastecimento de bioinsumos. Há empresas que oferecem consultorias e serviços laboratoriais no setor. Os usuários finais do mercado de biofertilizantes englobam diversos setores da agricultura, como a produção de grãos, oleaginosas, frutas e produtos florestais, assim como o setor de processamento de alimentos.

#### [Ecossistema Nacional \[Brasil\]](#)

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de preparação e fermentação .....	16
Figura 2 - Classificação dos fertilizantes de acordo com Decreto Nº 4.954.....	17
Figura 3 - Mecanismo de promoção de crescimento das plantas por biofertilizantes .....	18
Figura 4 - Classificação dos biofertilizantes baseado no tipo de microrganismo e mecanismo de ação .....	19
Figura 5 -Exemplo de Cadeia de Valor de Biofertilizantes. ....	21
Figura 6 - Aplicações de biofertilizantes líquidos .....	23
Figura 7 - Etapas da produção de biofertilizantes.....	24
Figura 8 - Biofertilizante Aeróbico .....	25
Figura 9 - Biofertilizante Anaeróbico.....	25
Figura 10 - Principais fatores que afetam a eficácia dos biofertilizantes na melhoria da nutrição, crescimento e rendimento das culturas .....	26
Figura 11 - Restrições e potenciais soluções no uso de biofertilizantes .....	28
Figura 12 - Comparativo Fertilizantes Químicos e Biofertilizantes .....	29
Figura 13 - Comparativo entre as tecnologias para saúde do solo e agricultura sustentável ....	31
Figura 14 - Ciclo de vida de biofertilizantes .....	32
Figura 15 - Extensão da redução do uso de fertilizantes após várias aplicações de biofertilizantes em várias culturas .....	33
Figura 16 - Evolução global de publicações de artigos sobre o tema biofertilizantes nos últimos 40 anos .....	33
Figura 17 - Evolução global de publicações de artigos sobre o tema biofertilizantes nos últimos 40 anos .....	34
Figura 18 - Fertilizantes entregues ao mercado e participação dos fertilizantes importados no Brasil - 2013 a 2022 .....	34
Figura 19 - Modelo de Comercialização da tecnologia biofertilizantes .....	35
Figura 20- Principais países depositantes de patentes na área de Biofertilizantes.....	36
Figura 21-Tendências Tecnológicas dos Depósitos de Patentes.....	37
Figura 22- Principais depositantes de patentes na área de Biofertilizantes.....	37
Figura 23- Principais depositantes de patentes na área de Biofertilizantes x Receita .....	38
Figura 24- Principais IPCs das Patentes Depositadas .....	39
Figura 25- Principais inventores de patentes de Biofertilizantes.....	39
Figura 26- Themescape Map 1 do Biofertilizantes.....	41
Figura 27- Themescape Map 2 do Biofertilizantes.....	43
Figura 28- Principais países que desenvolvem tecnologias/produtos com o Biofertilizantes. ....	44
Figura 29- Principais Mercados para as invenções a base de Biofertilizantes.....	45
Figura 30 - Segmentação do mercado de biofertilizantes .....	46
Figura 31 - Mercado global de Biofertilizantes .....	48
Figura 32 - Market Share em receita por aplicação .....	49
Figura 33 - Market Share em receita por TIPO DE PRODUTO, em 2023 .....	50
Figura 34 - Mercado e projeção de crescimento do mercado de biofertilizantes por região (2023 e 2027) .....	51
Figura 35 - Mercado e Projeção de crescimento de biofertilizantes no Brasil, em USD Milhões	53
Figura 36 - A técnica PESTEL.....	54
Figura 37 - Estrutura das variáveis de decisão (parcial) de um modelo de receita .....	63
Figura 38 - Composição do ecossistema de biofertilizantes .....	66
Figura 39 - Atores do ecossistema internacional de biofertilizantes .....	67

Figura 40 - Ecossistema Nacional de Biofertilizantes.....	68
Figura 41: Startups brasileiras que atuam com Biofertilizantes. ....	69
Figura 42- Perfil do Engenheiro de Segurança Cibernética.....	74
Figura 43 - Perfil do Microbiologista .....	74
Figura 44 - Perfil do Engenheiro Agrícola.....	74
Figura 45- Perfil do Especialista em Controle de Qualidade e Assuntos Regulatórios .....	74
Figura 46 - Perfil do Biotecnologista .....	75

## SUMÁRIO

1.	CARACTERIZAÇÃO DA TECNOLOGIA.....	15
1.1.	Introdução.....	15
1.2.	Função da tecnologia .....	20
1.3.	Requisitos para funcionamento da tecnologia .....	23
1.4.	Diferenciais da tecnologia .....	29
1.5.	Ciclo de vida de biofertilizantes .....	31
1.6.	Indicadores.....	32
2.	ANÁLISES DE PATENTES.....	36
3.	ESTUDO DE MERCADO .....	46
3.1.	Setores nos quais a tecnologia se insere .....	46
3.2.	Análise de mercado.....	47
3.3.	Análise de Pestel .....	54
3.4.	Detalhamento do setor principal .....	59
3.5.	Modelo para captura do potencial de valor da tecnologia .....	60
3.6.	Legislação/regulamentação .....	64
3.7.	Atores do ecossistema associado à tecnologia.....	66
4.	ANÁLISE DE DEMANDAS POR TREINAMENTOS E QUALIFICAÇÃO.....	73
5.	REFERÊNCIAS .....	78

# TAG CLOUDS



**Palavras-chave:** biofertilizante, meio ambiente, agricultura sustentável, agrotóxico, inoculação, inoculantes, microrganismo, pesticida, nutrientes, solo, biomassa, nitrogênio, fósforo, potássio, bactéria, cepas, planta, sementes, tecnologia, Rhizobium, Azotobacter, Bacillus, adubação, aeróbica, anaeróbica, solubilizadores de fosfato, agricultura orgânica, produção, mercado, treinamento.

## 1. CARACTERIZAÇÃO DA TECNOLOGIA

### 1.1. Introdução

Segundo o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (2023), o mundo atual está em um processo de transição envolvendo três megatendências fortes que impactam as decisões políticas e econômicas nas próximas décadas. Uma delas é a transição demográfica que altera a dinâmica do crescimento populacional oriundo do avanço da medicina, urbanização e desenvolvimento de novas tecnologias. A outra é a transição climática e energética, evidenciada pelos efeitos ambientais do aquecimento global, direcionando os produtores e consumidores a práticas produtivas sustentáveis. Por fim, a transição tecnológica tem se intensificado, contribuindo para a economia e mudanças sociais, sendo não só o foco de países desenvolvidos, mas também de países emergentes.

Neste contexto, o desenvolvimento e a utilização de biofertilizantes têm aumentado globalmente devido ao problema universal da degradação ambiental resultante do uso excessivo de fertilizantes químicos. Os biofertilizantes, definidos como produtos que contêm microrganismos benéficos com potencial para melhorar a fertilidade do solo e a produtividade das culturas, são valiosos para o ambiente, pois reduzem a dependência de fertilizantes químicos. Isto tem registado um aumento nos esforços de formulação e promoção da adoção destes produtos para a nutrição das culturas, melhoria da saúde do solo e agricultura sustentável. Contudo, uma elevada proporção de biofertilizantes no mercado não foi sujeita a escrutínio científico, resultando em produtos de má qualidade com pouco ou nenhum impacto na fertilidade do solo e no rendimento das colheitas (Silva et. al., 2007; Atieno et al., 2020).

Assista ao vídeo:	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=wGux4zPKFDU">https://www.youtube.com/watch?v=wGux4zPKFDU</a>
-------------------	---

Os adubos orgânicos são aqueles formados por matéria de origem animal e vegetal. Já os adubos inorgânicos são obtidos a partir de extração mineral ou refino de petróleo. Normalmente no adubo químico são encontrados apenas 3 nutrientes (alimento para as plantas), que formam o famoso NPK (nitrogênio, fósforo e potássio). Já em um biofertilizante são encontrados pelo menos 12 nutrientes para alimentar as plantas. Estes são produtos oriundos de matéria orgânica, isentos de agrotóxicos e capazes de atuar de forma a elevar a produtividade das plantas. Os biofertilizantes, inclusive, contam com uma denominação legal que consta no Decreto 4954/2004 do Ministério da Agricultura. São classificados como matérias orgânicas submetidas a processos de fermentação para proliferação biológica de microrganismos benéficos para o crescimento dos vegetais (Figura 01).

Segundo Silva et al. (2007), os biofertilizantes líquidos podem ser aplicados sobre a folha (adubo foliar), sobre as sementes, sobre o solo via fertirrigação ou em hidroponia, em dosagens diluídas. A absorção pelas plantas se efetua com muita rapidez, de modo que é muito útil para as culturas de ciclo curto ou no tratamento rápido de deficiências nutricionais das plantas.

*Figura 1 - Processo de preparação e fermentação*



FONTE: Silva at. al. (2007)

Por se tratar de um tema relacionado a microbiologia, é importante definir aqui alguns termos de modo a compreender melhor cada ator envolvido, os quais serão constantemente citados neste documento:

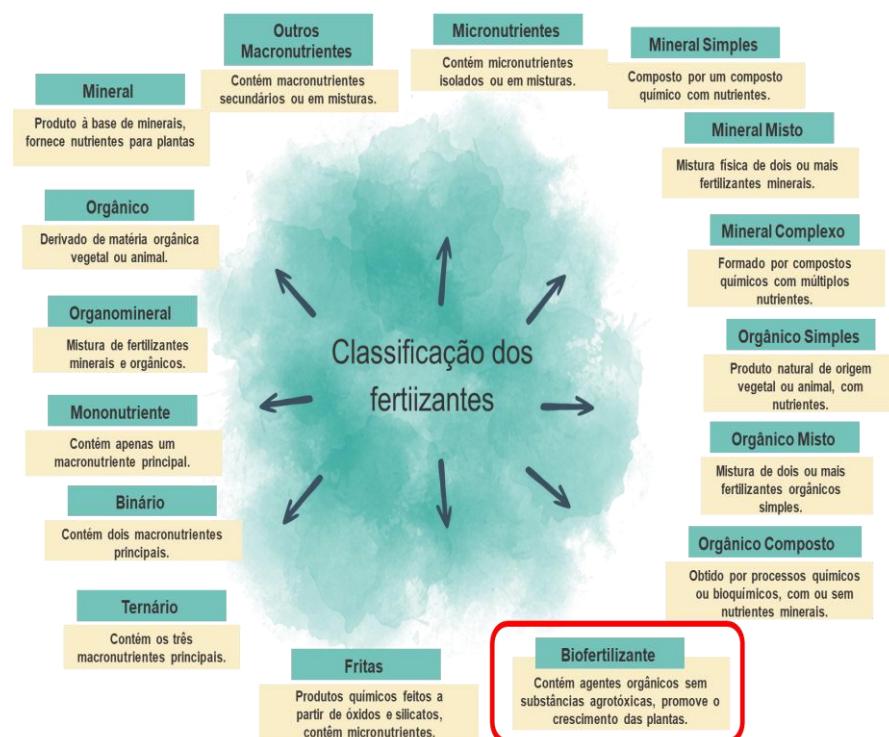
- Inoculantes: preparações com microrganismos vivos que melhoram a absorção de nutrientes e promovem o desenvolvimento das plantas (Embrapa, 2021).
- Rizosfera: região do solo sob influência das raízes, rica em atividade microbiana devido às substâncias liberadas pelas raízes das plantas (Cardoso, Tsae e Neves, 1992).
- Rizobactérias: representa uma ampla variedade de bactérias do solo que, quando cultivadas em associação com uma planta hospedeira, resultam na estimulação do crescimento de seu hospedeiro (Vessey, 2003).
- Bioestimulantes: qualquer substância ou microrganismo aplicado às plantas para melhorar a eficiência nutricional, tolerância ao estresse abiótico e/ou traços de qualidade da cultura (Du Jardin, 2015).
- Biopesticidas: pesticidas derivados de materiais naturais, como plantas e microrganismos, usados para controle ecológico de pragas (Nuruzzaman, 2019).
- Fertirrigação: técnica de aplicar fertilizantes via água de irrigação (Coelho et al., 2010).

- Plântulas: embrião na fase de desenvolvimento, após a germinação da semente (Michaelis, 2024).

O biofertilizante é uma formulação que pode ser sólida, semissólida ou líquida de microrganismos, principalmente bactérias, fungos ou cianobactérias que ao serem aplicados em plantas ou solo ajudam a melhorar o crescimento, desenvolvimento das plantas e a qualidade do solo. Estes microrganismos fazem parte da categoria de inoculantes agrícolas, que são preparações de microrganismos que são introduzidos no solo ou nas sementes para promover benefícios específicos para as plantas (Bharti e Suryavanshi, 2021; Kumar, Dalal e Arora, 2022).

Estes produtos estão na categoria de fertilizantes, os quais são classificados de acordo com a legislação vigente brasileira, conforme **Figura 2.**

*Figura 2 - Classificação dos fertilizantes de acordo com Decreto Nº 4.954*



FONTE: Adaptado de Zonta, Stafanato e Pereira (2021)

Sua divisão pode ser feita em grupos com base em suas funções e mecanismos de ação. Os biofertilizantes mais comumente utilizados são fixadores de nitrogênio (N-fixadores), solubilizadores de potássio (K), solubilizadores de fósforo (P) e rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (PGPR).

Assista ao vídeo:	<a href="#">Earth Alive - Biofertilizante Ativador de Solo</a>
-------------------	--

Além disso, existem diversos tipos de biofertilizantes. Conforme Costa, Barros e Freire (2023), os que mais se destacam são:

- Simples: é o mais básico, composto por mistura de água e esterco fresco, seguido de fermentação aeróbica ou anaeróbica.

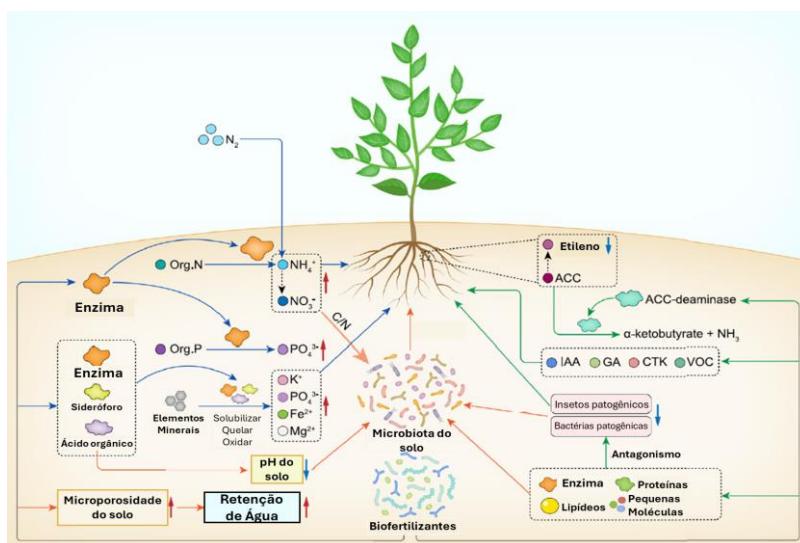
- À base de plantas: contém plantas e subprodutos da produção agrícola (leguminosas, gramíneas, hortaliças e plantas medicinais), sendo ricas em diferentes nutrientes.
- Enriquecidos: estes podem ser enriquecidos com diferentes materiais, como plantas e pó de Rocha, agrobio, agrobom, biogeo, entre outros.

Zhao et al. (2024) explicam os mecanismos pelos quais os biofertilizantes promovem o crescimento das plantas (**Figura 3**). As bactérias presentes nos biofertilizantes são capazes de converter nitrogênio atmosférico ( $N_2$ ) em formas inorgânicas de nitrogênio, como amônio ( $NH_4^+$ ) e nitrato ( $NO_3^-$ ). Além disso, elas podem transformar fósforo orgânico no solo em fósforo inorgânico, essencial para a nutrição das plantas.

Os ácidos orgânicos, sideróforos e enzimas secretados por essas bactérias desempenham liberam nutrientes como  $PO_4^{3-}$ ,  $K^+$ ,  $Fe^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  de elementos minerais através dos processos de solubilização, quelação e oxidação. Os sideróforos são moléculas que ligam e transportam ferro, tornando-o mais disponível para as plantas, enquanto os ácidos orgânicos ajudam a solubilizar nutrientes, facilitando sua absorção. Além disso, os biofertilizantes estimulam a produção de fito hormônios, como ácido indolacético (IAA), giberelinas (GA) e citocininas (CTK), que regulam vários processos de crescimento e desenvolvimento das plantas. A presença de enzimas como ACC deaminase, que decompõem o ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), precursor do etileno, pode reduzir os níveis de etileno nas plantas, promovendo seu crescimento.

Os compostos orgânicos voláteis (VOC) liberados pelas plantas ou microrganismos nos biofertilizantes também desempenham um papel importante na promoção do crescimento vegetal, atuando como sinais de defesa ou interagindo com outros organismos no ambiente. Esses biofertilizantes ajudam a controlar biologicamente os patógenos, competindo com eles ou produzindo antibióticos, criando um ambiente mais saudável para o crescimento das plantas.

*Figura 3 - Mecanismo de promoção de crescimento das plantas por biofertilizantes*



FONTE: Adaptado de Zhao et al. (2024)

A **Figura 4** resume a classificação dos biofertilizantes com base no tipo de microrganismo utilizado e no mecanismo de ação, bem como exemplos apropriados (Daniel et al., 2022).

Figura 4 - Classificação dos biofertilizantes baseado no tipo de microrganismo e mecanismo de ação

Biofertilizantes	Mecanismo	Grupos	Exemplos
Fixadores de Nitrogênio	Aumenta a quantidade de N <sub>2</sub> no solo, fixando o nitrogênio atmosférico e disponibilizando-o às plantas.	Livres, simbóticos e associativos	<i>Aulosira bejerinkia, Nostoc, Klebsiella, Stigonema, Desulfovibrio, Azotobacter, Anabaena, Clostridium, Rhodospirillum e Rhodopseudomonas Rhizobium, Frankia, Anabaena azollae, e Trichodesmium Azospirillum spp., Herbaspirillum spp., Alcaligenes, Enterobacter, Azoarcus spp., e Acetobacter diazotrophicus</i>
Mobilizadores de Fósforo	Transfere o fósforo do solo para o córtex da raiz.	Micorrizas	<i>Arbuscular mycorrhiza, Acaulospora spp., Scutellospora spp., Glomus spp., Gigaspora spp., e Sclerocystis spp.</i>
Solubilizadores de Potássio	Producem ácidos orgânicos que degradam silicatos e ajudam na remoção de metais para solubilizar íons de potássio e torná-los disponibilizando-os às plantas.	Bactérias	<i>B. edaphicus, Arthrobacter spp., Bacillus, Mucilaginosus, B. circulans</i>
Mobilizadores de Potássio	Transferem o potássio de formas inacessíveis no solo.	Fungos	<i>Aspergillus niger</i>
Solubilizadores de Fósforo	Dissolvem fosfatos ligados, secretando ácidos orgânicos e diminuindo o pH do solo, convertendo formas insolúveis de P no solo em formas solúveis.	Bactérias e fungos	<i>Pseudomonas striata, Bacillus circulans, Bacillus subtilis, Penicillium spp., B. polymyxa, Agrobacterium, Microccoccus, Flavobacterium, Aerobacterium. Aspergillus awamori, Penicillium spp., e Trichoderma spp.</i>
Micronutrientes	Oxidam o enxofre para sulfato, que é a forma utilizável para as plantas.	Oxidadores de Enxofre	<i>Thiobacillus spp.</i>
Promotores do Crescimento de Plantas	Utilizam prótons, ligantes quelatados, acidificação e sistemas oxidoredutores para dissolver zinco.	Solubilizador de zinco	<i>Pseudomonas spp., Mycorrhiza, Bacillus spp.</i>
	Produzem hormônios que estimulam o crescimento das raízes, aumentam a disponibilidade de nutrientes e rendimentos das culturas.	Rizobactérias Promotoras do Crescimento de Plantas	<i>Agrobacterium, Pseudomonas fluorescens, Arthrobacter, Erwinia, Bacillus, Rhizobium, Pseudomonas spp., Enterobacter, Streptomyces, Xanthomonas</i>

FONTE: Adaptado de Daniel et al. (2022)

## 1.2. Função da tecnologia

O conceito de valor varia conforme a área de aplicação como filosofia, sociologia, economia etc. No âmbito organizacional, segundo Smith (1976) “valor” pode ser referenciado ao nível de utilidade de um produto ou à proporção relativa com que um determinado produto pode ser trocado por um outro produto.

Como o produto ou serviço é endereçado a clientes, este conceito não se resume apenas a custos. Segundo Butz e Goodstein (1996), valor é o “vínculo emocional” estabelecido entre um cliente e um produtor após o cliente ter usado um produto ou serviço produzido por esse fornecedor e achar que o produto propicia um valor agregado.

### A cadeia de valor

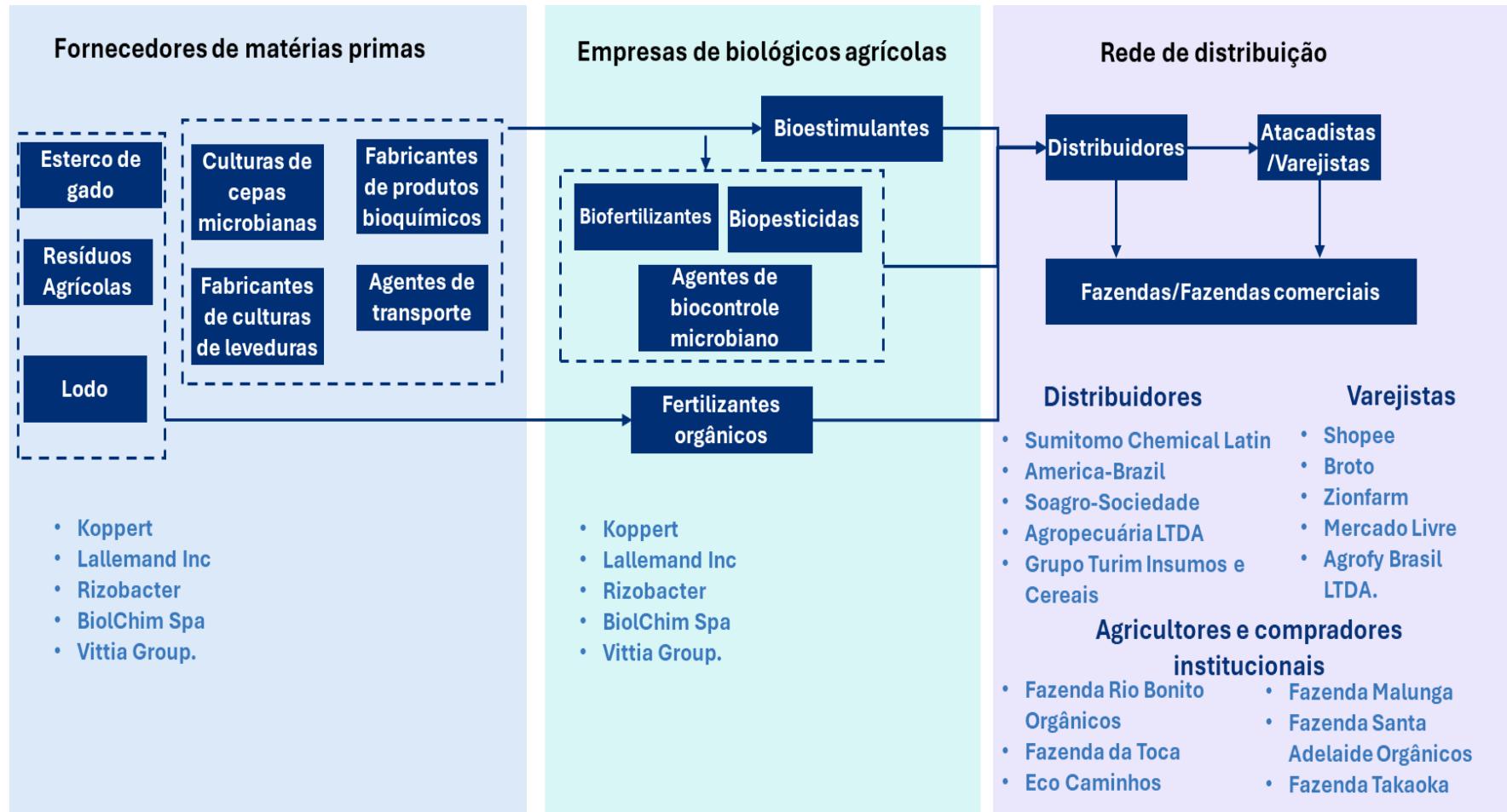
A cadeia de valor dos biofertilizantes envolve fornecedores de matéria prima e empresas de agricultura biológica e a rede de distribuição (**Figura 5**). Os bioquímicos, cepas microbianas e esterco animal são as matérias primas básicas usadas na produção de biológicos agrícolas. Várias empresas, laboratórios e agentes governamentais são fornecedores de matéria prima.

As empresas dependem muito de vários produtos bioquímicos e unidades de cultura para adquirir matérias-primas. Ao mesmo tempo, algumas obtêm de suas subsidiárias e unidades específicas dedicadas à fabricação dessas matérias-primas. Exemplos destes fornecedores são a Koppert, Lallemand e Rizobacter.

Estas empresas estão estabelecendo sua presença através de vários centros de distribuição, como a Sumitomo Chemical e Soagro, e algumas optam por varejistas (Shopee, Mercado Livre, Broto, entre outros) de modo a garantir acessibilidade aos agricultores/fazendeiros para oferecer seus produtos, como a Fazenda Rio Bonito, Fazenda Malunga, Fazenda Takaoka, entre outras. (Mordor Intelligence, 2022a).

Assista ao vídeo:	<a href="#"><u>Evolução em Biofertilizantes para a agricultura sustentável - DominiSolo</u></a>
-------------------	---

Figura 5 -Exemplo de Cadeia de Valor de Biofertilizantes.



FONTE: Adaptado de Mordor Intelligence (2022a)

Ullah *et al.* (2023) explicam que o tipo mais popular de biofertilizante é o bacteriano, que utiliza bactérias capazes de fixar nutrientes essenciais para o crescimento das plantas, como nitrogênio e fósforo, além de produzir compostos que promovem o desenvolvimento vegetal. Exemplos comuns incluem *Azotobacter*, *Azospirillum* e *Rhizobium*.

Enquanto *Azotobacter* e *Azospirillum* são aplicados em culturas não leguminosas, o *Rhizobium* é essencial para leguminosas. *Acetobacter*, por sua vez, é específico para cana-de-açúcar em diversas condições agroclimáticas.

Experimentos de campo demonstraram que o *Azotobacter* - que, segundo a Mordor Intelligence (2022a), é o mais aplicado no Brasil - é eficaz em condições normais, reduzindo a necessidade de fertilizantes nitrogenados entre 12% e 22%.

A inoculação com *Azospirillum* não só melhora o crescimento vegetativo das plantas, como também reduz o uso de fertilizantes nitrogenados em 25% a 30%. As espécies conhecidas de *Azospirillum* incluem *A. lipoferum*, *A. brasiliense*, *A. amazonense* e *A. iraqense*.

Além disso, a produção de cana-de-açúcar pode ser aumentada com o uso de *Acetobacter*, que também produz auxinas e compostos semelhantes a antibióticos.

Mais detalhado em tópicos posteriores, um dos segmentos de mercado de biofertilizantes é por aplicação, sendo por tratamento de sementes ou tratamento de solo.

Segundo BioFit (2024a), projeto financiado pelo programa Erasmus+ da U.E., alguns biofertilizantes líquidos recomendados, o método de aplicação e a quantidade a ser utilizada para diferentes cultivos são ilustrados no próximo quadro (**Figura 6**).

Figura 6 - Aplicações de biofertilizantes líquidos

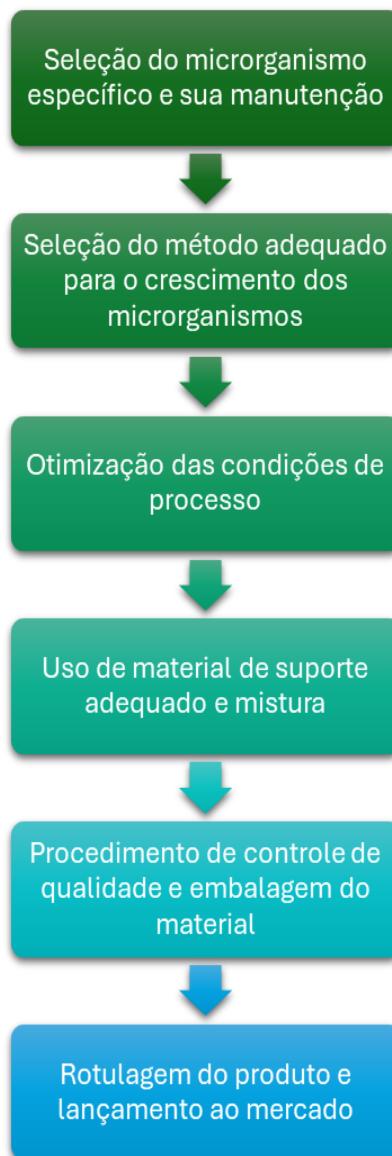
Cultivo	Biofertilizante Recomendado	Método de Aplicação	Quantidade
<b>Leguminosas</b>			
Grão-de-bico, ervilha, amendoim, soja, feijão, lentilha, alfafa, trevo de berseem, feijão-verde, feijão-preto, caupi e feijão-guandu	Rhizobium	Tratamento de sementes	200 ml/acre
<b>Cereais</b>			
Trigo, aveia, cevada	Azotobacter/Azospirillum	Tratamento de sementes	200 ml/acre
Arroz	Azospirillum	Tratamento de sementes	200 ml/acre
<b>Oleaginosas, mostarda, gergelim, linhaça, girassol, mamona</b>			
Milheto, painço, milho miúdo	Azotobacter	Tratamento de sementes	200 ml/acre
Milho e sorgo	Azospirillum	Tratamento de sementes	200 ml/acre
<b>Forrageiras e gramíneas</b>			
Capim-buffel, capim-sudão, capim-elefante, capim-panicum, capim estrela, etc.	Azotobacter	Tratamento de sementes	200 ml/acre
<b>Outros cultivos diversos</b>			
Tabaco	Azotobacter	Tratamento de mudas	500 ml/acre
Chá, café	Azotobacter	Tratamento do solo	400 ml/acre
Borracha, cocos	Azotobacter	Tratamento do solo	2-3 ml/planta
<b>Agroflorestais/plantas frutíferas</b>			
Todas as plantas frutíferas/agroflorestais (ervas, arbustos, anuais e perenes) para lenha, forragem, frutas, goma, especiarias, folhas, flores, nozes e sementes	Azotobacter	Tratamento do solo	2-3 ml/planta no viveiro
Plantas/árvores leguminosas	Rhizobium	Tratamento do solo	1-2 ml/planta

FONTE: Adaptado de BioFit (2024)

### 1.3. Requisitos para funcionamento da tecnologia

De acordo com Roy (2020), para a produção de biofertilizantes, várias etapas devem ser realizadas, como o tipo de microrganismo, o padrão de crescimento do microrganismo, as condições ótimas para o crescimento e a preparação do inóculo. O método de aplicação e o armazenamento do produto também são cruciais para a consistência no mercado. Geralmente, seis etapas principais estão envolvidas na produção de biofertilizantes, conforme **Figura 7**.

Figura 7 - Etapas da produção de biofertilizantes



FONTE: Adaptado de Roy (2020)

O mesmo autor ainda enfatiza que identificar uma cepa específica para fixação de nitrogênio ou solubilização de potássio, fosfato e zinco que seja capaz de sobreviver em várias condições ambientais, solos e culturas é necessário. O uso de métodos modernos de biotecnologia para o desenvolvimento de cepas de melhor qualidade também pode ser utilizado para o desenvolvimento de cepas de melhor qualidade.

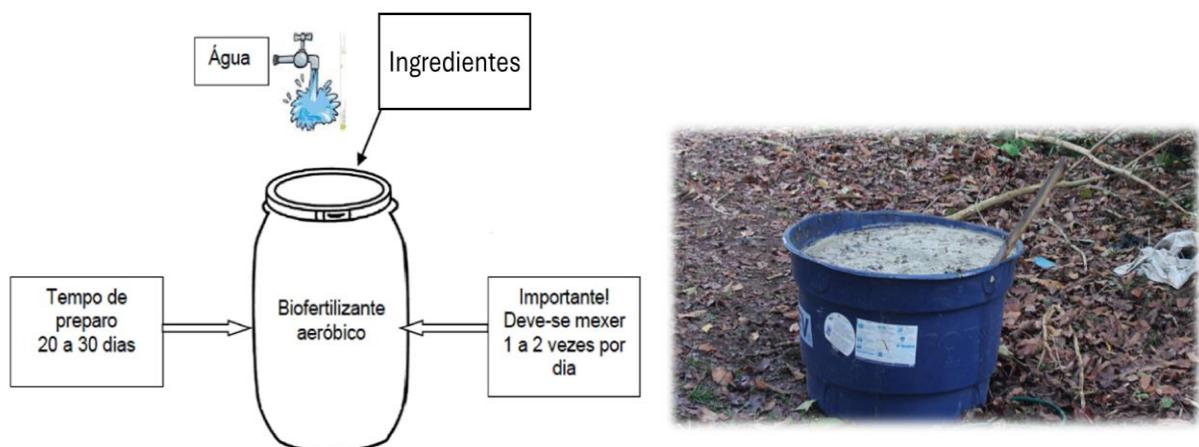
Assista ao vídeo:	<a href="#">Biofertilizante na Agroecologia</a>
-------------------	---

De acordo com Brasil (2016), os biofertilizantes podem ser produzidos de forma aeróbica ou anaeróbica, utilizando de ingredientes que podem ser esterco, leite, cinzas, caldo de cana, entre outros (Ver **Figuras 8 e 9**):

### Forma aeróbica

- São preparados em contato com o ar;
- Os ingredientes são colocados junto com água em tambores de plástico, alumínio ou inox e sofrem revolvimento constantemente, até ficarem prontos;
- Os recipientes devem ficar cobertos, de forma que entre ar, mas não caia água da chuva.

*Figura 8 - Biofertilizante Aeróbico*



FONTE: Adaptado de Brasil (2016) e Embrapa (2018).

### Forma anaeróbica

- São preparados sem o contato com o ar;
- Os ingredientes são colocados junto com água em tambores de plástico, alumínio ou inox;
- O recipiente é fechado com uma tampa que deve ser furada no centro, por onde ficará acoplada uma mangueira;
- O recipiente deverá ser completo em 75% pelos ingredientes e pela água. Os outros 25% restantes ficarão sem nada e é onde ficará uma das pontas da mangueira;
- A outra ponta da mangueira ficará dentro de uma garrafa com água.

*Figura 9 - Biofertilizante Anaeróbico*



FONTE: Adaptado de Brasil (2016) e Embrapa (2018).

Após feito o processo de preparo, deve-se coar e aplicar sobre as plantas e no solo (fertirrigação) (Brasil, 2016).

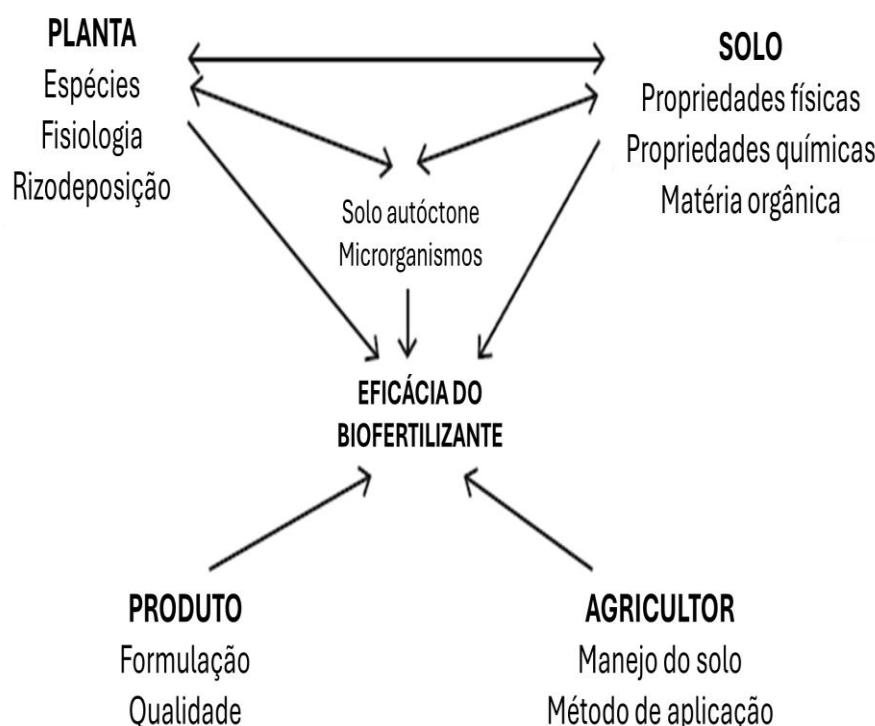
Segundo Malusà, Pinzari e Canfora (2016), os biofertilizantes enfrentam vários desafios que dificultam sua aplicação no mercado agrícola. Um dos principais pontos críticos é a influência das práticas agrícolas convencionais, como o uso excessivo de fertilizantes minerais, que podem impactar negativamente a eficácia dos biofertilizantes devido à competição por nutrientes no solo.

Além disso, a diversidade e complexidade dos microrganismos presentes no solo apresentam desafios significativos, pois a interação entre os inóculos introduzidos e os microrganismos nativos pode ser imprevisível, afetando a eficiência dos biofertilizantes.

Malusà, Pinzari e Canfora (2016) explicam que os métodos de aplicação dos biofertilizantes também são cruciais para o sucesso da tecnologia no mercado. A viabilidade das cepas inoculadas e sua compatibilidade com os sistemas de distribuição existentes podem impactar diretamente a eficácia dos biofertilizantes.

Além disso, a pesquisa contínua sobre interações entre microrganismos e práticas agrícolas é necessária para entender melhor os desafios enfrentados e desenvolver soluções adequadas. Embora alguns problemas possam ser mitigados com ajustes nas práticas agrícolas e métodos de aplicação, outros podem exigir soluções mais complexas, como o desenvolvimento de tecnologias de distribuição específicas e o aprimoramento da compreensão sobre as interações no solo (**Figura 10**).

*Figura 10 - Principais fatores que afetam a eficácia dos biofertilizantes na melhoria da nutrição, crescimento e rendimento das culturas*



FONTE: Adaptado de Malusà, Pinzari e Canfora (2016)

Kaur, Baby e Taman (2023) complementam que um dos principais obstáculos é a falta de um transportador adequado para aplicação em campo, devido à curta vida útil do agente bioinoculante e à escassez de materiais de qualidade para a fabricação de biofertilizantes.

Além disso, a falta de conscientização entre os agricultores sobre os benefícios dos biofertilizantes e as complexidades da comercialização em diferentes condições ambientais e agrícolas contribuem para as restrições baseadas em marketing.

No que diz respeito à aplicação em campo, a colonização lenta das raízes das plantas pelos biofertilizantes e a influência adversa de fatores ambientais, como estresse salino e uso de pesticidas artificiais, prejudicam sua eficácia.

Além disso, a falta de controle de qualidade adequado pode resultar na produção de biofertilizantes de baixa qualidade, enquanto as preocupações com a biossegurança relacionadas à seleção de cepas não patogênicas representam outro desafio.

Os mesmos autores ainda explicam que a complexidade da seleção de cepas específicas de PGPR (rizobactérias promotoras do crescimento das plantas) para produção de biofertilizantes e a falta de infraestrutura e tecnologia adequadas para sua produção em larga escala também são obstáculos significativos.

Além disso, os procedimentos complexos de registro de produtos e as dificuldades financeiras associadas à produção e distribuição em larga escala de biofertilizantes representam desafios adicionais para a indústria.

Em resumo, a superação desses desafios requer uma abordagem abrangente e colaborativa entre governos, instituições acadêmicas e empresas para promover o uso eficaz de biofertilizantes na agricultura sustentável (**Figura 11**).

Já Yadav e Yadav (2024) apresentam desafios e oportunidades específicas à comercialização de biofertilizantes.

Os desafios envolvem o fornecimento oportuno de culturas, resposta lenta dos biofertilizantes, disponibilidade de bioinoculantes de baixa qualidade no mercado, produção limitada em escala industrial e a necessidade de formulações melhoradas e novos biofertilizantes.

*Figura 11 - Restrições e potenciais soluções no uso de biofertilizantes*

<b>Desafios</b>	<b>Possíveis Soluções</b>
Transportadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilização de carvão ativado como alternativa ao turfa</li> <li>- Desenvolvimento de biofertilizantes líquidos</li> <li>- Utilização de biochar como alternativa de carregador</li> <li>- Estabelecimento de centros de extensão e conscientização</li> </ul>
Marketing	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parcerias com governos estaduais e locais</li> <li>- Identificação de cepas regionais para melhor adaptação</li> </ul>
Aplicação no Campo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de métodos de inoculação mais eficazes</li> <li>- Estabelecimento de normas de controle de qualidade</li> </ul>
Controle de Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adoção de práticas de controle de qualidade</li> <li>- Identificação de cepas não patogênicas</li> </ul>
Biossegurança	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilização de níveis adequados de biossegurança</li> <li>- Identificação de cepas não patogênicas para produção</li> </ul>
Biologia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilização de níveis adequados de biossegurança</li> <li>- Investimento em infraestrutura e tecnologia adequadas</li> </ul>
Tecnologia e Infraestrutura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponibilização de instalações e equipamentos adequados</li> </ul>
Regulação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Simplificação dos procedimentos de registro</li> <li>- Harmonização de regulamentos entre países e regiões</li> <li>- Alocação de recursos financeiros adequados</li> </ul>
Finanças	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementação de políticas de apoio financeiro</li> </ul>

FONTE: Adaptado de Kaur, Baby e Taman (2023)

Portanto, embora algumas soluções potenciais tenham sido sugeridas, muitos dos problemas exigem investimentos significativos em infraestrutura, tecnologia e regulamentação, bem como a alocação de recursos financeiros adequados. Além disso, questões como biossegurança e biologia envolvem complexidades técnicas que requerem abordagens cuidadosas e especializadas. Portanto, é pertinente dizer que os problemas encontrados nos processos de implementação de biofertilizantes não são de fácil solução.

Segundo Kumawat et al. (2021), a característica mais comum dos diferentes biofertilizantes é a imprevisibilidade de seus resultados. A consistência do desempenho dos biofertilizantes deve ser melhorada.

Assista ao vídeo:	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=AGcw23EgVUI">https://www.youtube.com/watch?v=AGcw23EgVUI</a>
-------------------	---

O desempenho depende principalmente da tecnologia de formação de bio-inoculantes. Embora a tecnologia de produção de bioestimuladores seja uma abordagem de baixo custo e ecologicamente correta, diversas limitações afetam sua aplicação e desempenho aceitável. Estas restrições são geralmente técnicas, de estrutura organizacional, financeiras, ambientais, de controle de qualidade e falta de conhecimento dos recursos humanos.

#### 1.4. Diferenciais da tecnologia

No caso do presente estudo, o valor está ligado aos benefícios que os biofertilizantes podem gerar em termos de custo, produtividade e ações ecologicamente corretas. Sharma, Kaur e Sharma (2020) explicam que os fertilizantes químicos ajudaram os agricultores a aumentarem a produção de culturas, mas seu uso excessivo pode causar problemas sérios, como poluição dos recursos hídricos, danos às plantas e ao solo, e até mesmo contribuir para as mudanças climáticas. Agora, os biofertilizantes se tornam uma alternativa que, além de promover o crescimento das plantas, são mais ecológicos e podem ajudar a reduzir a dependência de produtos químicos na agricultura. O quadro subsequente (**Figura 12**) mostra a comparação entre os biofertilizantes e os fertilizantes químicos utilizando vários parâmetros:

Figura 12 - Comparativo Fertilizantes Químicos e Biofertilizantes

Parâmetro	Fertilizantes Químicos	Biofertilizantes
Síntese e Natureza	Fabricados artificialmente; Contém origem sintética e possui composição química	Produto natural contendo microorganismos derivados de raízes ou solo cultivado
Mecanismos de promoção de crescimento	Alta concentração de produtos químicos (N, P, K) necessários para o crescimento das plantas	Fornecem nutrientes através de processos naturais
Renovável	Não	Sim
Efeito no Ambiente	Perigo de super adubação matar plantas e degrada o ambiente; contribui para o efeito estufa	Mantém o ciclo natural do solo, sua construção, matéria orgânica e enriquecimento da fertilidade
Estimulação do Crescimento	Através da síntese de material inorgânico	Através da síntese de aquisição de nutrientes,
Exemplo	Sulfato de amônio, nitrato de amônio, ureia, etc.	Rhizobium, Azospirillum, Azotobacter, etc.
Custo	Alto	Relativamente baixo
Efeito no Solo	Torna a cultura mais suscetível ao ataque de doenças; reduz a fertilidade do solo	Aumenta a fertilidade do solo; reduz a suscetibilidade das culturas aos patógenos
Eco-amigável	Não, o uso excessivo leva à poluição ambiental e riscos à saúde	Sim

FONTE: Adaptado de Sharma, Kaur e Sharma (2020)

Existem alternativas aos fertilizantes químicos sintéticos que também trabalham em paralelo aos biofertilizantes como a adubação verde, composto orgânicos, biochar e fertilizantes organominerais (Ashgar, 2022).

A adubação verde consiste no uso de certas plantas capazes de reciclar os nutrientes presentes em camadas profundas do solo ou na atmosfera, tornando o solo mais fértil e produtivo. Essas plantas são rústicas e possuem sistema radicular forte. A adubação verde proporciona cobertura do solo, reduz sua temperatura, a evaporação e a infestação de ervas daninhas, além de aumentar a infiltração de água. Além disso, traz benefícios ambientais e econômicos, como sequestro de carbono, produção de alimentos, retenção do solo e conservação da biodiversidade, além de fornecer nutrientes e aumentar a matéria orgânica do solo, mantendo o ecossistema agrícola e melhorando a atividade microbiana (Ashgar, 2022; Alcântara, 2016).

Por outro lado, o composto orgânico representa outra abordagem. Produzido a partir da decomposição controlada de resíduos orgânicos, como estercos e restos de culturas, o composto orgânico é uma fonte rica em nutrientes essenciais para as plantas. Além de fornecer nutrientes de maneira gradual e contínua, ele melhora a estrutura do solo, aumentando sua capacidade de retenção de água e nutrientes. Ao contrário dos fertilizantes químicos, que podem levar à degradação da saúde do solo a longo prazo, o composto orgânico promove práticas agrícolas sustentáveis ao mesmo tempo em que reduz a dependência de insumos externos (Ashgar, 2022).

Biochar é um material carbonoso produzido a partir da biomassa orgânica através de processos de carbonização térmica, como a pirólise, que converte resíduos vegetais e animais em um composto rico em carbono. Este material melhora a fertilidade do solo ao regular a absorção de nutrientes, aumentar a capacidade de troca catiônica e elevar o pH do solo, o que facilita a disponibilidade de nutrientes essenciais para as plantas. Além disso, melhora a qualidade física do solo, aumentando a porosidade e a retenção de água, e promove a estabilidade dos agregados do solo, o que é crucial para a estrutura e saúde do solo a longo prazo. Ele também desempenha um papel significativo na promoção da atividade biológica do solo, estimulando a biomassa microbiana e as atividades enzimáticas, e favorecendo a simbiose com fungos micorrízicos, essenciais para o ciclo de nutrientes. Como portador microbiano, o biochar é um excelente veículo para inóculos microbianos, oferecendo um ambiente adequado para a sobrevivência e eficácia de microrganismos benéficos que promovem o crescimento das plantas.

Por fim, os organominerais (OMFs) são produzidos a partir da combinação de fertilizantes orgânicos e inorgânicos com múltiplos nutrientes e condicionadores de solo, passando por processos como reações químicas e granulação. Existem seis tipos principais, classificados de acordo com a concentração de nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, e a quantidade de matéria orgânica. Os OMFs apoiam a agricultura sustentável ao reduzir o uso de fertilizantes químicos, minimizando seus impactos ambientais negativos. Compostos por nutrientes essenciais (N, P, K, S e Zn) e ácidos húmicos e fúlvicos, eles melhoram a eficiência dos minerais e a

fertilidade do solo, diminuindo a perda de nutrientes por lixiviação. Apesar da viabilidade econômica limitada devido aos altos custos logísticos, os OMFs podem ser enriquecidos com materiais como esterco, lodo de esgoto e resíduos de processamento de frutas, oferecendo vantagens em relação aos fertilizantes tradicionais. Embora tenham uma solubilidade mais lenta, sua eficiência agronômica pode ser superior, promovendo a sustentabilidade e produtividade agrícola.

No quadro representado pela **Figura 13** é possível observar um resumo das vantagens e limitações destas aplicações.

*Figura 13 - Comparativo entre as tecnologias para saúde do solo e agricultura sustentável*

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
Adubação Verde	Melhoria da matéria orgânica, fixação de nitrogênio	Necessidade de tempo, competição por recursos
Composto Orgânico	Melhoria da estrutura e matéria orgânica do solo	Pode conter patógenos, odor desagradável
Biochar	Retenção de água e nutrientes, sequestro de carbono	Alto custo de produção, variabilidade na eficácia
Fertilizantes Organominerais	Combinação eficiente de nutrientes	Mais caro, requer aplicação específica

FONTE: Adaptado de Ashgar (2022)

Existem tecnologias similares aos biofertilizantes que é o uso de fertilizantes químicos convencionais em conjunto com biofertilizantes, seguindo o método de microdosagem de fertilizantes. Outra tecnologia similar é o uso de melhoradores de solo ácido (ASAs) em combinação com biofertilizantes para controlar a murcha de Fusarium (doença causada por um fungo) em plantas de banana (Chakraborty e Akhtar, 2021).

Quanto ao público-alvo e mercados/ clientes, deve-se reportar aos itens relacionados a cadeia de valor e ao estudo de mercado, onde essas questões são abordadas com profundidade.

### 1.5. Ciclo de vida de biofertilizantes

Alengebawy *et al.* (2022) explica que o ciclo de vida dos biofertilizantes começa com a produção do digestato bruto através da digestão anaeróbica de resíduos orgânicos. Esse processo ocorre em biodigestores, onde os resíduos são decompostos por microrganismos na ausência de oxigênio. O digestato resultante é então separado em frações sólidas e líquidas, o que marca o início do ciclo.

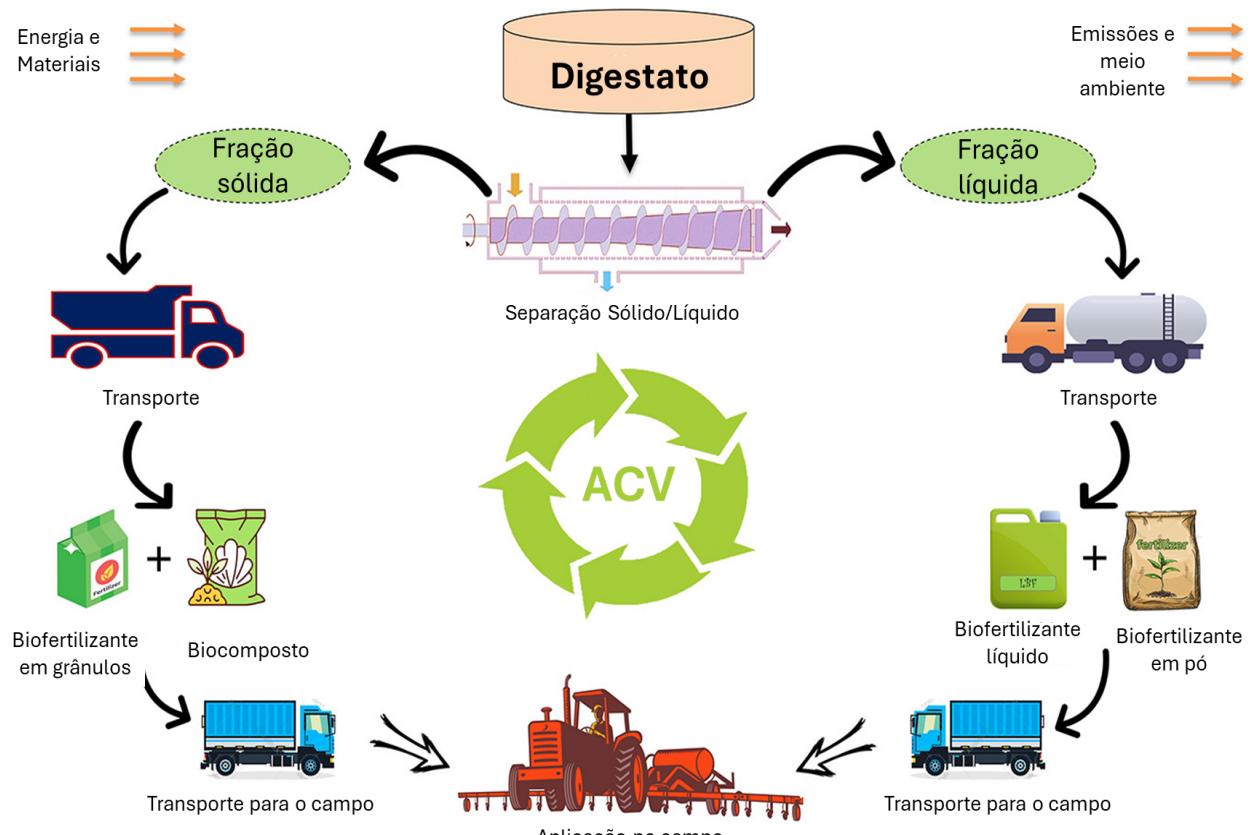
A fração sólida pode ser processada para produzir biocomposto (fertilizante orgânico que melhora a estrutura do solo), ou transformada em pellets de biofertilizante, que são fáceis de transportar e aplicar no campo.

Por outro lado, a fração líquida pode ser usada para produzir biofertilizante líquido, que pode ser facilmente aplicado através da fertirrigação. Também é possível processar a fração líquida para criar biofertilizante em pó, oferecendo uma alternativa de armazenamento e aplicação.

Os biofertilizantes, tanto em forma de pellets, biocomposto, líquido ou pó, são então transportados para os campos agrícolas, onde são aplicados no solo para melhorar a fertilidade e promover o crescimento das plantas. O uso desses produtos ajuda a reduzir a dependência de fertilizantes químicos e promove a sustentabilidade agrícola.

Durante todo o ciclo de vida, desde a produção do digestato até a aplicação dos biofertilizantes no campo, há consumo de energia e emissão de materiais para o ambiente. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) pode ser usada para medir esses impactos ambientais e garantir que o processo seja o mais sustentável possível (**Figura 14**).

*Figura 14 - Ciclo de vida de biofertilizantes*



FONTE: Adaptado de Alengebawy *et al.* (2022)

## 1.6. Indicadores

Joshi e Gauraha (2022) mostram um indicador interessante do uso de biofertilizantes (**Figura 15**), evidenciando a rentabilidade dos biofertilizantes em vários países com reduções significativas no uso de fertilizantes químicos em diversas culturas. Biofertilizantes como PSB, Azotobacter e bactérias

solubilizadoras de potássio contribuíram para uma redução de 25% a 50% no uso de fertilizantes químicos, sendo especialmente promissores para mercados do Sul da Ásia, onde os solos são deficientes em fósforo e potássio. A aplicação de biofertilizantes representa uma oportunidade econômica significativa devido ao seu menor custo comparado aos fertilizantes químicos, com uma relação benefício-custo de 10:1. No entanto, apesar dos benefícios econômicos e de produtividade sustentável, a adoção dos biofertilizantes ainda é limitada, sendo gradualmente reconhecida em regiões como a Índia.

O reconhecimento dos benefícios dos biofertilizantes está crescendo neste país, com aplicações expandindo para culturas tradicionais como soja e cana-de-açúcar, além de frutas e vegetais.

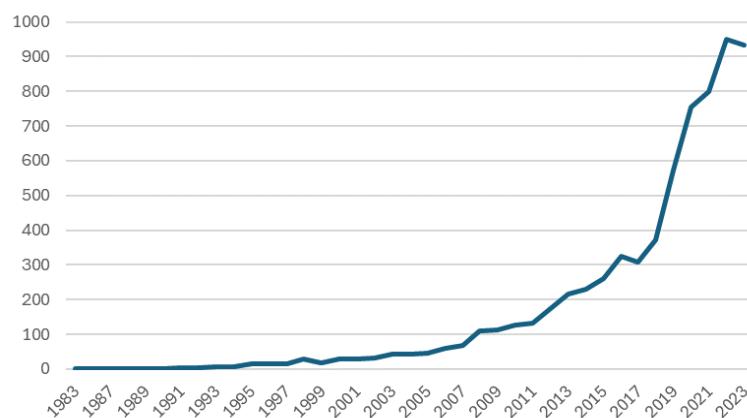
*Figura 15 - Extensão da redução do uso de fertilizantes após várias aplicações de biofertilizantes em várias culturas*

País	Biofertilizante	Redução da taxa de fertilizante químico (%)	Nome da cultura
Índia	PSB	25	Cana-de-açúcar
Índia, Bengala Ocidental	Azotobacter e PSB	25	Mostarda
Tailândia	Bacillus cereus	50	Arroz
Irã	Azotobacter	25	Cominho preto
Paquistão	Bactérias solubilizadoras de K, Azotobacter, Azospirillum, Azoarcus e Zoogloea	50	Milho
Colômbia	Azospirillum brasiliense, A. Amazonense e Azotobacter Rhizobium (Rh) e Bacillus megaterium	75	Algodão e arroz
	Feijão-vagem	75	
	Azospirillum e Azotobacter	100	Quiabo
Egito	Azotobacter sp., Azospirillum sp. e PSB contendo Bacillus sp.	50	Linho
	Azotobacter e Azospirillum	100	Milho

FONTE: Adaptado de Joshi e Gauraha (2022)

Além da redução do uso de fertilizantes químicos, usando a base de dados *Web of Science™*, baseado na *string* de busca de Zhao et al. (2024), o número de artigos científicos relativos a biofertilizantes possui um comportamento de crescimento exponencial (**Figura 16**).

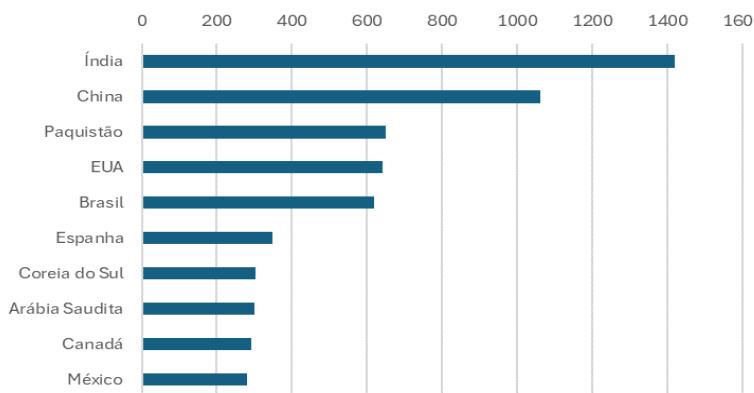
*Figura 16 - Evolução global de publicações de artigos sobre o tema biofertilizantes nos últimos 40 anos*



FONTE: Adaptado de Zhao et al. (2024)

Os três países com mais publicações são a Índia (1420), China (1063 artigos) e Paquistão (651 artigos). O Brasil se encontra na 5<sup>a</sup> posição com 620 (**Figura 17**).

*Figura 17 - Evolução global de publicações de artigos sobre o tema biofertilizantes nos últimos 40 anos*



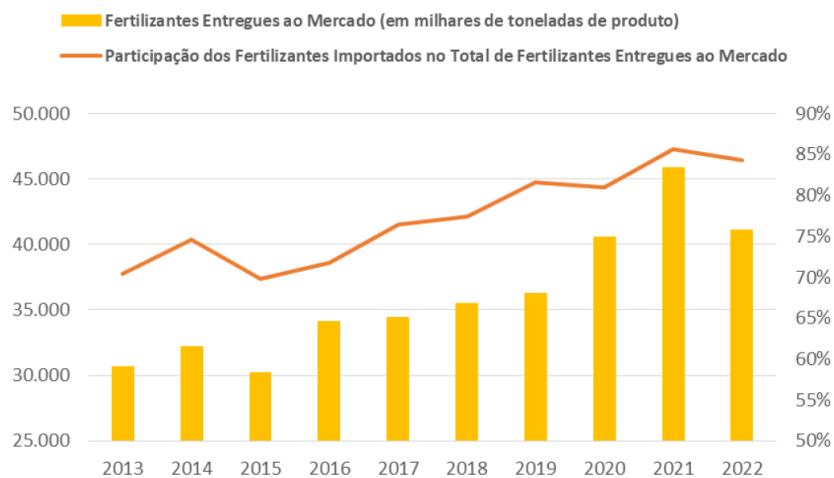
FONTE: Adaptado de Zhao et al. (2024)

Estes dados podem ser justificados pelo fato da China e Índia estarem entre os principais mercados regionais em termos de produção agrícola, e esses países provavelmente atrairão grandes investimentos no agronegócio. Além disso, o setor agrícola na região da Ásia-Pacífico está crescendo consideravelmente devido a fatores como o aumento da população (a Índia possui projeção de alcançar 1,6 bilhões de pessoas até 2050), desenvolvimento econômico e o crescente poder de compra dos agricultores (Technavio, 2023; EUA, 2022).

A produção de fertilizantes químicos na maioria dos países em desenvolvimento está muito aquém da demanda, especialmente na Índia e no Brasil, que têm grandes populações e terras aráveis escassas, e não conseguem atender às suas necessidades agrícolas normais.

A **Figura 18** mostra a relação entre os fertilizantes entregues ao mercado e a participação dos fertilizantes importados no Brasil.

*Figura 18 - Fertilizantes entregues ao mercado e participação dos fertilizantes importados no Brasil - 2013 a 2022*



FONTE: INPI (2023)

Ainda, com expectativas de responder por quase metade da produção mundial de alimentos torna a dependência externa de fertilizantes mais acentuada no Brasil (INPI, 2023).

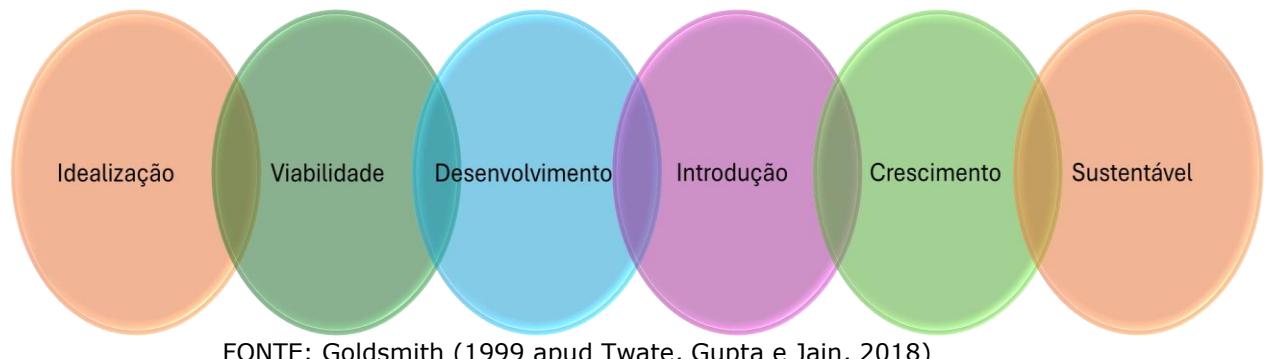
No entanto, o modelo agrícola na maioria dos países em desenvolvimento ainda é dominado pela agricultura em pequena escala. Sob as restrições de produção e custo, os agricultores tendem a usar compostagem relativamente barata, adubo verde e bactérias benéficas para preencher a lacuna causada pela falta de fertilizantes químicos, potencializando o mercado de biofertilizantes. Mesmo o Brasil sendo o país que mais adota biofertilizantes no mundo, desenvolver este segmento é uma oportunidade de grande valor estratégico para o país (Zhao et al., 2024; INPI, 2023).

Sung (2009 apud TWATE, GUPTA e JAIN, 2018) argumentou que, no ambiente global em rápida mudança, as indústrias tecnológicas intensivas em informação e conhecimento, como a tecnologia da informação e a biotecnologia, requerem um novo paradigma para a comercialização de tecnologias em produtos e/ou serviços reais.

O modelo Goldsmith (1999 apud Twate, Gupta e Jain, 2018) e o modelo de inovação integrada (2006) mostraram-se mais próximos do processo de comercialização de biofertilizantes (**Figura 19**).

As seis características únicas da comercialização de biofertilizantes são: infraestrutura especializada, tomada de decisão urgente, intensas interações baseadas em I&D, elevado investimento de capital, longos períodos de gestação e escala piloto tornaram o processo multifacetado.

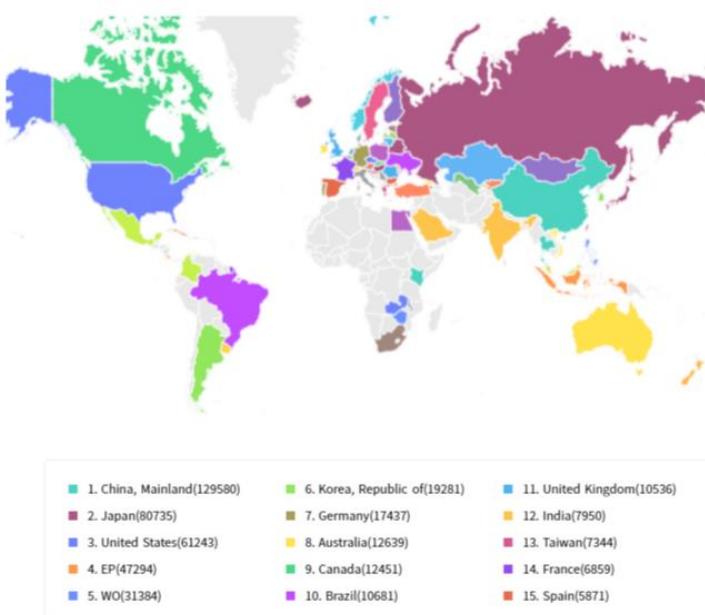
*Figura 19 - Modelo de Comercialização da tecnologia biofertilizantes*



## 2. ANÁLISES DE PATENTES

Uma busca de patentes com as palavra-chave "BIOFERTILIZERS" foi realizada na plataforma Derwent Innovation (da empresa Clarivate Analytics). Com o objetivo de ser levantar um panorama geral dos documentos de patentes foi considerada a opção "Smart Search", considerando-se todos os resultados possíveis. Além disso, foi utilizado um filtro que considerou na busca realizada as patentes "vivas" (*alive*) juntamente com as patentes "indeterminadas" (*indeterminates*), ou seja, patentes em que faltam alguma informação a ser considerada, como data de expiração, depósito ou informação de status legal (as patentes "mortas" (*dead*) não foram consideradas). Desse modo, nesse cenário foram detectadas cerca de 428.000 patentes. A **Figura 20** apresenta os principais países depositantes de patentes vinculadas aos biofertilizantes.

*Figura 20- Principais países depositantes de patentes na área de Biofertilizantes.*



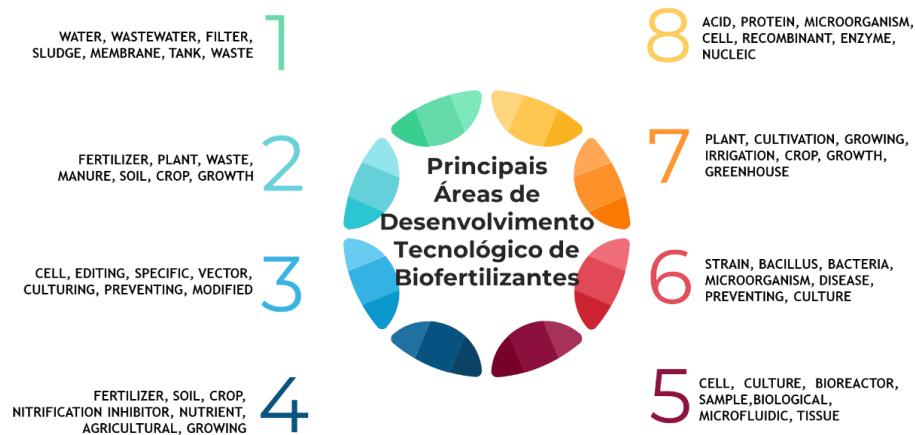
FONTE: Derwent Innovation (referência de 428.000 patentes).

A partir da **Figura 20**, verifica-se que os três países que mais depositam patentes nessa área são: China, Japão e Estados Unidos. O Brasil aparece na lista dos 12 primeiros na 10<sup>a</sup> posição com 4420 registros de patentes. É importante mencionar que uma patente com a designação de "WO" se relaciona com as patentes concedidas pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO) e indica que a será administrada por esse órgão. Já a sigla EP (European Patent), refere-se patentes concedidas pelo escritório europeu e administrado por esse órgão.

A **Figura 21** apresenta as principais tecnologias nesta área são relacionadas com o tratamento de água, água residual, esgoto ou lodo, que envolvem processos para neutralizar ou reduzir a nocividade de substâncias químicas. Essas tecnologias incluem também separação, tanques de decantação ou dispositivos de filtro. Além disso, são consideradas também

fertilizantes orgânicos que não são classificados em subclasses específicas, como os obtidos de resíduos ou lixo, envolvendo plantas, estrume, solo e crescimento de culturas. Também abrange microrganismos ou enzimas; suas composições; propagação, preservação ou manutenção de microrganismos; mutação ou engenharia genética; e meios de cultura. Dentro deste tema, estão incluídos tópicos como célula, edição, específico, vetor, cultivo, prevenção e modificado.

*Figura 21-Tendências Tecnológicas dos Depósitos de Patentes*

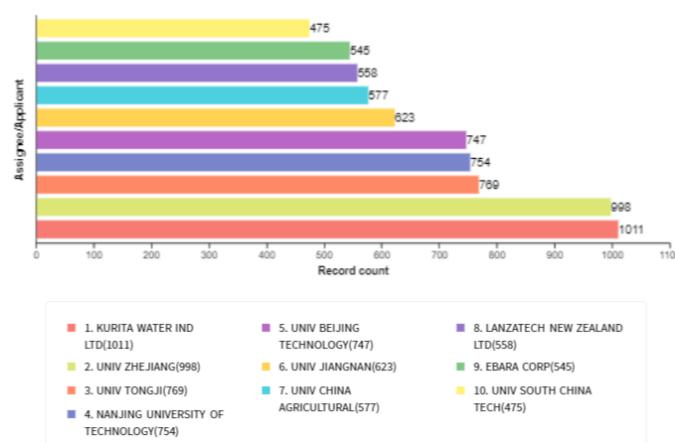


FONTE: Derwent Innovation (referência de 428.000 patentes)

Esses temas são encontrados em 51% do conjunto de resultados. Um interesse tecnológico manifestado em percentuais mais altos indica uma área de saturação, enquanto percentuais menores sugerem uma variedade de representações tecnológicas.

A **Figura 22** apresenta os 10 principais depositantes de patentes na área de biofertilizantes (empresas multinacionais e universidades). Verifica-se que dentre os 10 depositantes, encontram-se multinacionais como: Kurita Water, Lanzatech New Zealand e Ebara Corp. Dentre as universidades estão: Zhejiang, Tongji, Beijing e China Agricultural.

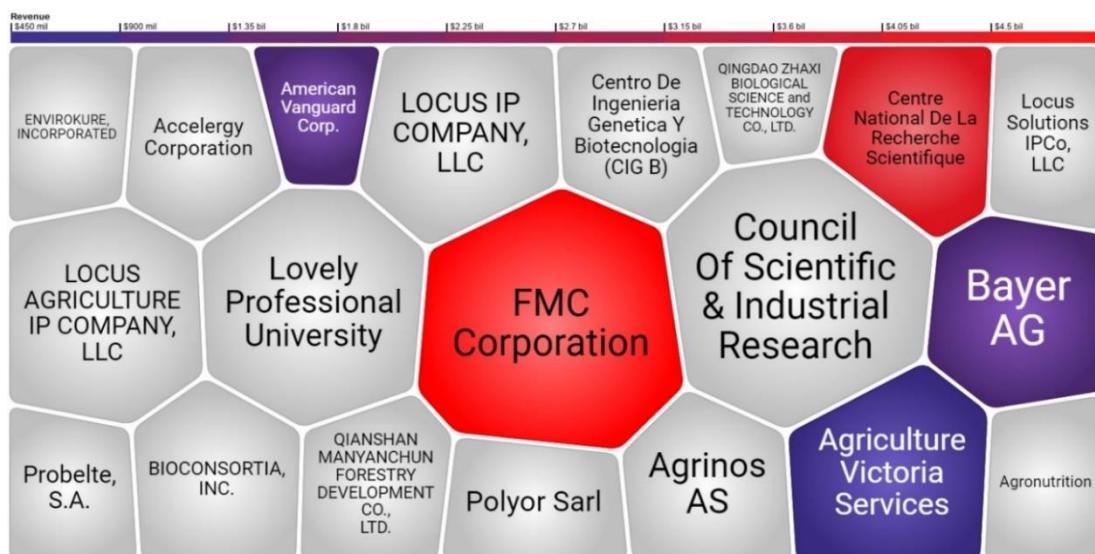
*Figura 22- Principais depositantes de patentes na área de Biofertilizantes*



FONTE: Derwent Innovation (referência de 428.000 patentes)

Outro aspecto interessante é sobre os depositantes de patente de biofertilizantes e a sua receita. A Figura 23 mostra esse aspecto e os principais players são: FMC Corporation, Centre National De La Recherche Scientifique, Bayer AG, Agriculture Victoria Services e American Vanguard Corp.

Figura 23- Principais depositantes de patentes na área de Biofertilizantes x Receita



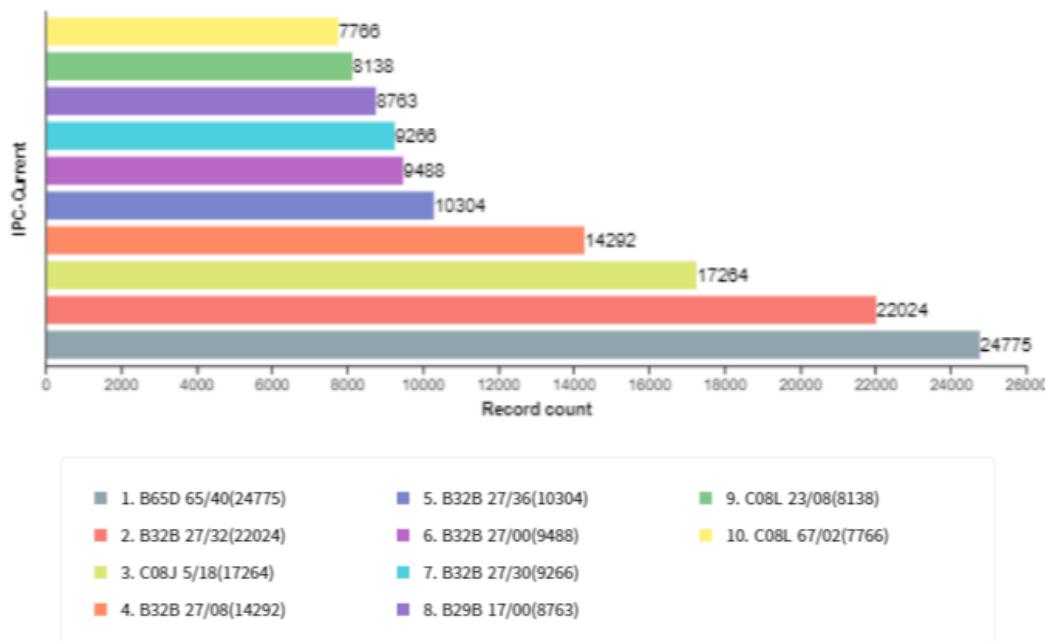
FONTE: Innography (Clarivate).

Conforme apresentado na **Figura 24**, é possível verificar as 10 principais Classificações Internacionais de Patentes (IPCs) das patentes relacionadas com o termo biofertilizantes que foram encontradas na busca realizada. Desse modo, os principais IPCs são:

1. C12N 1/20 - meios de cultura para bactérias (bacteria; culture media therefor);
2. C05G 3/00 - misturas de um ou mais fertilizantes com aditivos sem atividade fertilizante específica (mixtures of one or more fertilisers with additives not having a specifically fertilising activity);
3. C02F 3/28 - processos de digestão anaeróbica (anaerobic digestion processes);
4. C05F 17/00 – preparação de fertilizantes caracterizada por etapas de tratamento biológico ou bioquímico, por ex. compostagem ou fermentação (preparation of fertilisers characterised by biological or biochemical treatment steps, e.g. composting or fermentation);
5. C12M 1/00 – aparelhos para enzimologia ou microbiologia (apparatus for enzymology or microbiology);
6. B09B 3/00 - destruição de resíduos sólidos ou transformar resíduos sólidos em algo útil ou inofensivo (destroying solid waste or transforming solid waste into something useful or harmless);
7. C05G 3/80 - condicionadores de solo (soil conditioners);
8. C02F 9/14 - pelo menos uma etapa sendo um tratamento biológico (at least one step being a biological treatment)

9. C02F 11/0 - tratamento anaeróbico; Produção de metano por tais processos (anaerobic treatment; Production of methane by such processes)
10. C02F 3/30 - processos aeróbicos e anaeróbicos (Aerobic and anaerobic processes)

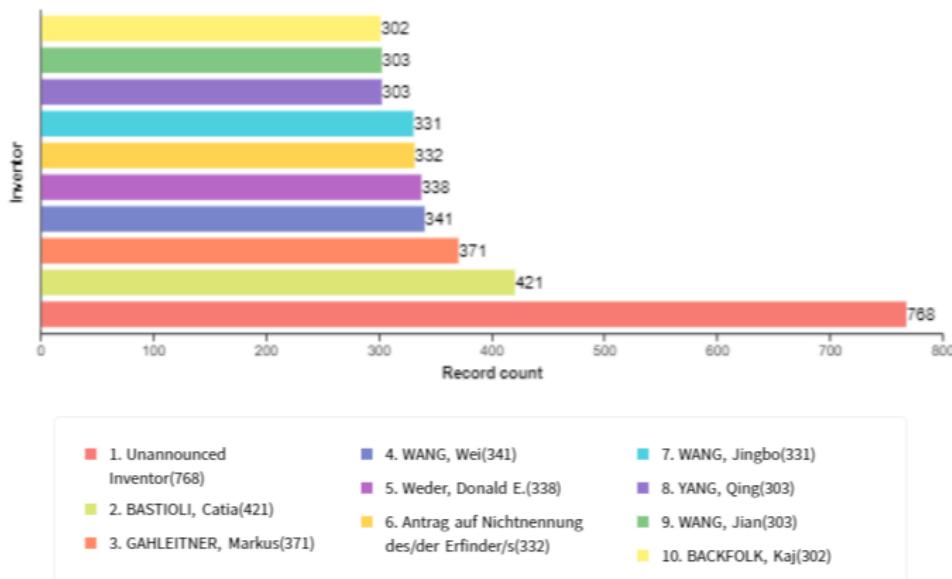
*Figura 24- Principais IPCs das Patentes Depositadas*



FONTE: Derwent Innovation (referência de 428.000 patentes)

A **Figura 25**, por sua vez, apresenta os principais inventores das patentes registradas que são relacionados a biofertilizantes.

*Figura 25- Principais inventores de patentes de Biofertilizantes.*



FONTE: Derwent Innovation (referência de 428.000 patentes)

A **Figura 26** apresenta o gráfico do *ThemeScape Map* que é uma representação visual de uma coleção de patentes, organizada por conteúdo temático, que apresenta um agrupamento de acordo com a similaridade usando um critério de proximidade tecnológica. Esse gráfico foi criado com a capacidade máxima de análise da ferramenta, que é de 60.000 patentes consideradas relevantes pela plataforma, ou seja, patentes de primeiro nível).

Desse modo, o *Themescape Map* permite que a criação de mapas de panoramas tecnológicos mais rapidamente, a partir da criação de grupos-chaves com o objetivo de encontrar tendências de mercado internacional de quaisquer tecnologias.

Figura 26- Themescape Map 1 do Biofertilizantes



FONTE: Derwent Innovation (referência de 60.000 patentes)

A **Figura 26** permite identificar 7 temáticas, ou seja, picos que se relacionam com a concentração de depósitos de patentes mostrando uma relação de um registro com o outro. Desse modo, a partir da busca realizada, as temáticas que apresentaram concentração de registros de patentes são:

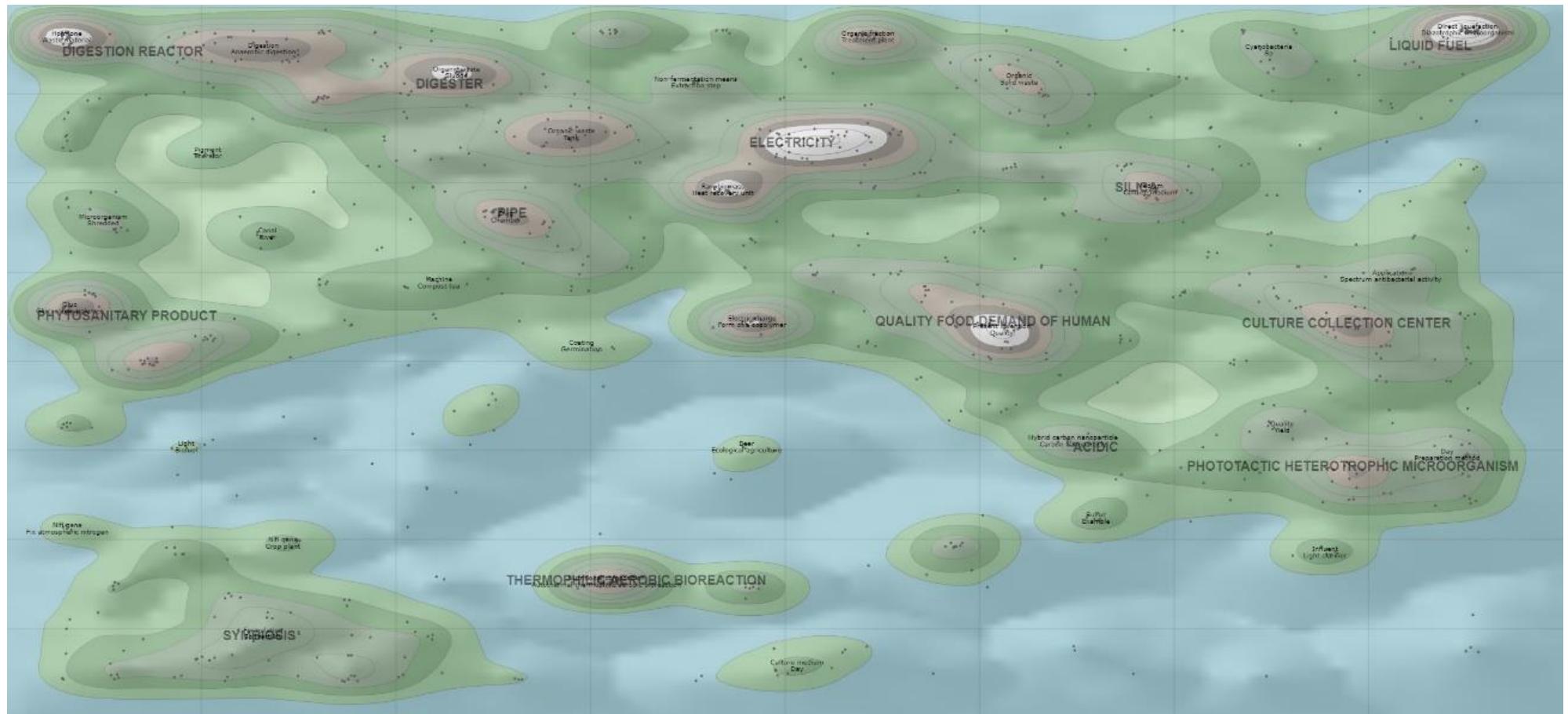
1. Tanque anaeróbico (anaerobic tank);
2. Folha de chá / máquina de chá (tea Leaf /machine tea);
3. Gás água orgânico (organic water gas);
4. Cultura celular (cell culture);
5. Peptona/meio de cultura (peptone/culture medium);
6. Crescimento das plantas (plant growth);
7. Solo fertilizante (fertilizer soil).

Há ainda algumas concentrações secundárias de temáticas, como:

Fermentation tank/tank; gas inlet pipe/box plate; reactor main body/pipeline reactor; fertilizer/organic fertilizer; fertilizer growth; microbial inoculum; strain culture; feed additive; raw material; bioreactor bag; denitrification/reactor denitrification.

A partir de outra análise, dessa vez, realizada apenas com 1000 patentes, consideradas como “relevantes” em uma busca denominada de “*Smart Search*” foi encontrada a configuração apresentada na **Figura 27**. Nesse cenário, são encontradas 8 temáticas de concentração de registros de patentes.

*Figura 27- Themescape Map 2 do Biofertilizantes*



FONTE: Derwent Innovation (referência de 1.000 patentes)

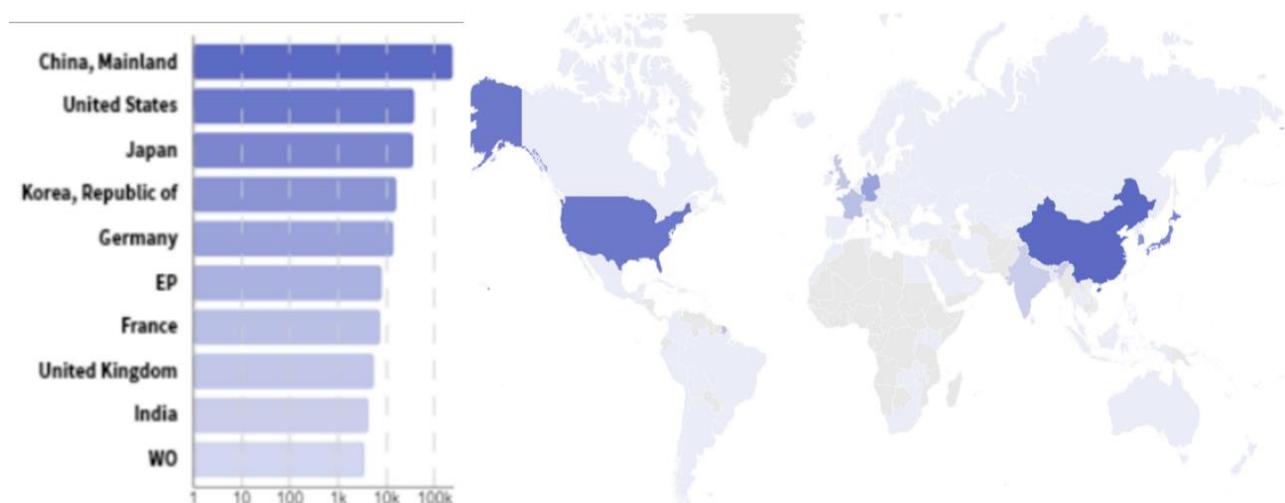
De acordo com a **Figura 27**, as áreas de concentração seguem descritas abaixo:

1. Reator de digestão/resíduos hormonais (digestion reactor/hormone waste material);
2. Digestor/lodo residual orgânico (digester/organic waste sludge)
3. Eletricidade (electricity)
4. Unidade de biomassa bruta/recuperação de calor (raw biomass/heat recovery unit)
5. Liquefação direta/microrganismo diazotrófico (direct liquefaction/diazotrophic microorganism)
6. Demanda de alimentos de qualidade (quality food demand of human);
7. Forma de carga elétrica do copolímero (electric charge form of copolymer)
8. Liquefação direta/microrganismo diazotrófico (direct liquefaction/diazotrophic microorganism).

Outras temáticas de concentração secundárias podem ser identificadas também, como: phytosanitary product /glucuroner polymer; organic waste tank; pipe; organic fraction treatment plant; organic solid wate; sílica; cyanobacteria; culture collection center; phototactic heterotrophic microorganism; themrmophilic aerobic bioreaction; symbiosis.

A **Figura 28** apresenta os principais países que desenvolvem tecnologias/produtos com a utilização de biofertilizantes. Nessa lista, os 4 primeiros países são: China, Estados Unidos, Japão e Coréia do Sul.

*Figura 28- Principais países que desenvolvem tecnologias/produtos com o Biofertilizantes.*



FONTE: Derwent Innovation (referência de 428.000 patentes)

A Figura 29 apresenta os principais mercados para as invenções a base de biofertilizantes no mundo. Esses mercados de tecnologias/produtos são concentrados na Ásia (65,75%), Europa (14,95%) e Américas (10%).

Figura 29- Principais Mercados para as invenções a base de Biofertilizantes.



FONTE: Derwent Innovation (referência de 428.000 patentes)

De acordo com a plataforma Derwent Innovation, ao redor o mundo, 56% dos registros mundiais nestes resultados são concedidos, o que indica proteção para patentes ativas (vivas) nos mercados relevantes.

Ademais, 44% deste conjunto de resultados são aplicações pendentes. Percentagens mais altas de aplicações apontam para um mercado novo ou em crescimento, enquanto taxas de aplicação mais baixas podem indicar mercados já estabelecidos ou áreas de baixo crescimento.

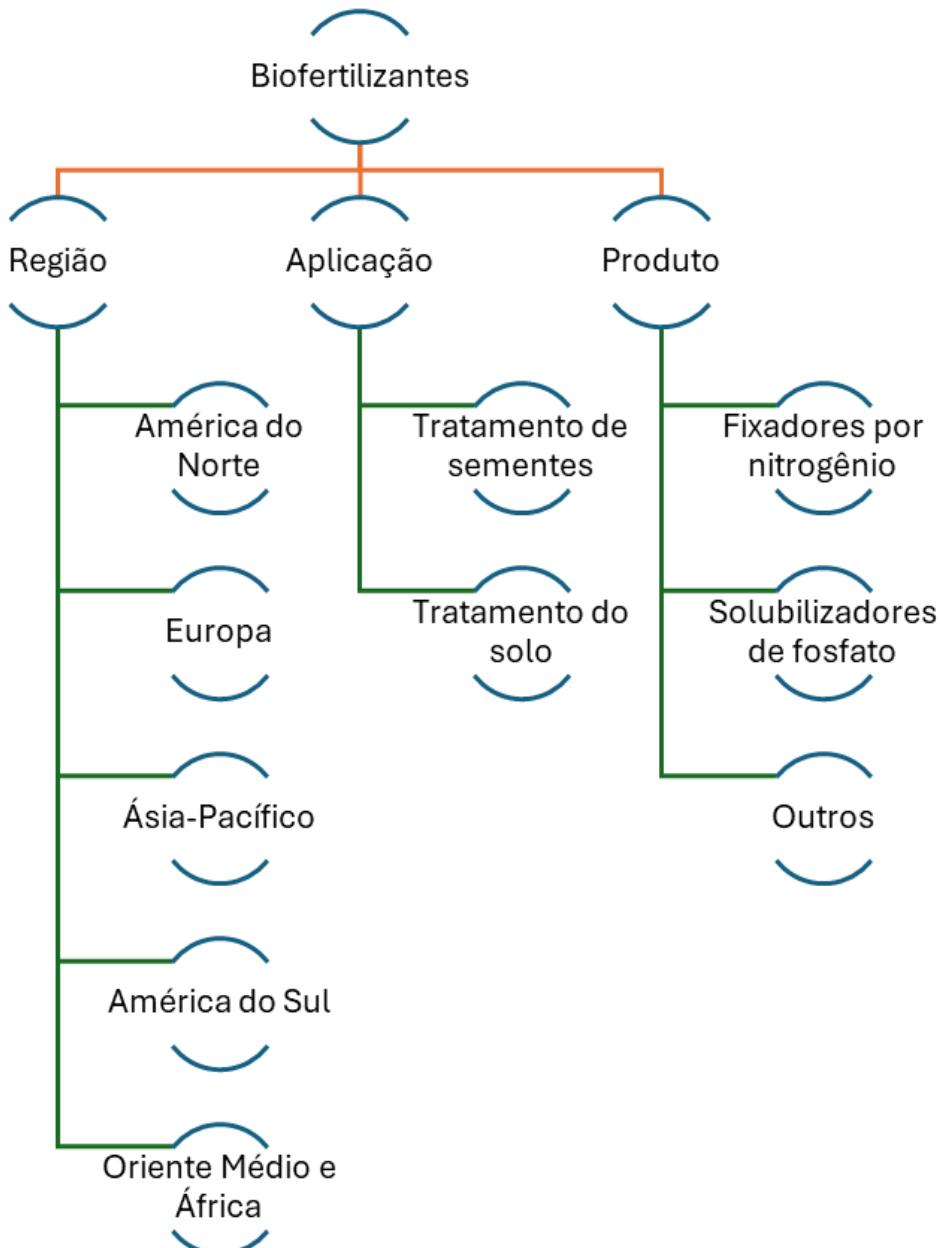
No geral, 2% das empresas estão registrando em mais de 4 países. Uma estratégia de registro global pode demonstrar um aumento do potencial de mercado neste espaço.

### 3. ESTUDO DE MERCADO

#### 3.1. Setores nos quais a tecnologia se insere

Como mostra a **Figura 30**, o mercado de biofertilizantes é segmentado por região, aplicação e tipos de produto (Technavio, 2023).

*Figura 30 - Segmentação do mercado de biofertilizantes*



O segmento de aplicação divide-se em tratamento de sementes e do solo. O primeiro se refere a adição de biofertilizantes em sementes fazendo com que as plântulas respondam favoravelmente e cresçam de forma mais rápida e vigorosa, além da melhoria na absorção de nutrientes e proteção contra doenças e pragas, contribuindo para uma agricultura mais sustentável e produtiva (Nunes et al., 2023).

Já no tratamento do solo, ajudam a melhorar a saúde e a fertilidade do solo, aumentando a disponibilidade de nutrientes, estimulando a atividade microbiana e reduzindo doenças transmitidas pelo solo (Technavio, 2023).

Referente ao tipo de produto, os fixadores por nitrogênio tratam de organismos que possuem a capacidade de converter o nitrogênio molecular ( $N_2$ ) da atmosfera em formas de nitrogênio que são biologicamente disponíveis para as plantas (A-Bhat et al., 2015). Os solubilizadores de fosfato referem-se microrganismos que têm a capacidade de transformar fosfatos insolúveis presentes no solo em formas solúveis, que são mais facilmente absorvidas pelas plantas (Timofeeva, Galyamova e Sedykh, 2022). A categoria “outros” inclui mobilizadores de potássio, zinco, entre outros (The Business Research Company, 2023).

### **3.2. Análise de Mercado**

O mercado global de biofertilizantes cresceu significativamente entre 2023 e 2027, tanto em valor (CAGR de 12,76%) quanto em volume (CAGR de 5,00%) (**Figura 31**). Isto é impulsionado por fatores como a crescente demanda por sustentabilidade, aumento da terra agrícola orgânica, regulamentações favoráveis e maior conscientização sobre saúde e nutrição devido à pandemia de COVID-19. Estes produtos são essenciais para a agricultura sustentável, ajudando a melhorar a produção e a qualidade das culturas sem os efeitos nocivos dos produtos químicos (Mordor Intelligence, 2022a).

Segundo Technavio (2023), o mercado global de biofertilizantes faz parte do mercado global de produtos químicos especiais. É fragmentado, com diversos fornecedores de grande e médio porte atuando no mercado.

Os participantes da indústria estão formando alianças estratégicas e *joint ventures* para expandir sua presença geográfica e portfólio de produtos. Com o aumento da demanda por agricultura sustentável, muitos têm direcionado seu foco para expandir sua oferta de produtos. Além disso, o

crescente foco em reduzir os impactos negativos dos fertilizantes no setor agrícola oferecerá oportunidades significativas aos fornecedores. Portanto, todos esses fatores impulsionarão a competição entre os fornecedores durante o período de previsão.

*Figura 31 - Mercado global de Biofertilizantes*

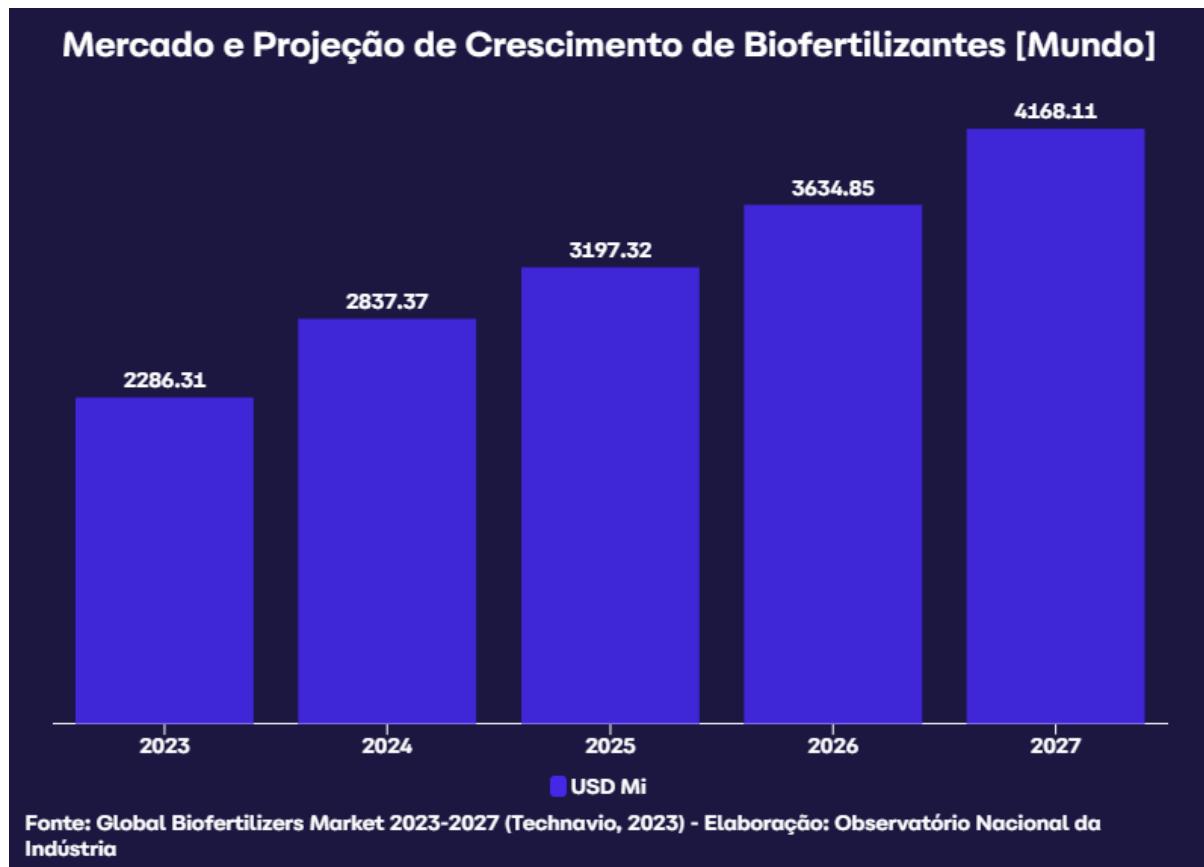


Gráfico animado (clique no link)

[Mercado e Projeção de Crescimento de Biofertilizantes](#)

Com relação à aplicação, conforme ilustra a **Figura 32**, o uso de biofertilizantes para tratamento de sementes é o que possui maior fatia de mercado, chegando a 70,45% em 2023 e continuará sendo o maior em 2027 com 70,05%. Neste período, crescerá a uma taxa de crescimento anual composta de 13,04%. Este tipo de aplicação registrou USD 1.788,13 milhões em 2023, com previsão de chegar a USD 2.919,76 em 2027.

Figura 32 - Market Share em receita por aplicação

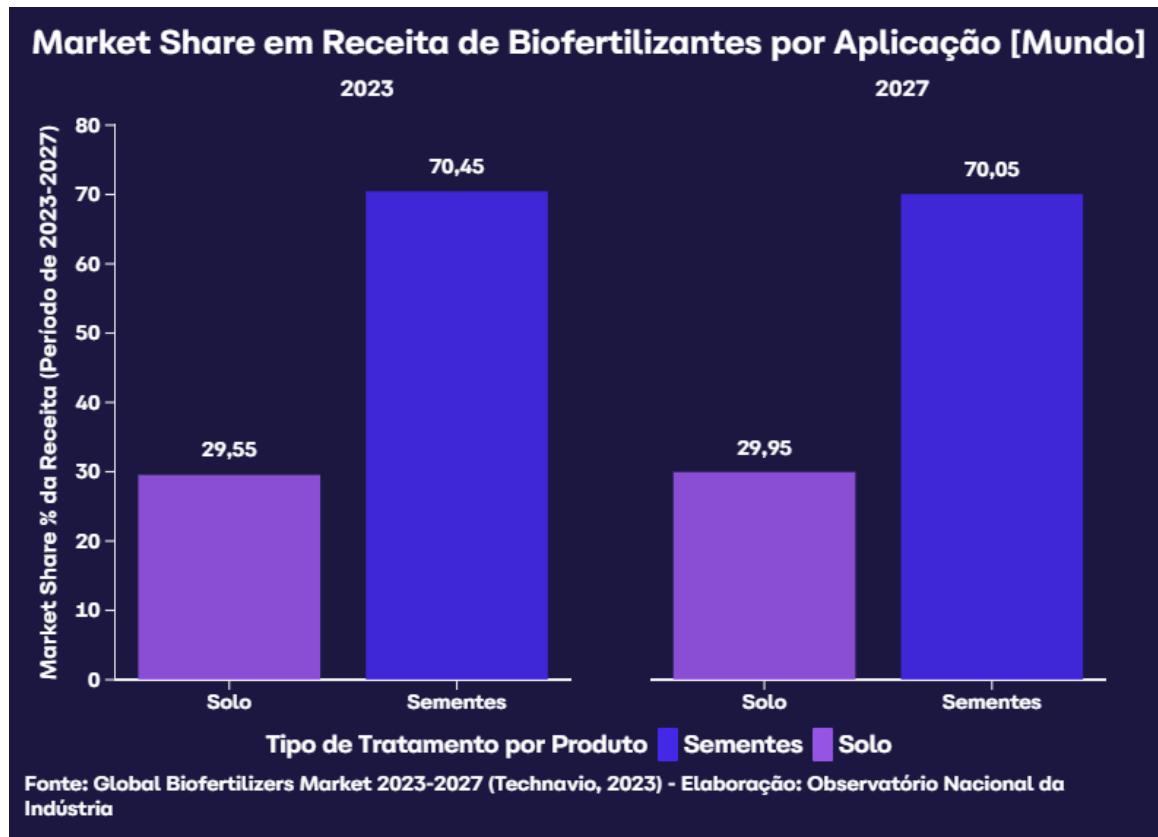


Gráfico animado  
(clique no link)

[Market Share em Receita de Biofertilizantes por Aplicação \[Mundo\]](#)

Já o tratamento de solo, possui a menor fatia de mercado, chegando a 29,55% em 2023 e continuará sendo a menor em 2027 com 29,95%. Neste período, crescerá a uma taxa de crescimento anual composta de 13,58%. Este tipo de aplicação registrou USD 750,03 milhões em 2023, com previsão de chegar a USD 1.248,35 em 2027.

Relativo aos tipos de produtos, conforme **Figura 33**, a categoria “fixação de nitrogênio” possui a maior fatia de mercado, com USD 1,876 bilhões. A estimativa é que atinja USD 3,09 bilhões em 2027, um CAGR de 13,29%. Os “solubilizadores de fosfato” registraram USD 391,93 milhões em 2023. Em 2027, espera-se que possua 15,01% da fatia do mercado, crescendo a um CAGR de 12,41% (Technavio, 2023). Este segmento crescerá rapidamente devido ao aumento dos investimentos em pesquisa e

desenvolvimento relacionados à manipulação genética de bactérias solubilizadoras de fosfato, que envolve a clonagem de genes responsáveis pela solubilização de fosfatos minerais e orgânicos, aumentando a fertilidade do solo e melhorando a produtividade das colheitas.

*Figura 33 - Market Share em receita por TIPO DE PRODUTO, em 2023*

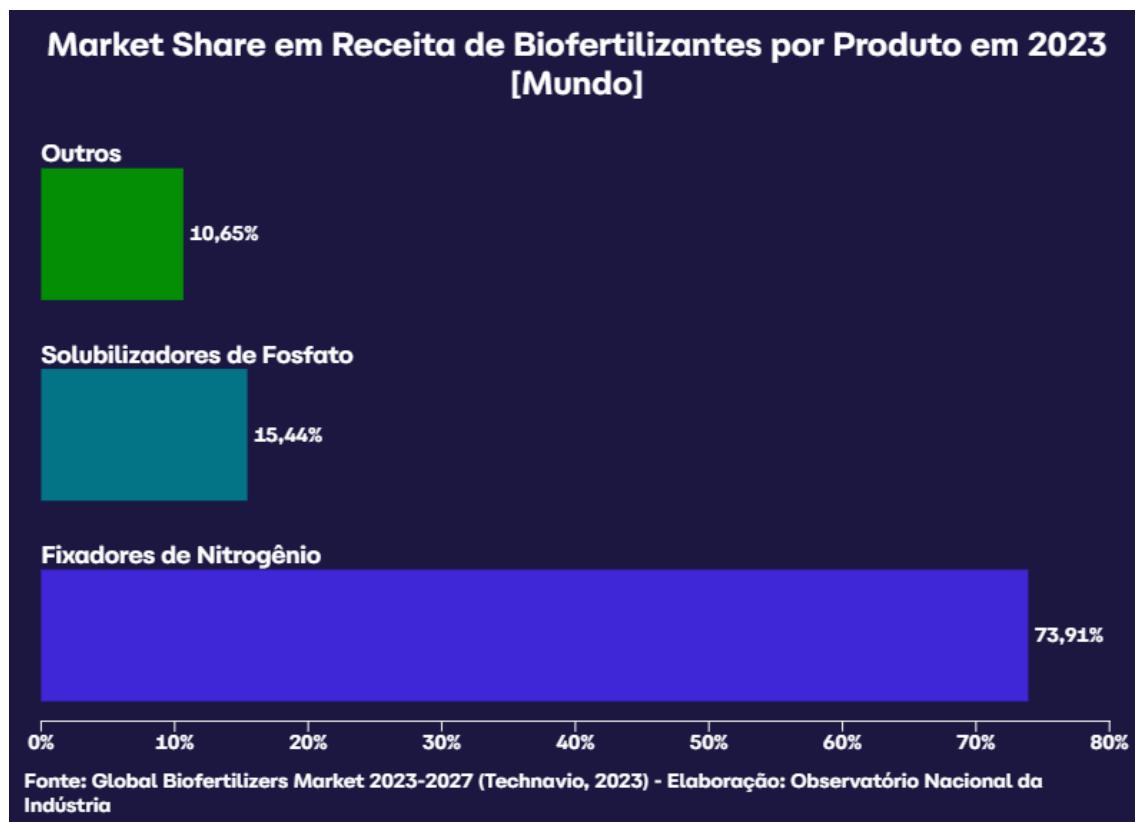


Gráfico animado (clique no link)	<a href="#">Market Share em Receita de Biofertilizantes por Tipo de Produto - 2023 [Mundo]</a>
-------------------------------------	--

A categoria “outros” alcançou USD 270,28 milhões em 2023, com 10,84% de fatia de mercado. Este segmento inclui biofertilizantes mobilizadores de potássio (aumentam a capacidade das plantas de absorver potássio diretamente do solo) e mobilizadores de zinco (reduzem o pH do solo e melhoram o rendimento das culturas e a saúde do solo), entre outros. A perspectiva de crescimento até 2027 é de um CAGR de 13,7% (Technavio, 2023).

Na categorização por região, divide-se nas regiões da América do Norte, América do Sul, Ásia-Pacífico, Europa e Oriente Médio e África. A **Figura 34** ilustra o mercado e a projeção de crescimento por região.

*Figura 34 - Mercado e projeção de crescimento do mercado de biofertilizantes por região (2023 e 2027)*

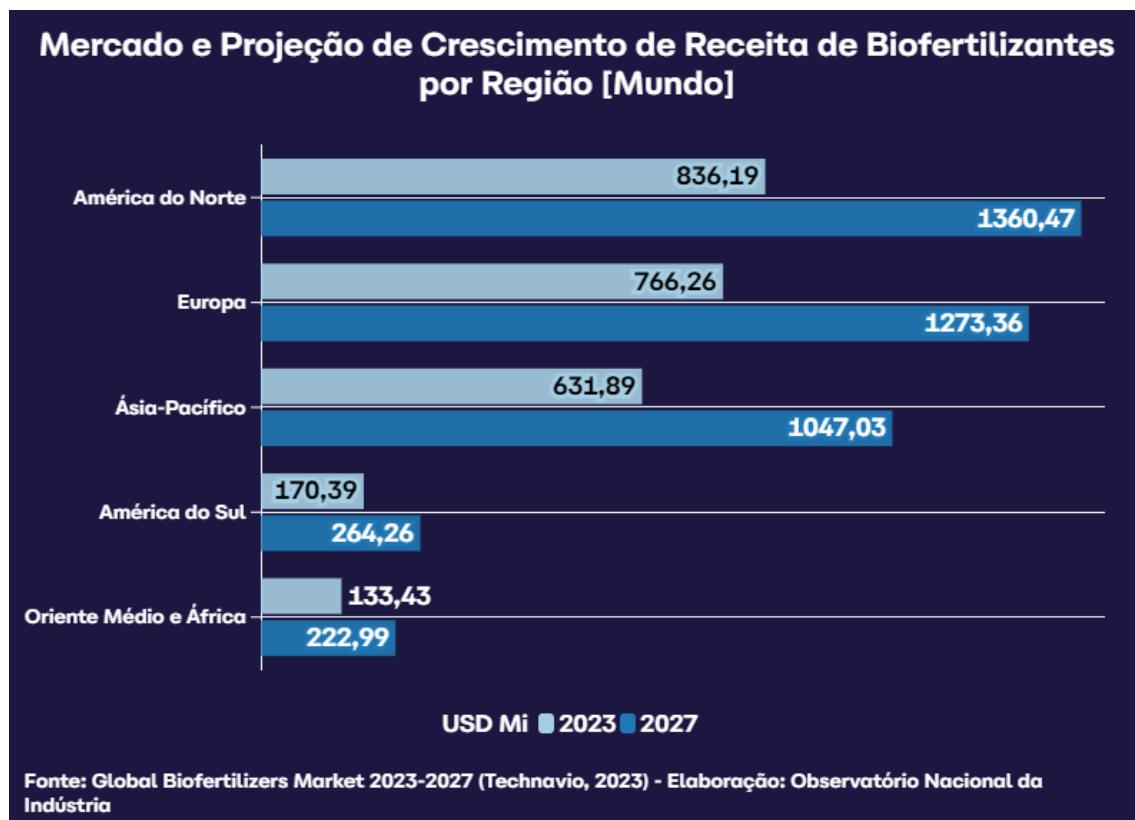


Gráfico animado (clique no link)	<a href="#">Projeção crescimento mercado Biofertilizantes por Região (Receita - USD Milhões) [Mundo]</a>
-------------------------------------	--

A América do Norte é a região com maior participação de mercado e projeção de crescimento. Em 2023, alcançou USD 836,19 milhões com previsão de atingir USD 1,36 bilhões em 2027, representando um CAGR de 12,94%. Este crescimento é justificado pelo aumento da renda familiar dos EUA e Canadá, impulsionando o consumo por alimentos orgânicos, e certificação orgânica pelo México (Technavio, 2023).

A Europa fica em segundo lugar com USD 766,26 milhões no mercado de biofertilizantes em 2023, impulsionado por regulamentações agrícolas

rigorosas e leis focadas na segurança e conteúdo nutricional das colheitas, como o REACH da União Europeia. O crescimento é ainda fortalecido pelo aumento da indústria de agricultura orgânica na região, com países como Áustria, Espanha e Itália liderando o cultivo orgânico. Estima-se que alcance USD 1,273 bilhões em 2027, um CAGR de 13,54% (Technavio, 2023).

Como mencionado anteriormente, o mercado de biofertilizantes na região da Ásia-Pacífico está crescendo rapidamente pela industrialização, urbanização e pela demanda crescente por alimentos mais saudáveis e nutritivos, tanto na Índia quanto na China. Em 2023, foi alcançado USD 631,89 milhões, com estimativa de alcançar em 2027 USD 1,047 bilhões, representando um CAGR de 13,46% (Technavio, 2023).

Nas duas regiões restantes, enquanto a América do Sul se destaca pelo crescimento da agricultura orgânica, o Oriente Médio está investindo mais na agricultura, e a África enfrenta desafios como falta de infraestrutura e conscientização limitada entre os agricultores. No entanto, iniciativas governamentais estão sendo implementadas para impulsionar o crescimento do mercado de biofertilizantes na região africana. A estimativa é que a América do Sul cresça a um CAGR de 11,6% e o Oriente Médio e África a 13,7% (Technavio, 2023).

### **Biofertilizantes no Brasil**

O Brasil é o quarto maior produtor de grãos do mundo (7,8% da produção global), é o segundo maior exportador (19% das exportações globais) e o mercado de biofertilizantes no Brasil é o maior da América do Sul, representando 65,3% do consumo total em 2022. Além disso, cerca de um quarto do PIB do Brasil é gerado pelo agronegócio, segundo dados recentes (Mordor Intelligence, 2022b; INPI, 2023). Os produtores de soja brasileiros estão colhendo benefícios ambientais e econômicos do uso de biofertilizantes em vez de fertilizantes químicos em 80% de sua área plantada. Ao utilizar esses biofertilizantes, os agricultores estão economizando quantias significativas na cultura da soja. Por outro lado, pesquisadores da Embrapa estão aplicando bactérias benéficas em culturas de milho (por exemplo, *Azospirillum brasiliense*) para reduzir o uso de fertilizantes químicos, especialmente de nitrogênio (Mordor Intelligence, 2022b).

Assista ao vídeo:	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=x_fsuyJBIRg">https://www.youtube.com/watch?v=x_fsuyJBIRg</a>
-------------------	---

Apesar da área orgânica sob cultivo de culturas no país ter diminuído 0,3% entre 2017 e 2022, prejudicando ligeiramente o crescimento do mercado de biofertilizantes no país (Mordor Intelligence, 2022b), seu crescimento é impulsionado pelo aumento na produção de culturas e fertilizantes (The Business Research Company, 2023) e pelo custo que, de acordo com a Associação Nacional de Produtores e Importadores de Inoculantes (ANPII), o fertilizante químico é cerca de USD 192,1 por hectare, enquanto os inoculantes de biofertilizantes custam menos de USD 9,6 por hectare (Mordor Intelligence, 2022b). O crescimento da população também é outro fator para o aumento da demanda. Por exemplo, as exportações agrícolas brasileiras totalizaram USD 13,94 bilhões em maio de 2021, um aumento de 33,7% em relação ao mês correspondente em 2017 (The Business Research Company, 2023) (**Figura 35**).

Figura 35 - Mercado e Projeção de crescimento de biofertilizantes no Brasil, em USD Milhões

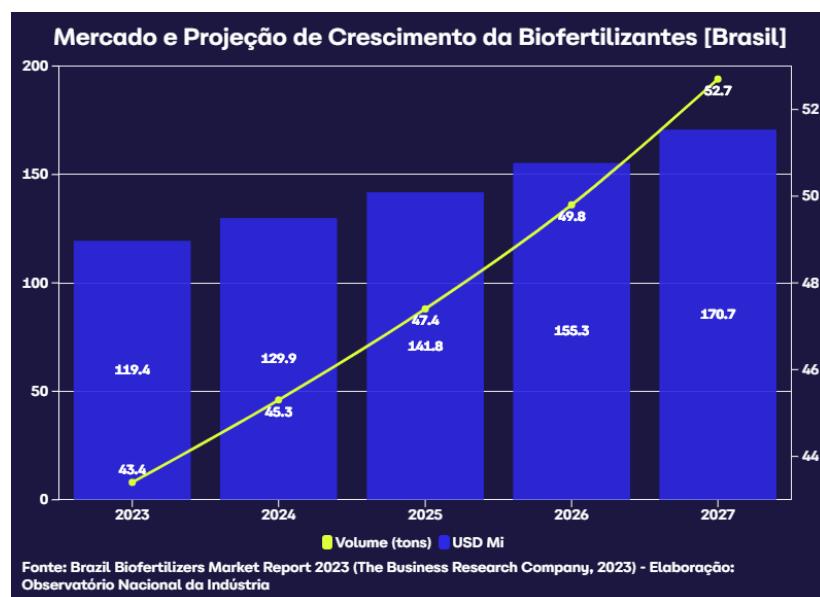


Gráfico animado (clique no link)	<a href="#">Mercado e Projeção de Crescimento Biofertilizantes em Receita (USD Mi) [Brasil]</a>
-------------------------------------	---

Conforme **Figura 35**, a expectativa de crescimento do mercado brasileiro é de USD 125,8 milhões em 2023 para USD 239,4 milhões em 2027, representando um CAGR de 17,45%.

Este crescimento pode ser atribuído às iniciativas favoráveis do governo para atender as demandas de fertilizantes. Por exemplo, em 2022 o governo brasileiro lançou o Plano Nacional de Fertilizantes, que pretende diminuir as taxas de importação de 85% para 45% em 2050, pois quase 85% dos fertilizantes da agricultura brasileira são importados (The Business Research Company, 2023). Em termos de volume, conforme também apresentado pela **Figura 35**, o mercado brasileiro atingiu 43,4 mil toneladas em 2023 e possui projeção de alcançar 52,4 mil toneladas em 2027 a um CAGR de 4,82%.

### 3.3. Análise de Pestel

A análise PESTEL é derivada de um modelo chamado PEST, que corresponde às iniciais das categorias das variáveis macroeconômicas: política, econômica, sociocultural e tecnológica. Hoje é o modelo mais aceito, envolvendo adicionalmente aspectos legais e de meio ambiente (Marmol, 2015).

A **Figura 36** descreve pontos chave de cada categoria.

*Figura 36 - A técnica PESTEL*



FONTE: Adaptado de Washington State University (2023)

Na sequência, apresenta-se à análise PESTEL para os biofertilizantes, envolvendo os fatores mencionados acima:

### **Fatores políticos**

Diversos governos estão oferecendo incentivos e subsídios para a produção e o uso de biofertilizantes. Há também aumento no financiamento para pesquisa e desenvolvimento de biofertilizantes eficazes e específicos para diferentes regiões (Smart Research Insights, 2023).

Políticas públicas que incentivam a reciclagem de resíduos para a produção de biofertilizantes, como a redução de impostos e a disponibilização de linhas de financiamento atrativas, são fundamentais para impulsionar este setor. Além disso, o aumento do número de empresas registradas para a produção de biofertilizantes demonstra um ambiente regulatório mais favorável, facilitando a entrada de novos players no mercado. No entanto, deve-se ressaltar a necessidade de um programa nacional de difusão de boas práticas de uso eficiente de fertilizantes, o que implica em um maior esforço governamental para educar e capacitar os agricultores sobre os benefícios e métodos de aplicação de biofertilizantes (Brasil, 2023).

Outro fator importante é que a Rússia se consolida como o principal fornecedor de fertilizantes da agricultura brasileira, país envolvido em um conflito bélico com a Ucrânia sofrendo sanções internacionais, o que encarece seus produtos (Feaduaneiros, 2024), fazendo com que os agricultores passem a usar mais biofertilizantes.

### **Fatores econômicos**

A disposição dos consumidores em pagar um preço maior pelos produtos orgânicos torna a agricultura orgânica (e, consequentemente, os biofertilizantes) financeiramente atrativa (Smart Research Insights, 2023).

Ainda, a demanda por bioinsumos, incluindo biofertilizantes, está crescendo rapidamente, o que traz novas oportunidades econômicas para o setor agrícola. Esse crescimento pode ser um importante motor econômico, incentivando investimentos em tecnologia e inovação. Políticas de incentivo fiscal e financeiro podem reduzir significativamente os custos de produção agrícola, promovendo a adoção de biofertilizantes e aumentando a competitividade do agronegócio brasileiro.

No entanto, para que o setor aproveite plenamente essas oportunidades são necessários investimentos substanciais em inovação tecnológica e na formação de mão de obra especializada, capazes de lidar com as novas demandas do mercado de biofertilizantes (Brasil, 2023). Em países em desenvolvimento da América do Sul e África, a acessibilidade e o custo dos biofertilizantes também são barreiras significativas devido ao baixo poder aquisitivo dos agricultores (Smart Research Insights, 2023).

### **Fatores sociais**

O aumento da conscientização dos consumidores sobre os benefícios para a saúde dos alimentos orgânicos em conjunto com o aumento da população global está impulsionando a demanda por biofertilizantes, essenciais para a agricultura orgânica. Além disso, a mudança de dietas baseadas em grãos para dietas ricas em proteínas, especialmente na China e na Índia, impulsiona o uso de biofertilizantes (Smart Research Insights, 2023).

Outro fator é a capacitação e a requalificação dos trabalhadores, cruciais na garantia da eficiência dessas tecnologias no campo. Programas de educação e treinamento contínuo são fundamentais para superar essa barreira, preparando a força de trabalho para as demandas tecnológicas emergentes. Além disso, a resistência cultural à adoção de novas práticas agrícolas pode ser mitigada por meio do desenvolvimento de sistemas mais amigáveis e de fácil manejo, que facilitem a transição dos métodos tradicionais para os mais inovadores (Brasil, 2023).

### **Fatores tecnológicos**

A inovação tecnológica é crucial para o sucesso dos biofertilizantes. O desenvolvimento de tecnologias inteligentes e sistemas mais amigáveis é necessário para aumentar a adoção desses produtos pelos agricultores, destacando a importância de investir em pesquisa e desenvolvimento (P&D) para manter a competitividade e a eficácia dos biofertilizantes (Brasil, 2023).

Há diversos avanços tecnológicos que podem ser citados (Smart Research Insights, 2023; The Business Research Company, 2023) como:

- Produtos inovadores: desenvolvimento de novas cepas de biofertilizantes que são mais eficientes e têm uma aplicabilidade mais ampla.
- Novos processos de produção inovadores e técnicas de formulação

estão sendo empregados para melhorar a vida útil, estabilidade e conveniência de aplicação dos produtos de biofertilizantes

- Customização para culturas e solos: produtos de biofertilizantes personalizados desenvolvidos para tipos específicos de culturas e condições de solo.
- Consórcios microbianos: uso de consórcios microbianos em biofertilizantes que podem fornecer múltiplos benefícios às culturas.
- Melhorias na vida útil: Avanços tecnológicos que prolongam a vida útil e a estabilidade dos biofertilizantes.
- Integração com outros insumos agrícolas: desenvolvimento de biofertilizantes que podem ser efetivamente integrados com outros insumos agrícolas, como biopesticidas.

Além disso, a integração de biofertilizantes com técnicas de agricultura de precisão tem grande impacto na forma como os nutrientes são aplicados nas lavouras. Por exemplo, ferramentas de agricultura de precisão permitem a aplicação direcionada de biofertilizantes, maximizando a eficiência e minimizando o desperdício. Dados agrícolas, utilização de sensores de solo e plantas, drones e robôs emergem como recursos para a aplicação precisa no campo (Smart Research Insights, 2023).

No Brasil, inovações tecnológicas da indústria devem dar novo impulso ao mercado de biofertilizantes. Biotecnologia vegetal, microrganismos, extratos vegetais, fertilizantes que utilizam biomassa e resíduos, e fertilizantes orgânicos e organominerais são tipos de tecnologia que podem impactar substancialmente esta cadeia no horizonte de médio e longo prazo, diminuindo a demanda pelos fertilizantes NPK tradicionais. Deve-se ressaltar que a pressão por restrições ambientais e regulatórias configuram forças atuantes na dinâmica deste setor (INPI, 2023).

Por questões técnicas, por outro lado, os biofertilizantes requerem cuidados especiais para armazenamento a longo prazo, pois contêm cepas vivas de microrganismos e têm vida útil limitada. Há também o risco de outros micro-organismos contaminarem o meio transportador caso a cepa errada seja utilizada.

Além disso, existem algumas condições que precisam ser atendidas para que os microrganismos prosperem e funcionem (nutrientes adequados e uso com fertilizantes químicos). Outro fator é que caso o solo esteja muito quente, seco ou com pH extremo, os biofertilizantes perdem sua eficácia (Smart Research Insights, 2023).

## Fatores de meio ambiente

De acordo com a Smart Research Insights (2023), há uma preocupação crescente sobre os efeitos negativos dos fertilizantes químicos na saúde do solo e no meio ambiente, o que aumenta o interesse em biofertilizantes como uma alternativa sustentável e torna-se crucial para a mitigação das mudanças climáticas. Além disso, há um aumento na ênfase em manter a saúde do solo e a biodiversidade, para os quais os biofertilizantes são vistos como uma solução chave.

O uso de biofertilizantes é uma prática que contribui significativamente para a sustentabilidade ambiental. Sua promoção é uma alternativa aos fertilizantes químicos tradicionais, que têm um impacto ambiental negativo.

A reciclagem de resíduos para a produção de biofertilizantes é um exemplo de prática sustentável que pode ser amplamente adotada, reduzindo a dependência de recursos naturais não renováveis. Incentivar políticas que promovam o uso de biofertilizantes pode ajudar a reduzir o impacto ambiental da agricultura, ao mesmo tempo em que melhora a saúde dos solos e a produtividade agrícola de maneira sustentável (Brasil, 2023).

## Fatores legais

O apoio regulatório e a padronização estão desempenhando um papel importante no crescimento do mercado de biofertilizantes. Governos ao redor do mundo estão implementando regulamentações favoráveis que incentivam tanto a produção quanto o uso de biofertilizantes. Esforços para padronizar esses produtos garantem a qualidade e a eficácia, aumentando a confiança dos agricultores.

Acordos comerciais internacionais estão facilitando a exportação e importação de biofertilizantes, ampliando o alcance do mercado. Além disso, colaborações internacionais estão ajudando a criar estruturas regulatórias unificadas, promovendo uma abordagem global harmonizada para o uso de biofertilizantes (Smart Research Insights, 2023).

Padrões rigorosos de certificação para produtos orgânicos garantem que fertilizantes sintéticos não sejam usados, impulsionando assim o mercado de biofertilizantes (Smart Research Insights, 2023).

Estes fatores são mais detalhados no tópico que trata de leis e regulamentações.

### **3.4. Detalhamento do setor principal**

Baseado no relatório da Technavio (2023), a indústria agrícola é o setor principal no uso de biofertilizantes devido ao aumento da conscientização sobre os riscos à saúde associados ao uso de produtos químicos em alimentos, juntamente com o crescimento da população mundial. No cenário atual, a indústria agrícola está gradualmente migrando para a agricultura orgânica.

Estes são os motivos que potencializam o mercado de biofertilizantes e ocasionam o aumento da demanda, bem como pelo apoio de políticas governamentais que incentivam a agricultura orgânica e a redução do uso de produtos químicos.

Neste contexto, como visto no estudo de mercado, a aplicação mais predominante é em tratamentos de sementes em que os biofertilizantes contendo micro-organismos benéficos como bactérias, fungos ou fungos micorrizos são aplicados diretamente às sementes antes do plantio (The Business Research Company, 2023).

Durante a preparação das sementes, fertilizantes nitrogenados e fosfáticos são combinados em água, e as sementes são imersas nessa mistura. Após a aplicação da pasta, as sementes são secas e devem ser semeadas rapidamente para evitar a destruição por germes nocivos.

No solo onde a cultura será cultivada, um leito de água é preparado para mergulhar as raízes das mudas na solução química. As mudas ficam submersas na água tratada com biofertilizantes por 8 a 10 horas, permitindo que as raízes absorvam o inóculo, antes de serem transferidas. Esse método beneficia culturas como tomate, arroz, cebola e flores (Ullah *et al.*, 2023).

Os biofertilizantes, em sua maioria, podem ser aplicados na forma de pulverizações no solo ou dossel das plantas, sendo aplicados de modo isolado ou em conjunto com herbicidas, ou também aplicados por meio de sistemas de fertirrigação. O desenvolvimento do macro, meso e microfauna do solo pode proporcionar aumentos da porosidade do solo, matéria orgânica e mineralização de nutrientes, favorecendo os cultivos agrícolas (Nunes *et al.*, 2023).

Portanto, aplicar biofertilizantes diretamente nas sementes melhora sua qualidade e lhes proporciona acesso a nutrientes vitais e bactérias saudáveis. Várias razões, incluindo as seguintes, estão impulsionando esta aplicação:

- Oferece uma maneira prática e eficaz de aplicar biofertilizantes diretamente às plântulas, garantindo absorção eficiente.
- Com a crescente demanda por práticas agrícolas sustentáveis, o tratamento de sementes reduz a necessidade de fertilizantes químicos convencionais e pesticidas (Technavio, 2023).

No entanto, o tratamento de sementes nem sempre pode alcançar o sucesso porque a sobrevivência das cepas inoculadas geralmente é muito reduzida. Em muitos casos, a "inoculação do solo" tem sido opção, que oferece a oportunidade de aplicar uma grande concentração de população bacteriana no solo (Barman, Das e Bhattacharya, 2019).

Potenciais usuários de biofertilizantes, como mencionado no estudo do ecossistema e cadeia de valor, podem ser variados e incluem agricultores orgânicos, grandes produtores agrícolas preocupados com a sustentabilidade, pequenas fazendas familiares e até mesmo jardineiros domésticos. Estes usuários buscam eficácia do produto, custo-benefício, facilidade de aplicação e menor impacto ambiental.

A confiabilidade e a certificação do produto são fatores importantes a considerar, especialmente em mercados onde a agricultura orgânica é regulada por normas rigorosas. O suporte técnico e a disponibilidade de informações sobre o uso correto dos produtos também impactam na decisão de compra dos agricultores (Technavio, 2023).

As tecnologias atuais de biofertilizantes envolvem a utilização de microrganismos como Rhizobium, Azotobacter, Azospirillum e Bacillus, promovem o crescimento das plantas por meio da fixação de nitrogênio, solubilização de fosfato e mobilização de potássio, sendo as tecnologias mais usadas. Elas competem diretamente com os fertilizantes químicos tradicionais, compostagem e o uso de esterco animal. Além disso, existem outras soluções que, embora não biológicas, também visam melhorar a saúde do solo e a produtividade das culturas, como aditivos de solo químicos (Technavio, 2023).

### **3.5. Modelo para captura do potencial de valor da tecnologia**

Baseado no estudo das cinco forças de Porter do relatório da Technavio (2023), duas hipóteses podem ser levantadas:

- 1) A conscientização sobre os perigos à saúde associados ao uso de produtos químicos e o aumento da demanda por alimentos mais saudáveis e seguros impulsionam o mercado de biofertilizantes.
- 2) A limitação da terra arável disponível por pessoa e a necessidade de aumentar a produção de alimentos para uma população crescente tornam os biofertilizantes uma solução promissora.

Para a primeira hipótese, a aplicação de biofertilizantes na agricultura orgânica pode ser usada como principal fonte de nutrição para culturas. A estratégia de posicionamento para este caso pode incluir o uso de biofertilizantes como uma alternativa segura e saudável aos fertilizantes químicos, destacando benefícios como sustentabilidade e segurança alimentar.

Já para a segunda hipótese, pode ser aplicado para melhorar o rendimento das colheitas em terras aráveis que são limitadas. Promover biofertilizantes como uma solução mais eficiente para maximizar a produtividade agrícola pode ser uma estratégia de posicionamento neste caso. Estratégico não apenas pela possibilidade de mitigação da vulnerabilidade da cadeia de valor da agroindústria nacional, mas também como um dos diversos caminhos possíveis para que o país se consolide como potência verde e exerça papel de protagonismo no contexto da bioeconomia (INPI, 2023).

Como já citado, regiões como a Ásia-Pacífico (APAC) apresentam uma demanda crescente por alimentos orgânicos devido à industrialização e urbanização. Nessas regiões, a combinação de crescimento econômico, aumento da renda per capita e expansão da população urbana que busca alimentos mais saudáveis cria um ambiente propício para a introdução de biofertilizantes.

No caso da China e da Índia, por possuírem vastas áreas de cultivo e serem os maiores produtores agrícolas do mundo, focar em profissionais de agricultura orgânica destas regiões se torna uma alternativa de grande impacto. Além disso, o aumento do poder de compra dos agricultores nesses países, combinado com o apoio governamental à agricultura sustentável, cria um ambiente mais favorável para a adoção de biofertilizantes.

Os agricultores em mercados emergentes, que já estão familiarizados com práticas agrícolas modernas e estão em transição para métodos de cultivo orgânico, representam uma base de clientes com alta probabilidade de adotar novos produtos para aumentar a produtividade e reduzir o impacto ambiental. A disponibilidade de programas de subsídios e incentivos governamentais para práticas agrícolas sustentáveis nesses países também facilita a adoção inicial de biofertilizantes (The Business Research Company, 2023; Technavio, 2023).

Uma questão relevante dentro de um negócio é o modelo de captura de valor, pois sem ele o negócio não prospera. Castro et al. (2020) afirmam que o tema da captura de valor refere-se ao modo como uma empresa obtém retornos financeiros a partir de seu modelo de negócio e de sua proposição de valor concebida. A função de criação de valor descreve como recursos e capacidades devem ser alocados para criar o valor desejado dentro da rede de criação de valor, que consiste em empresas que cooperam para melhorar a função de criação de valor (Astrom, Reim e Parida, 2022).

Segundo Johnson, Christensen e Kagerman (2008 apud Castro et al., 2020), enxergam quatro grandes componentes entrelaçados em um modelo de negócios. Eles chamam o elemento que corresponde à captura de valor como fórmula do lucro. Este elemento inclui outros quatro subcomponentes, a saber:

- O modelo de receita, que deve incluir o preço e o volume de vendas;
- A estrutura de custos;
- O modelo de margem, que irá definir a contribuição de cada transação a fim de se atingir os lucros esperados;
- A velocidade dos recursos, envolvendo aí como a empresa deverá utilizar os seus recursos a fim de se atingir os volumes e os lucros esperados.

Em resumo, constitui, portanto, uma visão econômica mais ampla do fenômeno da captura de valor. A captura de valor por meio de um modelo de receita não é um tema abordado de forma específica, ampla e estruturada, em suas diversas dimensões. Geralmente, toma-se por certa a sua compreensão, quando na realidade os termos relacionados são muitos e apresentam diferenças de significados que, se devidamente esclarecidos, podem proporcionar maior riqueza tanto para a compreensão do termo para a pesquisa quanto para a prática gerencial (Castro et al., 2020).

Na sequência, é apresentada, parcialmente, uma estrutura das variáveis de decisão de um modelo de receita (**Figura 38**) que é baseada nos fundamentos teóricos e nos dados secundários levantados, além da própria experiência dos autores. Ela lista algumas das principais variáveis de decisão envolvidas na configuração de um modelo de receita sem, entretanto, esgotá-la.

Além das variáveis de decisão apresentadas parcialmente nesse quadro, há ainda as seguintes variáveis:

- Qual é a margem de lucro?
- Qual é o volume de vendas esperado?
- Que descontos dar?
- Quem oferta o preço?
- Cobrar preço fixo ou variável?
- Onde cobrar?
- Quem irá cobrar?
- Qual meio de pagamento receber?
- Qual será o prazo de pagamento?
- Qual mecanismo específico utilizar? (Castro et al., 2020)

No quadro representado na **Figura 37** apresentamos a estrutura das variáveis de decisão (parcial) de um modelo de receita.

Figura 37 - Estrutura das variáveis de decisão (parcial) de um modelo de receita

Variáveis de Decisão	Descrição	Algumas Possibilidades
O quê cobrar?	Quais itens irão gerar receita?	Produto, serviço, patrocínio, software, publicidade, ativo virtual, funcionalidade, indicações de clientes, juros, informação, serviço extra.
De quem cobrar?	Quem pagará por cada item?	Compradores, usuários, vendedores, patrocinadores, anunciantes, parceiros.
Como cobrar?	Qual é a forma utilizada para se especificar (fórmula do preço)?	Venda simples, licença de uso, aluguel, assinatura, royalties, leilão, comissão ou taxa de corretagem, precificação dinâmica, pague o quanto quiser, dê o seu preço, honorários, taxa de juros, preço fixo independente do volume, preço fixo mais volume variável, taxa, percentual das vendas, pagamento por uso.
Qual a unidade de cobrança?	O preço varia em função de qual medida do que é oferecido?	Unidade, metro, hora, dia, mês (tempo), quilômetro (distância), grama (peso), peça, vendas, serviço, tempo x distância, evento, Gb, Mbps.
Quando cobrar?	Em que(ais) momento(s) o cliente faz o pagamento?	Antes, após, durante, na chegada (hotel), no fechamento do contrato (sinal), ao longo do tempo.

FONTE: Castro et al. (2020)

Esta proposição se constitui, então, em uma ferramenta gerencial que serve tanto à descrição e análise de um modelo de receita para uma empresa existente quanto para o projeto de um novo modelo de receita, ressaltando que uma empresa pode criar diferentes modelos de receita para cada um dos seus produtos ou serviços. Além disso, ao elaborar a configuração de um modelo de receita, a empresa pode perceber a necessidade de reconfigurar

também os respectivos produtos ou serviços oferecidos. Dessa forma, eventualmente, a criação e a captura de valor podem se misturar inextricavelmente (Castro et al. 2020).

### **3.6. Legislação/regulamentação**

#### **Legislação global**

Bharti e Suryavanshi (2021) explicam que países como Estados Unidos (EUA) e da União Europeia (UE) têm investido uma grande quantidade em pesquisas científicas na área de biofertilizantes. No entanto, esses países carecem de um quadro bem definido sobre a produção de biofertilizantes.

No regulamento da Comissão da UE n. 889/2008 sobre produção orgânica, os microrganismos como insumos potenciais para a agricultura são incluídos apenas como agentes de biocontrole ou biopesticidas, mas não como biofertilizantes. Da mesma forma, o Programa Nacional Orgânico dos EUA lista micróbios na proteção de plantas. Países como Espanha e Itália, que são os principais produtores de cultivos orgânicos, também carecem de uma definição legal de biofertilizantes ou promotores de crescimento vegetal. Devido ao compromisso de promover métodos agrícolas ecologicamente corretos e sustentáveis, a União Europeia vem trabalhando para desenvolver padrões satisfatórios e disposições legais adequadas para incentivar e auxiliar a produção e o uso de biofertilizantes (ou seja, produtos formulados contendo micro-organismos) através do Programa Horizonte 2020.

Os mesmos autores ainda pontuam que os parâmetros de qualidade dos biofertilizantes são regidos por leis nacionais ou locais, tornando difícil para iniciativas multinacionais. No entanto, a China, por exemplo, tem projetado diretrizes, manuais de qualidade e procedimentos operacionais padrão para produzir biofertilizantes.

A atualização e revisão das normas internacionais existentes (Norma ISO 7851:1983 sobre fertilizantes e condicionadores de solo - Classificação e Norma ISO 8157:1984 sobre fertilizantes e condicionadores de solo - vocabulário) podem ser o primeiro passo para o desenvolvimento de melhores disposições legais e padrões adequados.

#### **Legislação no Brasil**

Voltando o olhar ao Brasil, existe o Plano Nacional de Fertilizantes do Governo Federal que visa fortalecer políticas de incremento da competitividade da produção e da distribuição de fertilizantes no Brasil de forma sustentável (Brasil, 2022).

O Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) é a entidade que regula os registros, embalagem, etiquetagem, licenças e regras ambientais de biofertilizantes no Brasil, sendo este último envolvendo também o IBAMA (Mordor Intelligence, 2022a).

Conforme Brasil (2017), a legislação abrange diversas normas e instruções que visam garantir a inspeção, fiscalização, produção, comércio e uso seguro e eficaz desses produtos na agricultura. A Lei nº 6.894/1980 e seu regulamento, aprovado pelo Decreto nº 4.954/2004, são os pilares principais dessa regulamentação, estabelecendo as bases para a fiscalização e inspeção desses produtos.

Adicionalmente, várias Instruções Normativas (INs) detalham critérios específicos para definição, classificação, registro, e comercialização, bem como métodos oficiais de análise e ensaios. Por exemplo, a IN nº 53/2013, alterada pela IN nº 3/2020, define regras detalhadas para registro e renovação de registros, enquanto a IN nº 39/2018 e a IN nº 05/2016 estabelecem especificações, garantias e requisitos de embalagem e rotulagem, bem como a IN nº 61/2020 (Brasil, 2017; Mordor Intelligence, 2022a).

Outras instruções normativas abordam aspectos específicos, como os limites de contaminação por agentes fitotóxicos (IN nº 27/2006) e normas para a importação e dispensa de registro (IN nº 08/2003). Há também foco na inovação e no controle de qualidade, com normas para métodos analíticos oficiais (IN nº 28/2009 e IN nº 31/2008) e regras para inspeção e sistemas de análise de risco (IN nº 51/2011).

É importante destacar que alguns estados e municípios podem ter regulamentações específicas adicionais relacionadas à produção, uso e controle de biofertilizantes, especialmente se estiverem envolvidos em programas de agricultura orgânica ou sustentável. Por exemplo, no Rio de Janeiro, a Lei Nº 9716 de 10 de junho de 2022 institui o Plano Estadual de Fertilizantes, Biofertilizantes e a Política Especial Tributária destinada à Cadeia Produtiva de Fertilizantes e Biofertilizantes e dá outras providências.

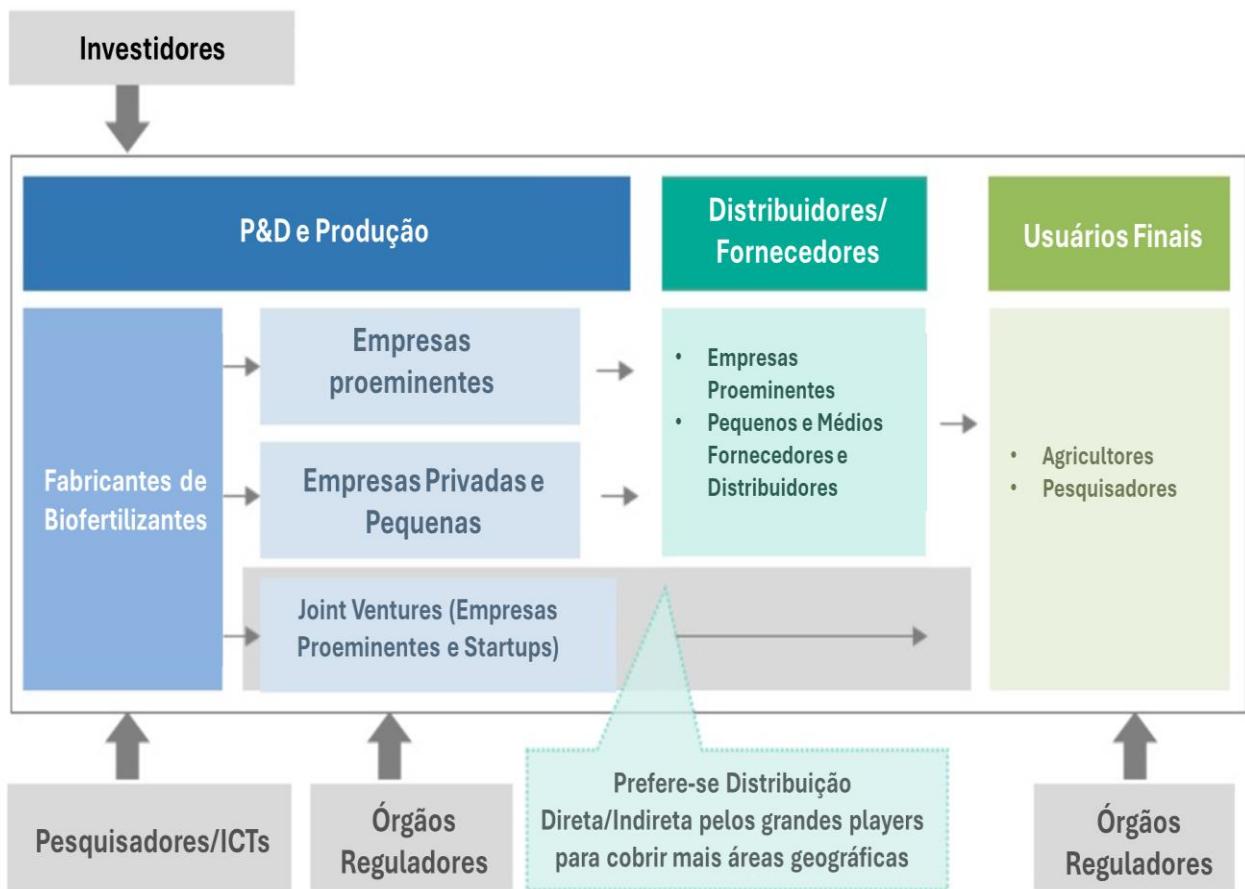
Segundo Yadav e Yadav (2024) os desafios para se adequar a padrões, normas e regulamentações ligadas aos biofertilizantes incluem preocupações com a biossegurança. É essencial garantir que os biofertilizantes sejam seguros para uso e não apresentem riscos ambientais ou à saúde humana. Isso exige testes rigorosos, avaliação de segurança e eficácia antes da comercialização.

Outro ponto destacado é a complexidade e tempo dos processos regulatórios. Atender estas regulamentações pode ser complexo e demorado, o que pode dificultar a comercialização dos biofertilizantes.

### 3.7. Atores do ecossistema associado à tecnologia

De forma mais abrangente, o ecossistema para a produção de biofertilizantes (**Figura 38**) é composto por grandes *players*, instituições de desenvolvimento científico, empresas pequenas e médias, *startups*, distribuidores, agricultores e órgãos de regulamentação.

*Figura 38 - Composição do ecossistema de biofertilizantes*



FONTE: Adaptado de Markets and Markets (2024)

A **Figura 39** ilustra alguns destes atores internacionais relacionados à biofertilizantes. O ecossistema brasileiro é considerado logo na sequência.

Figura 39 - Atores do ecossistema internacional de biofertilizantes

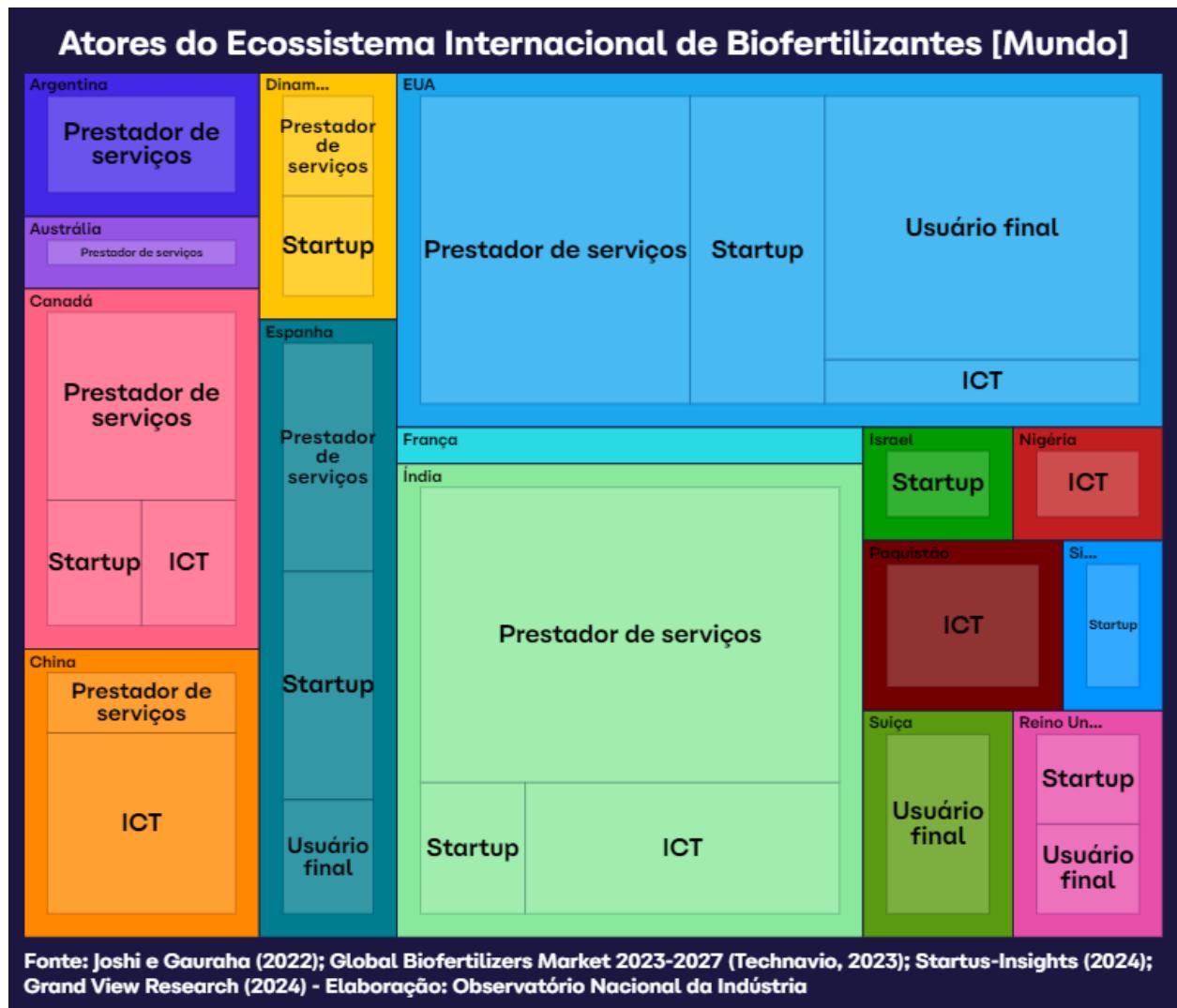


Gráfico animado (clique no link)	<a href="#">Ecossistema Internacional [Mundo]</a>
----------------------------------	---

O ecossistema nacional para o mercado de biofertilizantes possui diversos atores como universidades públicas e privadas, centros tecnológicos (inclusive em conjunto com as universidades), startups e fornecedores que atuam no abastecimento de bioinsumos, consultorias e/ou serviços laboratoriais e usuários finais, envolvendo produção de grãos, oleaginosas, frutas, e produtos florestais, além de processamento de alimentos.

A **Figura 40** ilustra alguns destes atores divididos por região.

Figura 40 - Ecossistema Nacional de Biofertilizantes

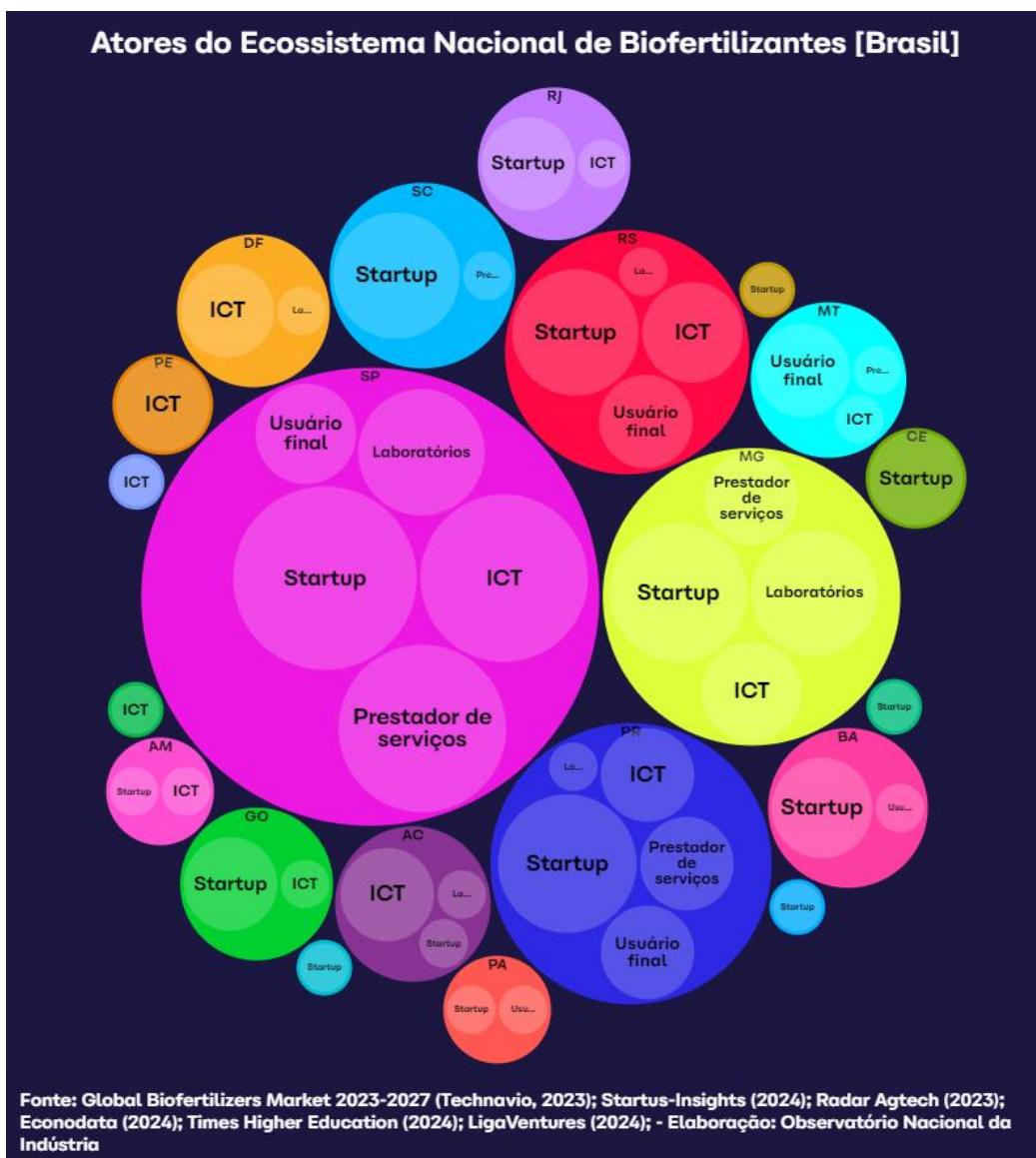


Gráfico animado (clique no link)

[Ecossistema Nacional \[Brasil\]](#)

Especificamente sobre startups, o relatório do Radar Agtech realiza um mapeamento extenso do agronegócio brasileiro com centenas de empresas que envolvem desde serviços financeiros até análises laboratoriais. No caso, considerou-se a categoria Antes da Fazenda, que se refere a ações que um produtor agropecuário precisa realizar antes de começar a produção e na subcategoria Fertilizantes, Inoculantes e Nutrição Vegetal (Dias, Jardim e Sakuda, 2023).

Figura 41: Startups brasileiras que atuam com Biofertilizantes.

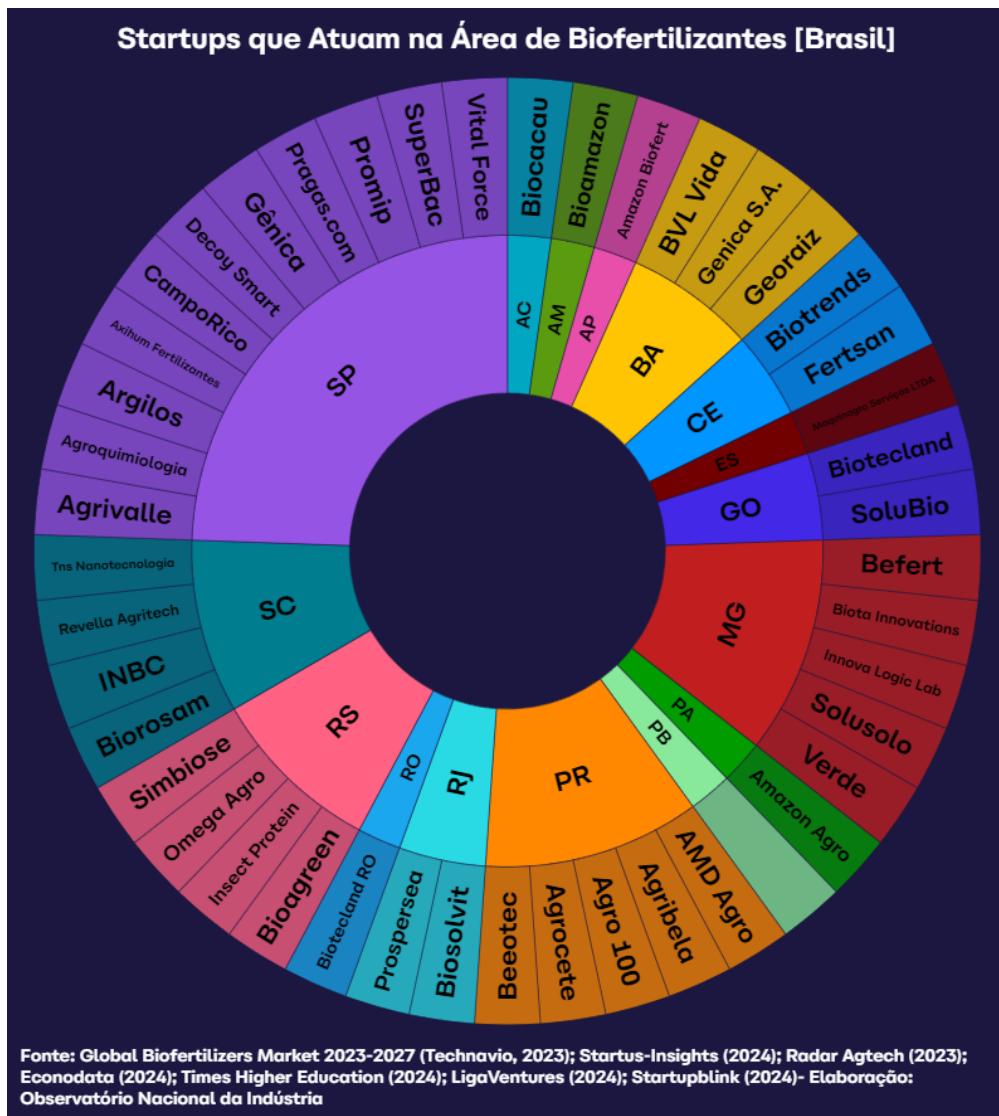


Gráfico animado (clique no link)	<a href="#">Startups que Atuam na Área de Biofertilizantes [Brasil]</a>
-------------------------------------	---

Segundo BioFit (2024b), existem alguns procedimentos para o controle de qualidade de biofertilizantes que envolvem:

### Rhizobium

- Teste de pré-cultura: avaliação do crescimento, pureza, coloração de Gram, composição do caldo e pH.
- Morfologia celular: observação da forma e tamanho das células sob

microscópio.

- Contagem viável: contagem de células vivas por métodos de placa espalhada ou gota.
- Teste de turfa: verificação de pH, conteúdo de umidade, número viável e método de infecção de plantas.

### **Fixadores de N<sub>2</sub> não-simbióticos**

- Avaliação do crescimento: contagem de células, massa celular e atividade celular utilizando métodos diretos e indiretos.

### **Micorrizas (fungos micorrízicos arbusculares - AMF)**

- Controle de qualidade laboratorial: extração e análise de esporos.
- Controle na sala de preparação: isolamento de materiais e manutenção de limpeza.
- Controle na sala de crescimento: controle de temperatura e prevenção de contaminação.
- Controle na sala de armazenamento: armazenamento adequado e limpeza regular.

### **Solubilizadores de fosfato**

- Certificação: verificação dos componentes garantidos, densidade microbiana e atividade biológica.

Existem diversos laboratórios públicos e privados no Brasil que realizam análises e testes para este controle de qualidade. Alguns atores abaixo que podem atender parcial ou completamente esta demanda:

- BIOAGRO (2024) - Universidade Federal de Viçosa (UFV): laboratórios de análises bioquímicas, associações micorrízicas, entre outros.
- UNESP (2024) - Universidade Estadual Paulista: laboratórios de microbiologia agrícola, fertilidade do solo, nutrição de plantas, análise química, entre outros.
- UFLA (2024) - Universidade Federal de Lavras: laboratórios de tecnologia para fertilizantes, estudo da matéria orgânica, tecnologia para fertilizantes, entre outros.
- BIOINSULAB - Embrapa (2024a): laboratório multiusuário de bioinsumos para agropecuária.
- Embrapa (2024b) Clima Temperado: laboratórios de fertilidade do solo, fitopatologia, microbiologia do solo, nutrição de plantas, entre outros.
- ESALQ ([2024]) - USP: laboratórios de fertilizantes, corretivos e resíduos orgânicos, microbiologia do solo, tecnologia de fertilizantes, bioquímica, entre outros.
- UFU ([2024]) - Universidade Federal de Uberlândia: laboratórios de análises de sementes, microbiologia agrícola e ambiental, tecnologia de Fertilizantes, entre outros.

- SGS (2024) Paraná: Laboratório de Análise de Fertilizantes
- UFSCar ([2024] - Universidade Federal de São Carlos: Laboratório de Microbiologia Agrícola e Molecular e outros.
- Selegam (2024): Laboratório de Análise de Sementes
- UFSM (2024) - Universidade Federal de Santa Maria: Teste de Germinação, Análises de Pureza, entre outros.
- UCS (2024a) - Universidade de Caxias do Sul: Laboratórios de Biotecnologia, Química e Fertilidade do Solo, entre outros

Existem diversas iniciativas de financiamento internacional relacionadas a biofertilizantes, muitas delas focadas em promover práticas agrícolas sustentáveis e apoiar o desenvolvimento de tecnologias ambientalmente amigáveis, podendo incluir:

- Investment Project Financing (IPF) do Banco Mundial (2024): utilizado em setores como infraestrutura, agricultura e desenvolvimento humano, focando em médio a longo prazo.
- IDB (2024) - Banco de Desenvolvimento Interamericano: Possui projetos para subsídios financeiros e técnicos voltados para a agricultura na América Latina.
- EIB - European Investment Bank (2024): possui linhas de financiamento voltadas a iniciativas verdes para pequenas, médias e grandes empresas, tanto para entidades privadas quanto públicas.
- IFAD (2024) - Fundo Internacional para o Desenvolvimento Agrícola: possui projetos que melhoraram o acesso dos agricultores aos mercados de insumos e produtos, bem como serviços financeiros rurais que lhes permitirão investir nas fazendas.
- GCF - Green Climate Fund (2024): envolve setores público e privado em instrumentos financeiros flexíveis, permitindo-lhe responder a contextos de investimento específicos e barreiras de mercado.

No Brasil, existem diversas linhas de financiamento voltadas para biofertilizantes. Algumas das principais opções são:

- BNDES Finem (BNDES, 2024c): financiar a produção e a comercialização de bioinsumos por meio do BNDES Finem (produto voltado a operações superiores a R\$ 20 milhões) e do BNDES Crédito Rural Custo (acessível a produtores de menor porte, inclusive pessoas físicas);
- Pronaf ABC+ Bioeconomia (BNDES, 2024b): Projetos de construção ou ampliação de unidades de produção de bioinsumos e biofertilizantes na propriedade rural, para uso próprio;
- Pronamp – Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (BNDES, 2024a): Financiamento para custeio e investimentos dos médios produtores rurais em atividades agropecuárias.
- Renovagro – Programa de Financiamento a Sistemas de Produção

Agropecuária Sustentáveis (BNDES, 2024d): financiamento a investimentos que contribuem para a redução de impactos ambientais causados por atividades agropecuárias.

- Bioinsumos (Itáu, 2023): linha para incentivar a comercialização e o uso dessa categoria de insumos nos sistemas de produção.

Segundo o estudo feito pela Mordor Intelligence (2022), o mercado brasileiro de biofertilizantes teve crescimento significativo nos últimos anos devido à preocupação crescente dos agricultores com a toxicidade dos agroquímicos e a necessidade de aumentar a produtividade agrícola de maneira sustentável. Empresas como Corteva Agriscience, Plant Response e Valagro se destacaram não apenas pela expansão de suas operações, mas também por meio de aquisições estratégicas que fortaleceram suas posições no mercado.

Para desenvolver parcerias e negócios neste segmento, critérios como complementaridade de recursos e tecnologias é fundamental, permitindo a combinação de capacidades para oferecer soluções integradas que atendam às demandas dos agricultores mais modernos. Além disso, as empresas buscam parceiros que compartilhem compromissos com práticas agrícolas sustentáveis e desenvolvimento de produtos orgânicos, alinhados com as exigências do mercado nacional e global.

A capacidade de escalabilidade também é determinante; parceiros são selecionados com base na capacidade de expandir operações e aumentar a produção de biofertilizantes para atender à crescente demanda por soluções ambientalmente responsáveis. A inovação contínua é valorizada, e parcerias são estabelecidas com empresas comprometidas com P&D de novas formulações microbiológicas e biológicas, visando melhorar a eficiência e sustentabilidade da agricultura.

Quanto aos potenciais parceiros, destacam-se grandes corporações do setor agroquímico e de fertilizantes, como Corteva Agriscience e The Mosaic Company, interessadas em expandir suas operações para incluir soluções de biofertilizantes em seu portfólio. Além disso, universidades e centros de pesquisa desempenham papel essencial como parceiros estratégicos, contribuindo com conhecimento científico avançado e estudos sobre interações planta-microrganismo. Consultores agrícolas e agrônomos também são importantes, fornecendo suporte técnico e educacional aos agricultores na adoção de novas tecnologias.

Organizações governamentais e instituições de financiamento complementam o quadro, oferecendo subsídios, financiamento e incentivos para impulsionar o desenvolvimento e a adoção de tecnologias de biofertilizantes, promovendo práticas agrícolas sustentáveis e o crescimento do mercado.

#### 4. ANÁLISE DE DEMANDAS POR TREINAMENTOS E QUALIFICAÇÃO

O Plano Nacional de Fertilizantes 2050 (Brasil, 2023) aborda de forma abrangente o mercado dos biofertilizantes no Brasil. Nesse documento, que também se alinha ao estudo de mercado deste trabalho, destaca-se que a demanda por bioinsumos, incluindo biofertilizantes, está crescendo em escala global.

No entanto, há uma falta de inovação significativa e treinamento especializado, especialmente em produtos à base de rizóbios e outros promotores de crescimento vegetal.

Apesar do aumento no uso de inoculantes no Brasil, a maior parte desse mercado se direciona à soja, deixando outras culturas, como o milho, com menor cobertura. Isso sugere uma necessidade de capacitação e diversificação no uso de biofertilizantes para diferentes culturas. Outro ponto é que o número de empresas registradas para a produção de biofertilizantes aumentou significativamente nos últimos anos, de algumas dezenas para mais de 150.

Isso indica um crescimento na oferta, mas também ressalta a necessidade de mais treinamentos para acompanhar essa expansão. O uso de inoculantes cresceu substancialmente, com cerca de 90 milhões de doses utilizadas em aproximadamente 45 milhões de hectares. No entanto, a capacitação ainda é necessária para expandir o uso para outras culturas além da soja.

O sucesso na reciclagem de resíduos para a produção de fertilizantes, incluindo biofertilizantes, em outros países, baseia-se principalmente em políticas públicas de incentivo. Tais políticas incluem redução de impostos e linhas de financiamento atrativas para atividades de reciclagem.

No Brasil, a implementação de políticas semelhantes poderia fortalecer a cadeia de biofertilizantes, promovendo a inovação e o aproveitamento de subprodutos de diversas fontes.

Um aspecto importante a ser considerado é o perfil do profissional requerido para atuar com biofertilizantes. As **Figuras 42, 43, 44, 45 e 46** podem ser verificados os tipos de perfil que devem ser demandados pelas empresas industriais desse ramo.

*Figura 42 - Perfil de Agrônomo e Cientista do Solo*

Profissional	Funções/Atividades
Agrônomo e Cientista do Solo	Planejar os cultivos e rotação de culturas
	Desenvolver estratégias de manejo sustentável
	Maximizar a produtividade do uso de biofertilizantes
	Desenvolver práticas de conservação da qualidade do solo
	Usar biofertilizantes de forma segura e eficiente

Fonte: Observatório Nacional da Indústria

*Figura 43 - Perfil do Microbiologista*

Profissional	Funções/Atividades
Microbiologista	Isolar micro-organismos com potencial para promover o crescimento das plantas
	Identificar a caracterização taxonômica dos micro-organismos
	Realizar testes laboratoriais para avaliar eficácia dos micro-organismos
	Desenvolver formulações de biofertilizantes com micro-organismos

Fonte: Observatório Nacional da Indústria

*Figura 44 - Perfil do Engenheiro Agrícola*

Profissional	Funções/Atividades
Engenheiro Agrícola	Projetar sistemas de produção de biofertilizantes, como biorreatores
	Implementar processos automatizados para produção em larga escala de biofertilizantes
	Desenvolver métodos de monitoramento para medir o impacto dos biofertilizantes na saúde do solo e crescimento das plantas

Fonte: Observatório Nacional da Indústria

*Figura 45- Perfil do Especialista em Controle de Qualidade e Assuntos Regulatórios*

Profissional	Funções/Atividades
Especialista em Controle de Qualidade e Assuntos Regulatórios	Garantir que todos os processos de produção e produtos finais estejam em conformidade com as exigências legais
	Estabelecer e implementar protocolos de controle de qualidade para a produção de biofertilizantes

Fonte: Observatório Nacional da Indústria

Figura 46 - Perfil do Biotecnologista

Profissional	Funções/Atividades
Biotecnologista	Isolar e identificar micro-organismos
	Desenvolver cepas microbianas que possam fixar nitrogênio, solubilizar fosfato e produzir hormônios de crescimento vegetal
	Desenvolver e otimizar processo de fermentação para produção de micro-organismos

Fonte: Observatório Nacional da Indústria

Portanto, o crescimento do mercado de biofertilizantes demanda mão de obra qualificada para operar novas tecnologias e desenvolver soluções inovadoras. A requalificação e a aprendizagem contínua são essenciais para acompanhar as novas demandas do mercado.

As qualificações associadas a biofertilizantes no Brasil envolvem instituições públicas e privadas, muitas delas citadas no tópico anterior. Estas qualificações podem se apresentar em cursos técnicos, de graduação, pós-graduação (*stricto* e *lato sensu*), workshops, treinamentos e cursos livres. Estes atores podem ser encontrados em todos os estados brasileiros, formando uma lista extensa do ecossistema nacional como visto no tópico anterior.

O desenvolvimento de biofertilizantes é um campo complexo e interdisciplinar que requer um vasto conjunto de conhecimentos, sendo eles técnicos, científicos e de gestão, podendo ser citados:

- Química orgânica e inorgânica;
- Biotecnologia;
- Biologia molecular;
- Microbiologia;
- Engenharia genética;
- Bioquímica;
- Agronomia;
- Desenvolvimento de produtos;
- Empreendedorismo e gestão.

Estes conhecimentos podem ser adquiridos, por exemplo, em cursos técnicos, de graduação (por exemplo: Química, Alimentos, Ciências Biológicas, Engenharia Agronômica, Engenharia Ambiental, Biotecnologia e Agronomia), que são altamente relevantes para aqueles que desejam ingressar nesse mercado.

Dentre as instituições em destaque, podem ser citadas:

- UFMT (2024) - Universidade Federal do Mato Grosso: graduação em

- agronomia, química, engenharia de alimentos e ciências biológicas.
- ESALQ (2024) - Universidade de São Paulo: graduação em ciências Biológicas, Engenharia Agronômica, Ciências dos Alimentos e Gestão Ambiental
  - UFV (2024) - Universidade Federal de Viçosa: graduação em ciências agrárias, ciências biológicas, curso técnico em alimentos.
  - UFU (2024b) - Universidade Federal de Uberlândia: graduação em agronomia, química, ciências biológicas, engenharias de alimentos e química, entre outros.
  - UFPR (2024) - Universidade Federal do Paraná: ciências biológicas, química e engenharia química
  - UFAC (2024) - Universidade Federal do Acre: graduação em engenharia agronômica e ciências biológicas
  - UCS (2024b) - Universidade de Caxias do Sul: graduação em ciências biológicas, engenharia de alimentos, entre outros.
  - UFScar (2024a) - Universidade Federal de São Carlos: graduação em engenharia agronômica, engenharia de alimentos, ciências biológicas e química, entre outros.
  - UNICAMP (2024) - Universidade Estadual de Campinas: graduação em química, ciências biológicas, engenharias química e de alimentos e cursos técnicos pelo COTUCA como alimentos e meio ambiente.
  - CPS (2024) - Centro Paula Souza: cursos técnicos em agroecologia, agropecuária e superiores em agronegócio e agroindústria sendo modulares ou integrados ao ensino médio.

Adicionalmente, alguns cursos de formação continuada envolvem treinamentos, especializações, cursos de extensão, mestrado e doutorado, como por exemplo:

- Embrapa (2022): curso de aproveitamento de resíduos no preparo de bioinsumos envolve aspectos legais, preparação dos compostos orgânicos e biofertilizantes líquidos, entre outros;
- Técnicas agroecológicas no manejo de resíduos e compostagem para agricultura urbana e periurbana: oferecido pelo Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome (Brasil, 2024b);
- ESALQ (2024): cursos de especialização em bioinsumos e proteção de plantas, solos e nutrição de plantas e fisiologia vegetal, nutrição e desenvolvimento de plantas. Programa de pós-graduação em fisiologia e bioquímica de plantas, microbiologia agrícola e de solos e nutrição de plantas.
- IAC - Instituto Agronômico de Campinas (2024): possui cursos de pós-graduação *stricto sensu* em agricultura tropical e subtropical.
- UFPR - Universidade Federal do Paraná: MBA em Gestão do Agronegócio (UFRP, 2024a), programa de pós-graduação na área de ciências do solo, entre outros (UFRP, 2024b).

- UCS (2024b) - Universidade de Caxias do Sul: especialização em desenvolvimento do agronegócio e grupos de pesquisa em ciências agrárias e biológicas.
- UFU (2024c) - Universidade Federal de Uberlândia: possui programas de pós-graduação em agronomia e em agricultura e informações geoespaciais.
- Ecocert (2024): treinamentos e certificações para agricultura sustentável.
- UFV (2020) - Universidade Federal de Viçosa: pós-graduação em microbiologia agrícola, agroquímica e agronomia (produção vegetal).

## 5. REFERÊNCIAS

- Alcântara, F. (Brasil). Embrapa. O que é e como fazer adubação verde. 2016. Embrapa Arroz e Feijão. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1047024/o-que-e-e-como-fazer-adubacao-verde>. Acesso em: 24 jun. 2024.
- Astrom,J.; Reim, W. e Parida, V. (2022) Value creation and value capture for AI business model innovation: a three-phase process framework. *Review of Managerial Science*, 16: 2111–2133. <https://doi.org/10.1007/s11846-022-00521-z>
- Atieno, M.; Herrmann, L.; Nquyen, H.T.; Phan, H.T.; Nquyen, N.K.; Srean, P.; Than, M. M.; Zhiyong, R.; Tittabutr, P.; Shutsrirung, A.; BRAU, L., e LESUEUR, D. (2020) Assessment of biofertilizer use for sustainable agriculture in the Great Mekong Region. *Science Direct*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030147972031224X>
- Alengebawy, A.; Mohamed, B. A.; Jin, K.; Liu, T.; Ghimire, N.; Samer, M.; Ai, P.. A comparative life cycle assessment of biofertilizer production towards sustainable utilization of anaerobic digestate. *Sustainable Production And Consumption*, [S.L.], v. 33, p. 875-889, set. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.spc.2022.08.016>.
- Banco Mundial (EUA). Financing. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/what-we-do/products-and-services/financing-instruments>. Acesso em: 16 jun. 2024.
- Barman, S.; Das, S.; Bhattacharya, S. S.. The Prospects of Bio-Fertilizer Technology for Productive and Sustainable Agricultural Growth. *New And Future Developments In Microbial Biotechnology And Bioengineering*, [S.L.], p. 233-253, 2019. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-444-64191-5.00017-1>.
- Bhattacharjee, R.; Dey, U.. Biofertilizer, a way towards organic agriculture: a review. *African Journal Of Microbiology Research*, [S.L.], v. 8, n. 24, p. 2332-2343, 11 jun. 2014. Academic Journals. <http://dx.doi.org/10.5897/ajmr2013.6374>.
- Bioagro (Brasil). Laboratórios do Bioagro. Disponível em: <https://bioagro.ufv.br/laboratorios-do-bioagro/>. Acesso em: 17 jun. 2024.
- Biofit (Bulgaria). Application of biofertilizers. 2024a Disponível em: <https://www.bio-fit.eu/q11/lo7-application-of-biofertilizers?showall=1>. Acesso em: 16 jun. 2024.

Biofit (Bulgaria). Procedures for Quality Control of Biofertilizer. 2024b. Disponível em: <https://bio-fit.eu/q8/lo6-quality-control-of-biofertilizers?start=3>. Acesso em: 19 jun. 2024.

Brasil. BNDES. BNDES aprova crédito permanente ao setor de bioinsumos, fortalecendo desenvolvimento sustentável. 2021. Disponível em: [https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes-aprova-credito-permanente-ao-setor-de-bioinsumos-fortalecendo-desenvolvimento-sustentavel#:~:text=A%20partir%20de%20agora%C3%A9,porte%2C%20inclusive%20pessoas%20f%C3%ADsicas\)..](https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes-aprova-credito-permanente-ao-setor-de-bioinsumos-fortalecendo-desenvolvimento-sustentavel#:~:text=A%20partir%20de%20agora%C3%A9,porte%2C%20inclusive%20pessoas%20f%C3%ADsicas)..) Acesso em: 05 jun. 2024.

BNDES (Brasil). Pronaf ABC+ Bioeconomia. 2024b. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/pronaf-bioeconomia>. Acesso em: 11 jun. 2024.

Brasil. MDIC. Plano Nacional de Fertilizantes. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/confert/pnf>. Acesso em: 08 jun. 2024.

Brasil. Ministério do Desenvolvimento Social. Cursos disponíveis. 2024b. Disponível em: [https://novoad.cidadania.gov.br/cursos?gsearch=Agricultura%20Urbana&disciplinecategoryid=&\\_dkey=&disciplineidmasterdependency="](https://novoad.cidadania.gov.br/cursos?gsearch=Agricultura%20Urbana&disciplinecategoryid=&_dkey=&disciplineidmasterdependency=). Acesso em: 08 jun. 2024.

BNDES (Brasil). Pronamp – Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural. 2024a. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/pronamp-investimento>. Acesso em: 11 jun. 2024.

BNDES (Brasil). Renovagro: programa de financiamento a sistemas de produção agropecuária sustentáveis. Programa de Financiamento a Sistemas de Produção Agropecuária Sustentáveis. 2024d. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/renovagro>. Acesso em: 11 jun. 2024.

Brasil. Ministério da Agricultura e Pecuária. O Plano Nacional de Fertilizantes. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/plano-nacional-de-fertilizantes/o-plano-nacional-de-fertilizantes>. Acesso em: 01 jun. 2024.

BNDES (Brasil). BNDES Finem Crédito para projetos Direto. 2024c. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/bndes-finem>. Acesso em: 11 jun. 2024.

Brasil. Ministério da Agricultura e Pecuária. Legislações. 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacoes>. Acesso em: 01 jun. 2024.

Bharti, N.; Suryavanshi, M.. Quality control and regulations of biofertilizers: current scenario and future prospects. Biofertilizers, [S.L.], p. 133-141, 2021. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-821667-5.00018-x>.

Castro, M.A.S.; Machado, J.G.C.F.; Pigatto, G. e Lourenzoni, W.L. (2020) Modelo de Receita e Captura de Valor de Inovações: proposta de definição e de estrutura de variáveis de decisão. Simpósio de Engenharia, Gestão e Inovação, 27 e 28 de agosto de 2020, São Paulo, São Paulo.

Chakraborty, T.; Akhtar, N.. Biofertilizers: characteristic features and applications. Biofertilizers, [S.L.], p. 429-489, 20 jul. 2021. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/9781119724995.ch15>.

Coelho, E. F.; Costa, E. L.; Borges, A. L; Andrade Neto, T. M.; Pinto, J. M.. Fertirrigação. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 31, n. 259, p. 58-70, nov/dez. 2010.

Costa, M. M. M. N., Barros, M. A. L., Rosa, M. M. F. (Brasil). **Biofertilizantes**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2023. 41 p.

CPS (Brasil). Centro Paula Souza. 2024. Disponível em: <https://www.cps.sp.gov.br>. Acesso em: 18 jun. 2024.

Daniel, A. I.; Fadaka, A. O.; Gokul, A.; Bakare, O. O.; Aina, O.; Fisher, S.; Burt, A. F.; Mavumengwana, V.; Keyster, M.; Klein, A.. Biofertilizer: the future of food security and food safety. Microorganisms, [S.L.], v. 10, n. 6, p. 1220, 14 jun. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/microorganisms10061220>.

Dias, C. N. ; Jardim, F. ; Sakuda, L. O. (Orgs.) Radar Agtech Brasil 2023: Mapeamento das Startups do Setor Agro Brasileiro. 2a Edição. Embrapa, SP Ventures e Homo Ludens: Brasília e São Paulo, 2023. Disponível em: . Acesso em 07 de Novembro de 2023

Dujardin, P.. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulturae, [S.L.], v. 196, p. 3-14, nov. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>.

EMBRAPA (Brasil). BIOINSULAB. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tabuleiros-costeiros/a-unidade/infraestrutura/lab-multi>. Acesso em: 17 jun. 2024a.

EMBRAPA (Brasil). Embrapa Clima Temperado. Disponível em: <https://www.embrapa.br/clima-temperado/laboratorios>. Acesso em: 17 jun. 2024b.

EMBRAPA (Brasil). Embrapa oferece curso gratuito sobre aproveitamento de resíduos no preparo de bioinsumos. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/77238891/embrapa-oferece-curso-gratuito-sobre-aproveitamento-de-residuos-no-preparo-de-bioinsumos>. Acesso em: 08 jun. 2024.

EMBRAPA (Brasil). Inoculante. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao-caupi/producao/manejo-do-solo-e-adubacao/fixacao-biologica-de-nitrogenio/inoculante#:~:text=O%20inoculante%20é%20um%20produto,para%20o%20desenvolvimento%20das%20plantas>. Acesso em: 11 jun. 2024.

EMBRAPA (Brasil). Produção e uso de biofertilizantes. 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/189603/1/CPAF-AP-2018-FDR-Biofertilizante.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2024.

ECOCERT (Brasil). Treinamento. 2024. Disponível em: <https://www.ecocert.com/pt-BR/treinamento>. Acesso em: 08 jun. 2024.

EUA. United Nations. World Population Prospects 2022: Summary of Results. New York: UN, 2022. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/Publications/>. Acesso em: 04 jun. 2024.

European Investment Bank. Loans. Disponível em: <https://www.eib.org/en/products/loans/index.htm>. Acesso em: 16 jun. 2024.

ESALQ (Brasil). CURSOS. 2024 Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/cursos>. Acesso em: 08 jun. 2024.

ESALQ (Brasil). LABORATÓRIOS. [2024?] Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/pesquisa/laboratorios>. Acesso em: 17 jun. 2024.

Feaduaneiros (Brasil). Brasil deve aumentar importação de fertilizantes da Rússia. 2024. Disponível em: <https://feaduaneiros.portaldocomercio.org.br/comercio/brasil-deve-aumentar-importacao-de-fertilizantes-da-russia/>. Acesso em: 16 jun. 2024.

Grand View Research (EUA). Biofertilizers Market Size & Trends. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/biofertilizers-industry>. Acesso em: 16 jun. 2024.

Green Climate Fund. About GCF. Disponível em: <https://www.greenclimate.fund>. Acesso em: 16 jun. 2024.

ICIAG (Brasil). Ciências Agrárias. Disponível em: <http://www.iciag.ufu.br>. Acesso em: 18 jun. 2024.

Instituto Agronômico De Campinas (Brasil). Pós-Graduação IAC. 2024. Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/posgraduacao/>. Acesso em: 08 jun. 2024.

INPI. Biofertilizantes. Rio de Janeiro: INPI/AECON-CEPIT, 2023. 71 p. Estudos de Inteligência Estratégica em Inovação, v. 1, dez. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/inpi/pt-br/central-de-conteudo/estatisticas/estudos>>.

Itaú (Brasil). Itaú BBA cria linha Bioinssumos, produto que reforça a estratégia de sustentabilidade do banco alinhando tecnologia nacional com a preservação da biodiversidade e o conceito da agricultura de baixo carbono. 2023. Disponível em: <https://www.itau.com.br/relacoes-com-investidores/noticias/itau-bba-cria-linha-bioinssumos-produto-que-reforca-a-estrategia-de-sustentabilidade-do-banco-alinhando-tecnologia-nacional-com-a-preservacao-da-biodiversidade-e-o-conceito-da-agricultura-de-baixo-car/>. Acesso em: 11 jun. 2024.

Kaur, J., Baby, Taman. Constraints in Biofertilizer Industry and Future Scope. In: Kaur, S., Dwibedi, V., Sahu, P.K., Kocher, G.S. (eds) Metabolomics, Proteomes and Gene Editing Approaches in Biofertilizer Industry. 2023. Springer, Singapore. p 1-19. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-3561-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-99-3561-1_1).

Kumar, D. ; Dalal, R. P. S. ; Arora, I.. Bio-fertilizers a Future Prospect Towards Sustainable Agricultural Development. Innovative Approaches For Sustainable Development: Theories and Practices in Agriculture, [S.L.], p. 91-105, 2022. Springer International Publishing. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-90549-1\\_5](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-90549-1_5).

Kumawat, K.C.; Keshani, ; Nagpal, S.; Sharma, P. (2021) Present scenario of bio-fertilizer production and marketing around the globe, chap. 29 (pp.389-413), Biofertilizers advances in bio-inoculants, vol. 1, edited by RAKSHITA, A.; MEENA, V.S.; PARIHAR, M.; SINGH, H.B. e SINGH, A.K., Elsevier.

Liga Ventures (Brasil). 11 startups com soluções de fertilizantes e insumos para agropecuária. Disponível em: <https://liga.ventures/insights/startups/11-startups-com-solucoes-de-fertilizantes-e-insumos-para-agropecuaria/>. Acesso em: 17 jun. 2024.

Oshi, S. K.; Gauraha, A. K.. Global biofertilizer market: emerging trends and opportunities. Trends Of Applied Microbiology For Sustainable Economy, [S.L.], p. 689-697, 2022. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-323-91595-3.00024-0>.

Nunes, C. Á.; Figueiredo, J. C.; Tunes, L. V. M.; Almeida, A. S.; MARTINS, A. B. B.; GONÇALVES, V. P.. Tratamento de sementes com produtos à base de fertilizantes e biofertilizantes. Contribuciones A Las Ciencias Sociales, São José dos Pinhais, v. 16, n. 12, p. 30805-30822, dez. 2023. DOI: 10.55905/revconv.16n.12-105.

Technavio. Global Biofertilizers Market 2023-2027.[S.I.], 2023.

A Bhat, T.; Ahmad, L.; A Ganai, M.; Haq, S. U.; Khan, O. A.. Nitrogen Fixing Biofertilizers; Mechanism and Growth Promotion: a review. Journal Of Pure And Applied Microbiology, Kashmir, v. 9, n. 2, p. 1675-1690, jun. 2015.

Smart Research Insights. Global Biofertilizers Market 2023: Trends & Drivers .[S.I.], 2023.

The Business Research Company. Brazil Biofertilizers Market Report 2023.[S.I.], 2023.

Malusà, E.; Pinzari, F.; Canfora, L.. Efficacy of Biofertilizers: challenges to improve crop production. Microbial Inoculants In Sustainable Agricultural Productivity, [S.L.], p. 17-40, 2016. Springer India. [http://dx.doi.org/10.1007/978-81-322-2644-4\\_2](http://dx.doi.org/10.1007/978-81-322-2644-4_2).

Marmol, T. (Bélgica). PESTLE Analysis: understand and plan for your business environment. Namur: Lemaitre, 2015.

Markets and Markets (Índia). Biofertilizers Market. Disponível em: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/compound-biofertilizers-customized-fertilizers-market-856.html>. Acesso em: 16 jun. 2024.

Mordor Intelligence. Brazil Biofertilizer Market (2017 - 2029). [S.I.], 2022a.

Mordor Intelligence. South America Biofertilizer Market (2017 - 2029) [S.I.], 2022a.

Nuruzzaman, M.; Liu, Y.; Rahman, M. M.; Dharmarajan, R.; Duan, L.; Uddin, A. F. M. J.; Naidu, R.. Chapter 4 - Nanobiopesticides: composition and preparation methods. In: Koul, Opender. Nano-Biopesticides Today and Future Perspectives. Jalandhar: Opender Koul, 2019. p. 69-131.

Michaelis. Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa. 2024. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/busca?r=0&f=0&t=0&palavra=plantula>. Acesso em: 11/06/2024.

Selegam (Brasil). LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE SEMENTES. Disponível em: <https://selegam.com.br/laboratorio/>. Acesso em: 17 jun. 2024.

Silva, A.F. et.al. (2007) Preparo e Uso de Biofertilizantes líquidos. Comunicado Técnico 130 - EMBRAPA, Petrolina/PE. ISSN: 1808-9984

SGS (Brasil). Laboratório de Análise de Fertilizantes. Disponível em: <https://www.sgsgroup.com.br/pt-br/campaigns/laboratorio-de-analise-de-fertilizantes>. Acesso em: 17 jun. 2024.

Smith, A. An Inquiry into the nature and causes of the wealth of nations. London: W. Strahan, 1776.

Times Higher Education (Reino Unido). World University Rankings. 20224. Disponível em: [https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2024/world-ranking#!/length/25/locations/BRA/subjects/3126/sort\\_by/rank/sort\\_order/asc/cols/stats](https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2024/world-ranking#!/length/25/locations/BRA/subjects/3126/sort_by/rank/sort_order/asc/cols/stats). Acesso em: 17 jun. 2024.

Timofeeva, A.; Galyamova, M.; Sedykh, S.. Prospects for Using Phosphate-Solubilizing Microorganisms as Natural Fertilizers in Agriculture. **Plants**, [S.L.], v. 11, n. 16, p. 2119, 15 ago. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/plants11162119>.

Twate, S.; Gupta, R. E Jain, K. (2018) Technology Commercialization in Bio-fertilizer Firm: An Indian Case. International Journal of Global Business and Competitiveness, Vol.13 , No 1, 65-74.

UCS (Brasil). Laboratórios. 2024a. Disponível em: <https://www.ucs.br/site/pesquisa/laboratorios/>. Acesso em: 17 jun. 2024.

UCS (Brasil). Universidade de Caxias do Sul. 2024b. Disponível em: <https://www.ucs.br/site>. Acesso em: 17 jun. 2024.

UFLA (Brasil). Laboratórios Geral. Disponível em: <https://esalmg.ufla.br/laboratorios/laboratorios-geral>. Acesso em: 17 jun. 2024.

UFMT (Brasil). Ensino Presencial. Disponível em: <https://www.ufmt.br/pagina/presencial/6>. Acesso em: 18 jun. 2024.

UFSCAR (Brasil). Cursos oferecidos. [2024?]a. Disponível em:

<https://www.prograd.ufscar.br/cursos/cursos-oferecidos>. Acesso em: 18 jun. 2024.

UFSCAR. (Brasil). Laboratórios de Pesquisa. [2024?]b. Disponível em: <https://www.cca.ufscar.br/pt-br/pesquisa/laboratorios-de-pesquisa>. Acesso em: 17 jun. 2024.

UFAC (Brasil). Acadêmico. [2024?] Disponível em: <https://www.ufac.br/site/academico>. Acesso em: 18 jun. 2024.

UFPR (Brasil). Cursos em Curitiba. [2024?]. Disponível em: <https://ufpr.br/cursos-em-curitiba/>. Acesso em: 18 jun. 2024.

UFPR (Brasil). MBA em Gestão do Agronegócio. 2024a. Disponível em: <https://ufpr.pecca.com.br/mba-gestao-agronegocio/>. Acesso em: 18 jun. 2024.

UFPR (Brasil). Programa de Pós-graduação em ciências do solo. 2024b. Disponível em: <http://www.pgcisolo.agrarias.ufpr.br/portal/>. Acesso em: 18 jun. 2024.

UFSM (Brasil). Serviços. 2024. Disponível em: <https://www.ufsm.br/laboratorios/sementes/servicos>. Acesso em: 17 jun. 2024.

UFU (Brasil). Laboratórios de Pesquisa. [2024?]a Disponível em: <http://www.ppgagro.iciag.ufu.br/laboratorios-de-pesquisa>. Acesso em: 17 jun. 2024.

UFU (Brasil). Unidades Organizacionais. [2024?]b Disponível em: <https://ufu.br/unidades-organizacionais>. Acesso em: 18 jun. 2024.

UFU (Brasil). Programa de Pós-graduação. [2024?]c. Disponível em: <http://www.ppgagro.iciag.ufu.br>. Acesso em: 08 jun. 2024.

UFV (Brasil). Estude na UFV. Disponível em: <https://www.ufv.br>. Acesso em: 18 jul. 2024.

UFV (Brasil). Pesquisa e Pós-graduação. 2020. Disponível em: <https://ppg.ufv.br/programas-de-pos-graduacao/383-2/>. Acesso em: 18 jun. 2024.

UNESP (Brasil). Laboratórios. Disponível em: <https://www.fcav.unesp.br/#!/ensino/departamentos/ciencias-da-producao-agricola/laboratorios/>. Acesso em: 17 jun. 2024.

UNICAMP (Brasil). Portal Unicamp. [2024?]. Disponível em: <https://www.unicamp.br>. Acesso em: 18 jun. 2024.

Ullah, R.; Junaid, M.; Kanwal, M.; Adnan, M; Nawaz, T.; Ahmed, N.; Subhan, F.; Romman, M.; Saud, S.; Ahmad, S.. Status of Research and Applications of Bio-fertilizers. *Biofertilizers For Sustainable Soil Management*, [S.L.], p. 255-277, 20 jun. 2023. CRC Press. <http://dx.doi.org/10.1201/9781003286233-14>.

Vessey, J. K.. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant And Soil*, [S.L.], v. 255, n. 2, p. 571-586, ago. 2003. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1023/a:1026037216893>.

Washington State University (EUA). What is a PESTEL Analysis? 2023. Disponível em: <https://libguides.libraries.wsu.edu/c.php?g=294263&p=4358409>. Acesso em: 09 jun. 2024.

Yadav, A.; Yadav, K.. Challenges and Opportunities in Biofertilizer Commercialization. *Svoa Microbiology*, [S.L.], v. 5, n. 1, p. 01-14, 2 jan. 2024. ScienceVolks Limited. <http://dx.doi.org/10.58624/svoamb.2024.05.037>.

Zonta, E., Stafanato, J. B., Pereira, M. G. (Brasil). Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais. In: FRUTICULTURA, Embrapa Mandioca e Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá. Brasília: Embrapa, 2021. Cap. 14. p. 263-303. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1134679&biblioteca=vazio&busca=1134679&qFacets=1134679&sort=&paginacao=t&páginaAtual=1>. Acesso em: 09 jun. 2024.

Waleed Asghar (India). Alternative strategies to synthetic chemical fertilizers: revitalization of soil quality for sustainable agriculture using organic-based approaches. In: SINGH, Harikesh Bahadur; VAISHNAV, Anukool. *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering: sustainable agriculture: revisiting green chemicals*. Mathura: Elsevier, 2022. Cap. 1. p. 1-30.

**CNI**

*Antonio Ricardo Alvarez Alba*  
Presidente

**DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL**

*Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti*  
Diretor de Desenvolvimento Industrial

**Observatório Nacional da Indústria**

*Marcio Guerra Amorim*  
Superintendente do Observatório Nacional da Indústria

**Gerência de Estudos e Prospectiva Industrial**

*Rafael Silva e Sousa*  
Gerente de Estudos e Prospectiva Industrial

*Valdir Antonio de Assis Junior*

*Juliano Antonio Sebben*

*Tainá de Mesquita Sigmarinha Seixas*

*Gabriel Marques da Silva*

Equipe Técnica

**DIRETORIA DE COMUNICAÇÃO**

*André Nascimento Curvello*  
Diretora de Comunicação

**Superintendência de Publicidade e Mídias Sociais**

*Mariana Caetano Flores Pinto*  
Superintendente de Publicidade e Mídias Sociais

**DIRETORIA CORPORATIVA**

*Cid Carvalho Vianna*  
Diretor Corporativo

**Superintendência de Desenvolvimento Humano**

*Renato Paiva*  
Superintendente de Desenvolvimento Humano

**Gerência de Educação Corporativa**

*Priscila Lopes Cavichioli*  
Gerente de Educação Corporativa

*Alberto Nemoto Yamaguti*

Normalização Pré e Pós-Textual

---

*Antonio Batocchio*

*Lisley C. Gomes da Silva*

*Fábio Rogério Muzaranho Junior*

Consultoria