

BIOINSUMOS NA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL: INTEGRAÇÃO INTERDISCIPLINAR ENTRE QUÍMICA E BIOLOGIA

DOI: 10.5281/zenodo.18776475

Francisco José Mininel¹

Silvana Márcia Ximenes Mininel²

RESUMO

Os bioinsumos configuram-se como ferramentas estratégicas para a transição da agricultura convencional para sistemas produtivos mais sustentáveis. Este artigo tem como objetivo analisar os bioinsumos sob uma perspectiva interdisciplinar entre Química e Biologia, considerando sua classificação quanto ao uso e à composição, bem como seus mecanismos de ação. O referencial teórico fundamenta-se nos princípios da Química Verde, da Bioquímica, da Microbiologia do Solo e da Ecologia Aplicada. A metodologia inclui uma atividade experimental investigativa com inoculantes bacterianos promotores de crescimento vegetal. Os resultados indicam ganhos significativos no desenvolvimento das plantas, evidenciando que a integração entre processos químicos e biológicos é essencial para a compreensão e aplicação eficiente dos bioinsumos na agricultura sustentável.

Palavras-chave: Bioinsumos. Interdisciplinaridade. Química Verde. Biologia aplicada. Agricultura sustentável.

REVISTA TÓPICOS

<https://revistatopicos.com.br> – ISSN: 2965-6672

ABSTRACT

Bioinputs have become strategic tools for the transition from conventional agriculture to more sustainable production systems. This paper aims to analyze bioinputs from an interdisciplinary perspective between Chemistry and Biology, considering their classification by use and composition, as well as their mechanisms of action. The theoretical framework is based on principles of Green Chemistry, Biochemistry, Soil Microbiology, and Applied Ecology. The methodology includes an investigative experimental activity using plant growth-promoting bacterial inoculants. The results indicate significant improvements in plant development, demonstrating that the integration of chemical and biological processes is essential for understanding and efficiently applying bioinputs in sustainable agriculture.

Keywords: Bioinputs. Interdisciplinarity. Green chemistry. Applied biology. Sustainable agriculture.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura moderna, impulsionada pela Revolução Verde, caracterizou-se pelo uso intensivo de fertilizantes minerais e pesticidas sintéticos, baseados em processos químicos industriais de alta eficiência produtiva, porém com elevados custos ambientais (ALTIERI, 2012). A contaminação de solos e recursos hídricos, bem como a redução da biodiversidade, evidenciaram os limites desse modelo (GLIESSMAN, 2015).

Nesse cenário, os bioinsumos (Figura 1) emergem como alternativas alinhadas aos princípios da **Química Verde**, que propõe o desenvolvimento de produtos e processos químicos menos tóxicos e ambientalmente

REVISTA TÓPICOS

<https://revistatopicos.com.br> – ISSN: 2965-6672

compatíveis, e da **Biologia**, que compreende os sistemas vivos e suas interações ecológicas (ANASTAS; WARNER, 1998). Segundo o MAPA, bioinsumos são produtos de origem biológica ou natural utilizados para nutrição, proteção e estímulo ao crescimento vegetal (BRASIL, 2020).

A abordagem interdisciplinar entre Química e Biologia permite compreender tanto a **composição molecular** dos bioinsumos quanto seus **efeitos fisiológicos e ecológicos**, possibilitando uma visão integrada de sua atuação no sistema solo–planta–microrganismo (CAMPANHOLA; BETTIOL, 2017).

A interdisciplinaridade pode integrar-se em outras áreas específicas, com o propósito de promover uma interação entre o aluno, professor e o cotidiano, pois nos dias de hoje podemos considerar as ciências naturais como uma das mais diversas em função de seus vários campos de trabalho (BONATTO; BARROS; GEMELI; LOPES; FRISON; 2012).

Implica em uma vontade e compromisso de elaborar um contexto mais geral, no qual cada uma das disciplinas em contato são por sua vez modificadas e passam a depender claramente uma das outras. Aqui se estabelece uma interação entre duas ou mais disciplinas, o que resultará em intercomunicação e enriquecimento recíproco e, conseqüentemente, em uma transformação de suas metodologias de pesquisa, em uma modificação de conceitos, de terminologias fundamentais, etc. Entre as diferentes matérias ocorrem intercâmbios mútuos e recíprocas integrações; existe um equilíbrio de forças nas relações estabelecidas (SANTOMÉ, 1998, p. 63). Assim, o discente além de agregar conhecimento em mais de uma área de ensino, este

REVISTA TÓPICOS

<https://revistatopicos.com.br> – ISSN: 2965-6672

muda sua visão de mundo interpretando um conteúdo ou resolvendo um problema com uma visão mais ampla do que está proposto.

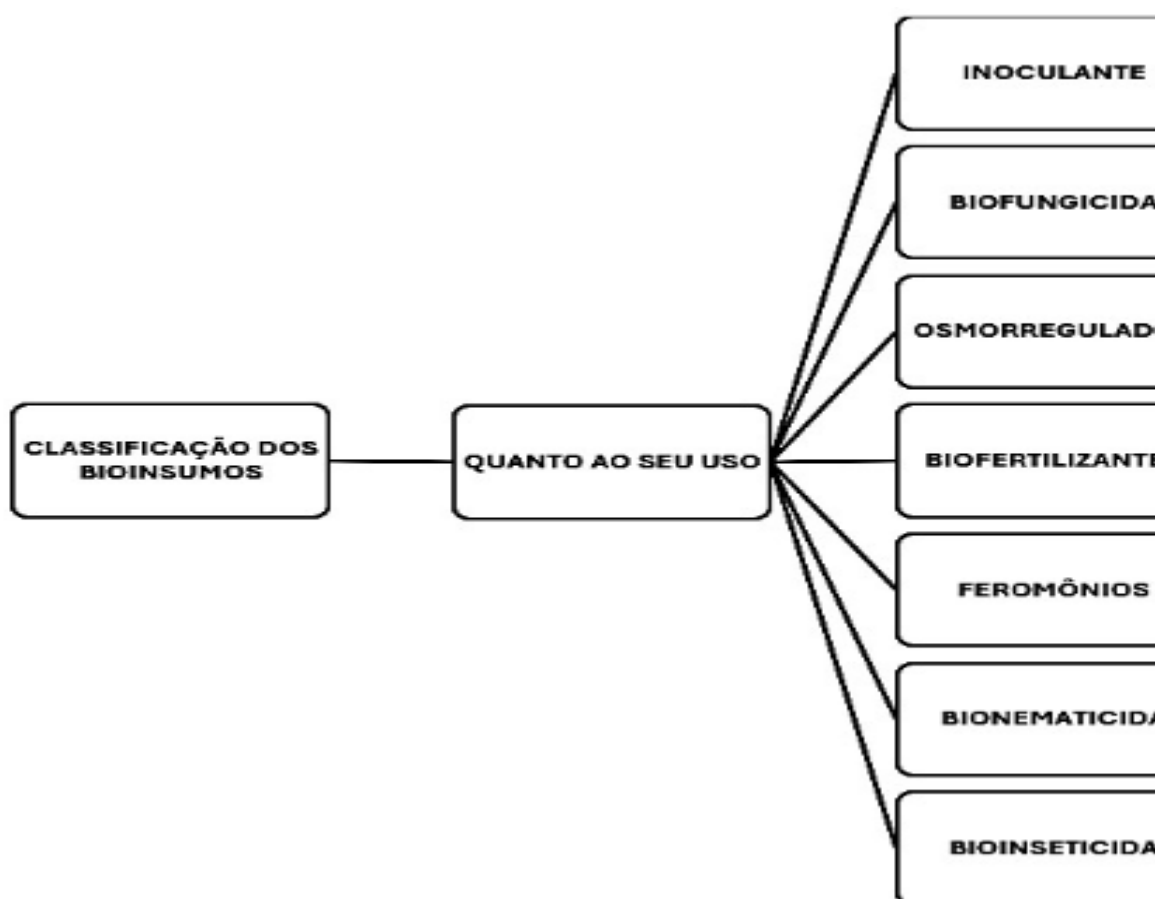


Figura 1. Classificação dos Bioinsumos.

Fonte: Revista Agropecuária Coopercitrus #468 (dez. 2025)

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Bioinsumos e a Interface Entre Química e Biologia

Do ponto de vista químico, os bioinsumos envolvem substâncias naturais constituídas por compostos orgânicos como terpenos, fenóis, alcaloides e

ácidos orgânicos, cuja estrutura molecular determina sua reatividade e função biológica (TAIZ et al., 2017). Sob a ótica biológica, esses compostos participam de processos fisiológicos e ecológicos, como defesa vegetal, comunicação química e regulação do crescimento.

Essa interface é sustentada pela **Bioquímica**, que explica como moléculas naturais interagem com sistemas enzimáticos e celulares, e pela **Ecologia**, que analisa as relações entre organismos e o ambiente (GLIESSMAN, 2015).

2.2. Classificação dos Bioinsumos Quanto Ao Uso

Os bioinsumos (Figura 2) podem ser classificados, quanto à sua função, em biofertilizantes, inoculantes, bioinseticidas, biofungicidas, bionematicidas, feromônios, solubilizadores e osmorreguladores (BETTIOL et al., 2021).

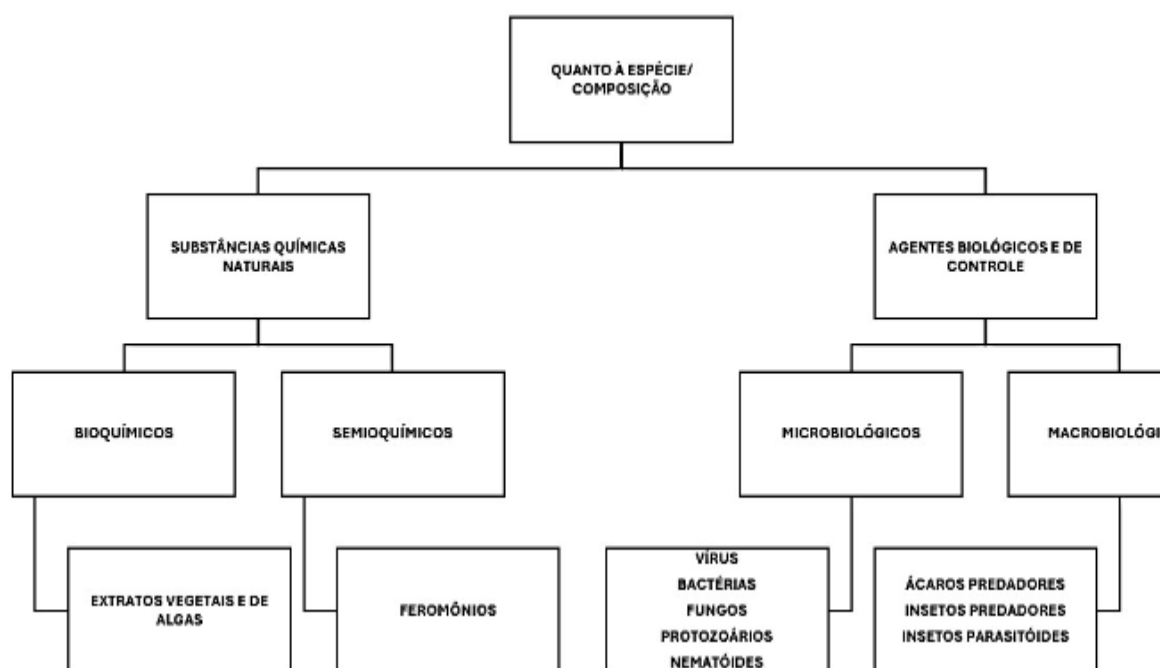


Figura 2. Composição dos Bioinsumos.

Fonte: Revista Agropecuária CooperCitrus #468 (dez. 2025)

Os **biofertilizantes** e **inoculantes** atuam por meio de processos biológicos como a fixação biológica do nitrogênio, fundamentada em reações de oxirredução catalisadas por enzimas nitrogenases — um fenômeno explicado pela Química das reações enzimáticas e pela Microbiologia do Solo (HUNGRIA et al., 2015). Dessa forma, os **inoculantes** são produtos biológicos que contêm microrganismos capazes de favorecer o crescimento vegetal. No caso das gramíneas, esses produtos geralmente contêm bactérias fixadoras de nitrogênio de vida livre ou associativas (Figura 3).

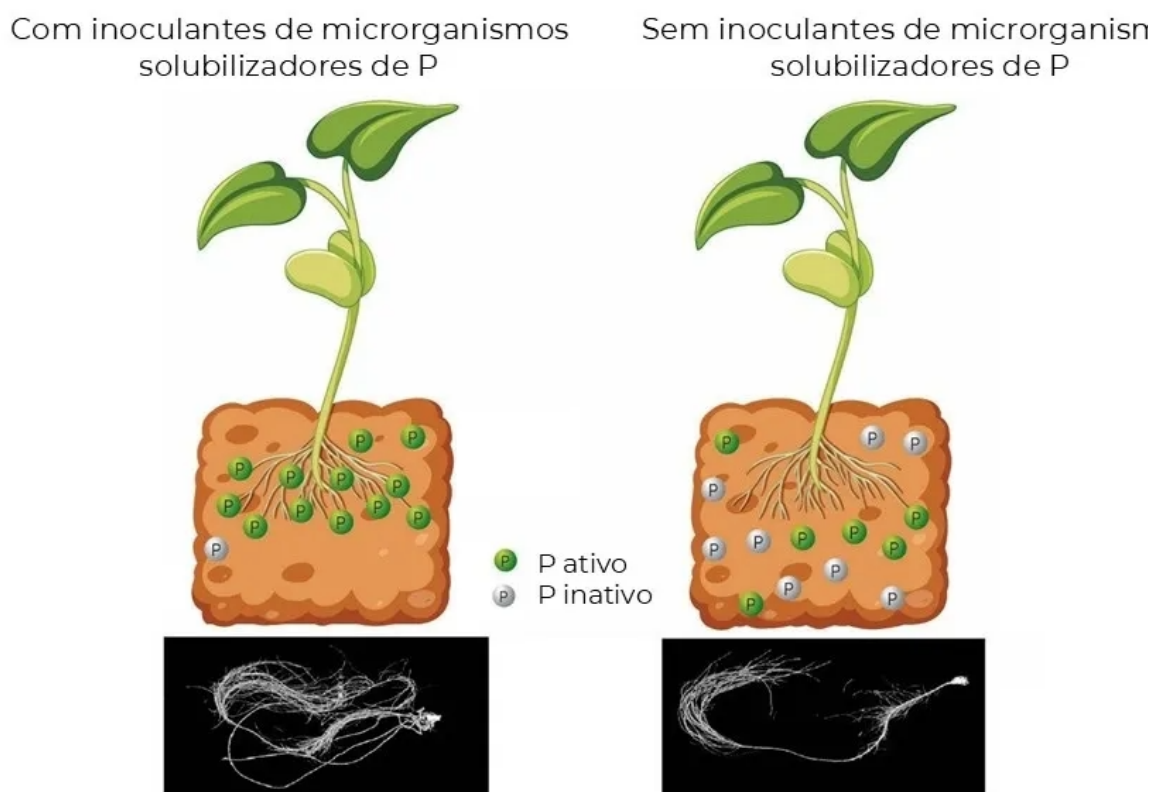


Figura 3. Inoculação de P ativo por plantas.

Fonte: Embrapa (2019).

A Figura 3 ilustra o efeito da inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo sobre a disponibilidade desse nutriente no solo e o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Em sistemas inoculados, observa-se maior proporção de fósforo na forma disponível na rizosfera, resultante da atividade metabólica de microrganismos capazes de solubilizar fosfatos inorgânicos e mineralizar formas orgânicas de fósforo. Esses microrganismos atuam principalmente por meio da exsudação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular, que promovem a redução do pH local e a dissolução de fosfatos associados a cálcio, ferro e alumínio, além da produção de enzimas como fosfatases e fitases, responsáveis pela liberação de fósforo a partir de compostos orgânicos. Como consequência, ocorre aumento da concentração de fósforo lábil na solução do solo, favorecendo sua absorção pelas raízes e estimulando o crescimento, a ramificação e a expansão do sistema radicular, o que amplia a exploração do solo e potencializa a eficiência de aquisição de água e nutrientes. Em contraste, na ausência de inoculantes biológicos, o fósforo permanece predominantemente em formas pouco disponíveis, fortemente adsorvidas à fração mineral do solo ou precipitada em compostos de baixa solubilidade, especialmente em solos altamente intemperizados. Nessas condições, a limitada disponibilidade de fósforo restringe a absorção radicular e compromete o desenvolvimento do sistema radicular, resultando em menor eficiência de uso do nutriente. Dessa forma, a inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo configura uma estratégia eficiente para aumentar a

REVISTA TÓPICOS

<https://revistatopicos.com.br> – ISSN: 2965-6672

biodisponibilidade desse elemento no sistema solo–planta, reduzir a dependência de fertilizantes fosfatados minerais e contribuir para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

Já os **bioinseticidas** e **biofungicidas** (Figura 4) operam a partir de metabólitos naturais que interferem em vias metabólicas específicas de pragas e patógenos, como a desestabilização de membranas celulares, processo explicado pela Química Orgânica e pela Fisiologia Microbiana (ALVES; LOPES, 2018).

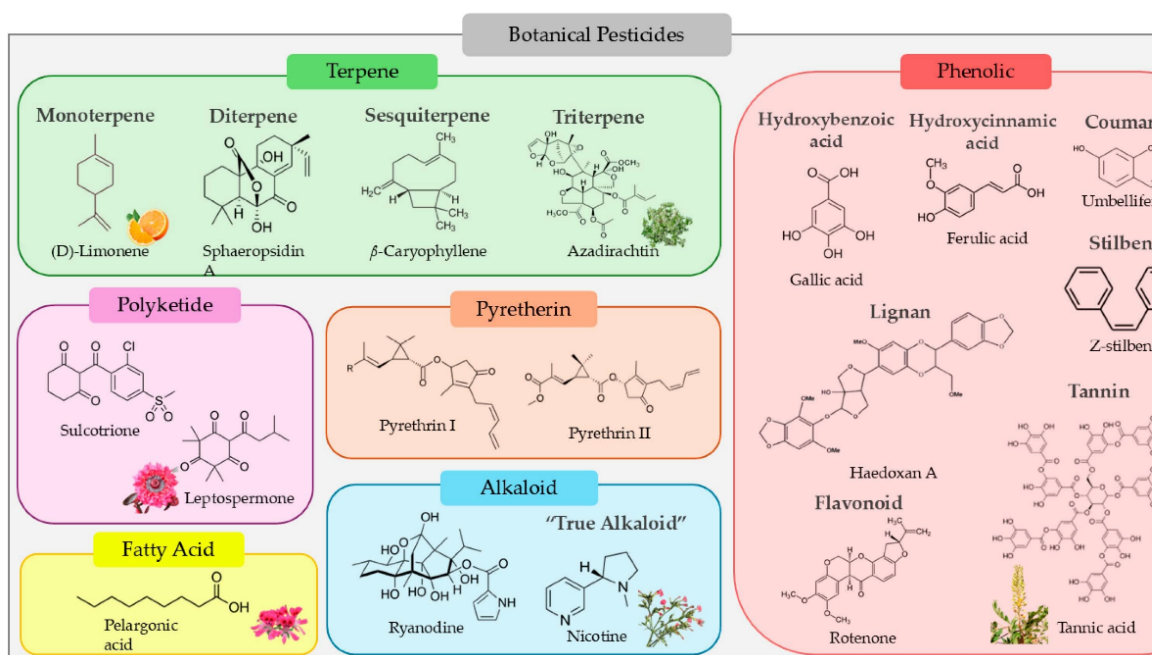


Figura 4. Estruturas químicas de bioinseticidas.

Fonte: <https://revistacultivar.com.br/noticias/pesquisa-indica-que-biopesticidas-naturais-impac-o-solo-agricola>

2.3. Classificação Quanto à Espécie e à Composição

REVISTA TÓPICOS

<https://revistatopicos.com.br> – ISSN: 2965-6672

Quanto à composição, os bioinsumos dividem-se em **substâncias químicas naturais** e **agentes biológicos de controle**.

As substâncias químicas naturais incluem os **bioquímicos**, como extratos vegetais e óleos essenciais, cuja ação está relacionada à presença de compostos orgânicos voláteis e fenólicos (VILELA; DELLA LUCIA, 2001). Os **semioquímicos**, como feromônios, baseiam-se na comunicação química entre organismos, conceito central tanto da Química Analítica quanto da Etologia e da Ecologia Química.

Os **agentes biológicos de controle** abrangem microrganismos (bactérias, fungos, vírus, protozoários e nematoides) e organismos macrobiológicos (insetos e ácaros predadores ou parasitoides). Sua atuação envolve interações ecológicas como parasitismo, predação e antibiose, explicadas pela Biologia Evolutiva e pela Ecologia Aplicada (PARRA et al., 2019).

As vespas parasitoides são agentes de controle biológico extremamente eficazes, conhecidas por sua especificidade em atacar determinadas pragas. Uma das suas principais ações é a **postura de ovos dentro ou sobre o corpo de hospedeiros** (geralmente larvas, pupas ou ovos de outras espécies de insetos), onde suas larvas se desenvolvem, consumindo o hospedeiro de dentro para fora. Exemplos incluem o *Trichogramma spp.*, que parasita ovos de uma vasta gama de borboletas e traças, ajudando a controlar populações de pragas sem impactar espécies não-alvo (Figura 5).

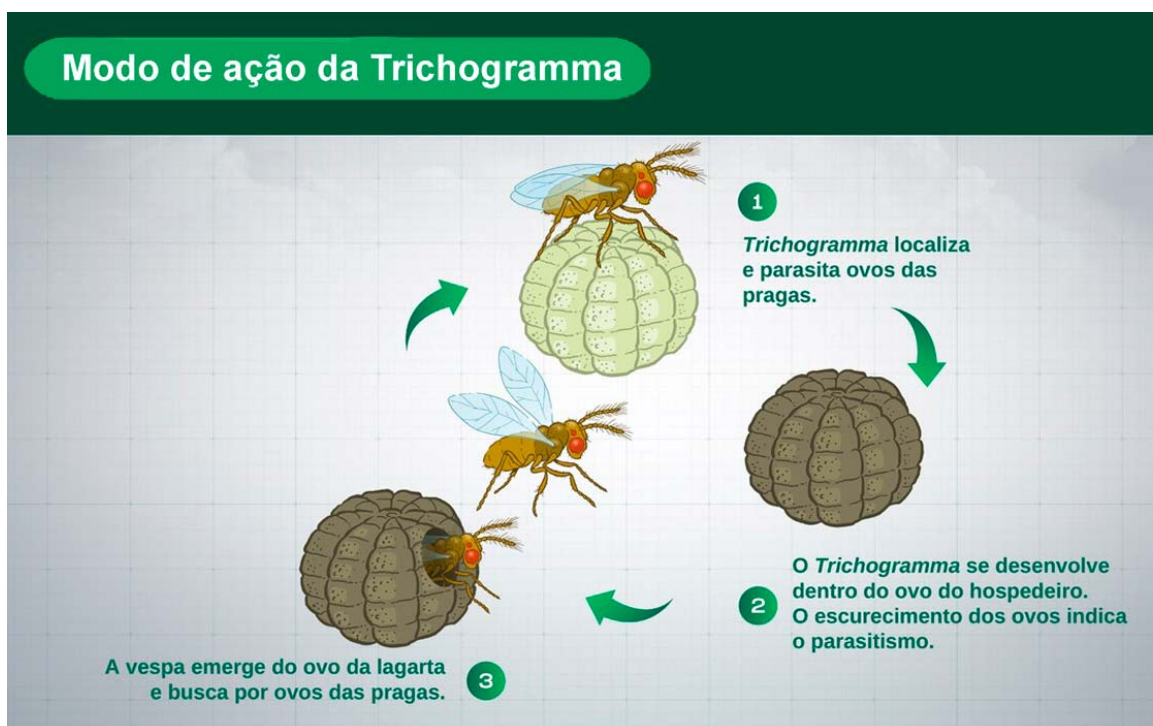


Figura 5. Modo de ação da vespa *Trichogramma* spp.

Fonte: <https://www.ruraltectv.com.br/guia-do-produtor-rural-como-implementar-o-controle-biologico-de-pragas/>

3. METODOLOGIA (OLIVEIRA, ET AL., 2022)

3.1. Abordagem Metodológica

Esta pesquisa adota uma natureza experimental e investigativa, fundamentada na convergência de princípios químicos e biológicos para a interpretação dos dados. O protocolo metodológico foi conduzido ao longo de um período de duas semanas, integrando os componentes curriculares de Química e Biologia por meio de um planejamento interdisciplinar articulado entre os docentes. A amostragem consistiu em uma turma de 3ª série do Ensino Médio, composta por um grupo de 25 estudantes.

3.2. Atividade Experimental Investigativa

Objetivo: Avaliar o efeito de um inoculante bacteriano (*Azospirillum brasilense*) no crescimento inicial de plantas de milho (*Zea mays*), relacionando processos bioquímicos e fisiológicos.

Material biológico

Foram utilizadas sementes de milho (*Zea mays*), selecionadas quanto à uniformidade de tamanho e ausência de danos aparentes. O inoculante bacteriano empregado foi composto por *Azospirillum brasilense*, adquirido comercialmente e utilizado conforme as recomendações do fabricante.

Materiais, vidrarias e reagentes

- Sementes de milho (*Zea mays*);
- Inoculante bacteriano contendo *Azospirillum brasilense*;
- Substrato agrícola esterilizado ou solo previamente peneirado;
- Vasos plásticos ou recipientes de cultivo (capacidade aproximada de 1–2 L);
- Becker (100 mL e 250 mL);
- Proveta graduada (100 mL);
- Pipetas graduadas ou micropipetas;

- Água destilada;
- Balança analítica;
- Estufa de secagem;
- Régua milimetrada ou fita métrica;
- Papel absorvente;
- Etiquetas para identificação dos tratamentos.

Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos: grupo controle (sementes não inoculadas) e grupo inoculado com *Azospirillum brasilense*. Ambos os grupos foram mantidos sob as mesmas condições ambientais de luminosidade, temperatura e irrigação, a fim de garantir a confiabilidade dos resultados.

Procedimento experimental

Inicialmente, as sementes de milho foram divididas em dois lotes. O lote destinado ao tratamento inoculado foi submetido à aplicação do inoculante bacteriano, preparado por diluição em água destilada, conforme a concentração recomendada pelo fabricante. As sementes foram imersas nessa solução por um período determinado (aproximadamente 30 minutos), garantindo a adequada adesão do microrganismo. As sementes do grupo

controle foram submetidas ao mesmo procedimento, utilizando-se apenas água destilada, sem inoculante.

Após o tratamento, as sementes foram semeadas em vasos contendo substrato previamente preparado, mantendo-se a mesma profundidade e número de sementes por vaso. Os recipientes foram identificados e dispostos em ambiente com condições controladas, sendo irrigados regularmente com volumes equivalentes de água ao longo de todo o experimento.

O crescimento das plantas foi acompanhado por um período de 30 dias. Ao final desse período, as plantas foram cuidadosamente removidas do substrato, lavadas para retirada do excesso de solo e analisadas quanto às variáveis morfológicas. A altura das plantas foi medida da base do caule até o ápice utilizando régua milimetrada. O comprimento do sistema radicular foi determinado de forma semelhante. Para a obtenção da massa seca, as plantas foram acondicionadas em estufa a aproximadamente 65 °C até atingirem peso constante, sendo posteriormente pesadas em balança analítica.

Análise dos dados

Os dados obtidos foram organizados em tabelas e analisados de forma comparativa entre o grupo controle e o grupo inoculado, permitindo avaliar o efeito do inoculante bacteriano sobre o crescimento inicial das plantas de milho e relacionar os resultados aos processos bioquímicos e fisiológicos envolvidos (Figura 6).

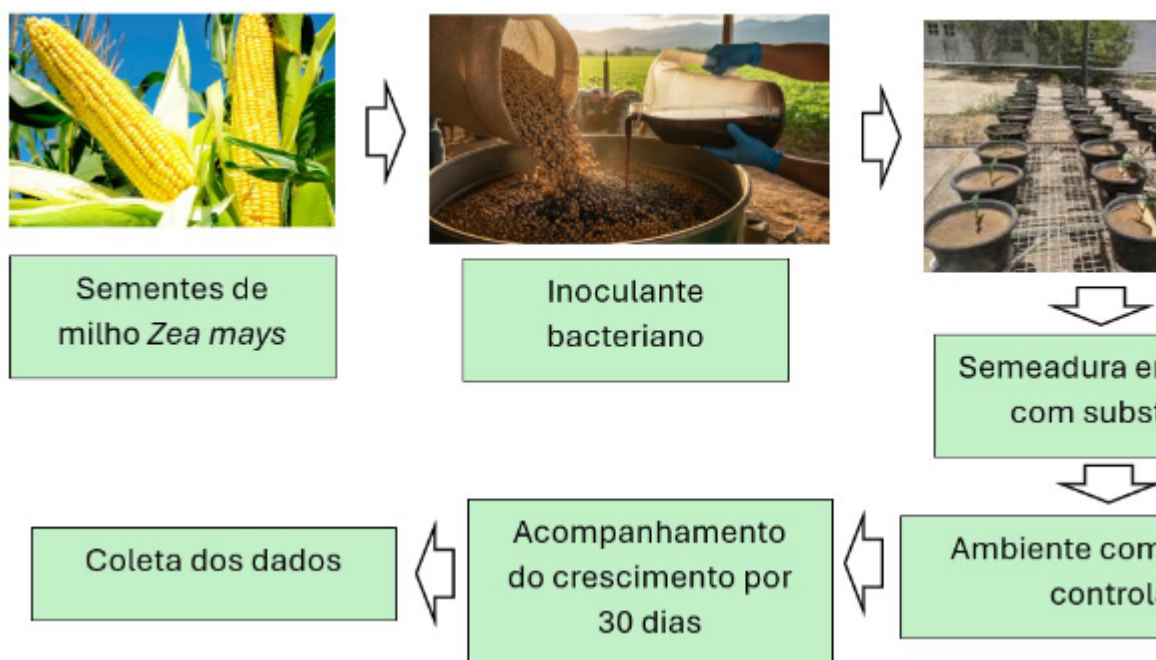


Figura 6. Metodologia adotada no trabalho.

Fonte: Os autores

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A abordagem interdisciplinar no ensino de Ciências tem se mostrado fundamental para a construção de uma aprendizagem significativa, uma vez que possibilita a articulação entre diferentes áreas do conhecimento, favorecendo a compreensão integrada dos fenômenos naturais. Ao relacionar conceitos da Química e da Biologia, os estudantes são estimulados a desenvolver uma visão mais ampla e contextualizada dos processos envolvidos, especialmente quando o ensino está associado a atividades experimentais e à resolução de problemas reais.

Nesse sentido, o desenvolvimento das atividades experimentais envolvendo o uso de bioinsumos possibilitou uma interação efetiva entre as disciplinas de Biologia e Química, com **participação ativa dos estudantes** tanto nas discussões teóricas quanto nas etapas práticas da experimentação. Durante o processo, os alunos foram incentivados a formular e testar **hipóteses iniciais**, analisar resultados e reinterpretar conceitos, o que contribuiu para uma compreensão mais aprofundada dos conteúdos abordados e para o fortalecimento do pensamento científico.

Tabela 1. Crescimento médio das plantas após 30 dias.

Tratamento	Altura média (cm)	Massa seca (g)	Comprimento da raiz (cm)
Controle	28,4	3,2	14,6
Inoculado	36,9	4,8	21,3

Fonte: Os autores

Os resultados indicam que as plantas inoculadas apresentaram crescimento superior. Sob a ótica da Química, esse efeito está associado à produção de

REVISTA TÓPICOS

<https://revistatopicos.com.br> – ISSN: 2965-6672

fitormônios, como as auxinas, oriundos de rotas metabólicas bacterianas. As **fórmulas estruturais dos bioinsumos** foram utilizadas como recurso didático pela professora de Química para a abordagem de **funções orgânicas** e de outros conteúdos pertinentes à disciplina. Do ponto de vista biológico, tais compostos atuam na regulação da divisão e do alongamento celular vegetal, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea. A professora de Biologia explorou ainda as **interações planta–inseto**, no contexto da **Ecologia Química**, bem como as **funções dos bioinsumos no organismo vegetal**, evidenciando a integração entre os conhecimentos biológicos e químicos. Dessa forma, a experimentação possibilitou que os estudantes compreendessem o conteúdo de forma contextualizada, promovendo uma **aprendizagem significativa** (TAIZ et al., 2017; HUNGRIA et al., 2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise interdisciplinar evidencia que os bioinsumos constituem uma convergência entre Química e Biologia, unindo o conhecimento sobre compostos naturais, reações bioquímicas e interações ecológicas. A atividade experimental demonstrou, de forma prática, como processos químicos mediados por microrganismos resultam em respostas biológicas mensuráveis nas plantas. Assim, os bioinsumos consolidam-se como ferramentas essenciais para uma agricultura sustentável, cientificamente fundamentada e ambientalmente responsável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REVISTA TÓPICOS – ISSN: 2965-6672

REVISTA TÓPICOS

<https://revistatopicos.com.br> – ISSN: 2965-6672

ALVES, S. B.; LOPES, R. B. **Controle microbiano de insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2018.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2012.

ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C. **Green chemistry: theory and practice**. Oxford: Oxford University Press, 1998.

BETTIOL, W. et al. **Bioinsumos na agricultura brasileira**. Brasília: Embrapa, 2021.

BONATTO, Andréia; BARROS, Caroline; GEMELI, Rafael; LOPES, Tatiana; FRISON, Marli. **Interdisciplinaridade no ambiente escolar**, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Programa Nacional de Bioinsumos**. Brasília, 2020.

CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. **Métodos alternativos de controle fitossanitário**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2017.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: UFRGS, 2015.

HUNGRIA, M. et al. Inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 11, p. 1032–1043, 2015.

REVISTA TÓPICOS

<https://revistatopicos.com.br> – ISSN: 2965-6672

PARRA, J. R. P. et al. **Controle biológico no Brasil**. São Paulo: Manole, 2019.

SANTOMÉ, Jurjo Torres. **Globalização e Interdisciplinaridade: o currículo integrado**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

VILELA, E. F.; DELLA LUCIA, T. M. C. **Feromônios de insetos**. Viçosa: UFV, 2001.

¹ Docente do Curso Superior de Engenharia Química da Universidade Brasil, *Campus* de Fernandópolis-SP. Doutor em Química pelo Instituto de Química-UNESP, *Campus* de Araraquara-SP. E-mail: kmininel17@gmail.com