



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE BACABAL  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS BACHARELADO

**FRANCISCA ELIZETHE DA SILVA SANTOS**

**O USO DE MICRORGANISMOS EFICIENTES PARA O MEIO AMBIENTE E  
AGRICULTURA SUSTENTÁVEL: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Bacabal

2024

**FRANCISCA ELIZETHE DA SILVA SANTOS**

**O USO DE MICRORGANISMOS EFICIENTES PARA O MEIO AMBIENTE E  
AGRICULTURA SUSTENTÁVEL: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Ciências Biológicas da Universidade  
Estadual do Maranhão, Campus Bacabal, para o grau  
de Bacharelado em Ciências Biológicas

Orientador: Prof. Esp. Alan Marques da Silva Souza

Bacabal

2024

**FRANCISCA ELIZETHE DA SILVA SANTOS**

**O USO DE MICRORGANISMOS EFICIENTES PARA O MEIO AMBIENTE E  
AGRICULTURA SUSTENTÁVEL: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
curso de Ciências Biológicas da Universidade  
Estadual do Maranhão, Campus Bacabal, para o grau  
de Bacharelado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Esp. Alan Marques da Silva Souza

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nota \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente



**ALAN MARQUES DA SILVA SOUZA**

Data: 28/12/2024 22:40:47-0300

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

**Profº Esp. Alan Marques da Silva Souza (Orientador)**

Documento assinado digitalmente



**ODGLEY QUIXABA VIEIRA**

Data: 18/12/2024 10:00:56-0300

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

**Profº Dr. Odgley Quixaba Vieira**

(1º Membro) Universidade Estadual do Maranhão

Documento assinado digitalmente



**RAIMUNDO GIERDSON ABREU MACEDO**

Data: 18/12/2024 20:17:59-0300

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

**Profº. Me. Raimundo Gierdson Abreu Macedo**

(2º Membro) Universidade Estadual do Maranhão

S194e Santos, Francisca Elizethe da Silva.

A eficácia do uso de microrganismos eficientes para o meio ambiente e agricultura sustentável, uma revisão bibliográfica / Francisca Elizethe da Silva Santos– Bacabal-MA, 2024.

31 f: il.

Monografia (Graduação) – Curso de Ciências  
Biológicas Bacharelado, Universidade Estadual do Maranhão-UEMA/  
Campus Bacabal-MA, 2023.

Orientador: Profº. Esp. Alan Marques da Silva Souza

1. Microrganismos eficientes 2. Meio ambiente 3.Sustentabilidade 4.  
Plantas I. Título

CDU: 581.6

**Elaborada por Poliana de Oliveira J. Ferreira CRB/13-702 MA**

Dedico este trabalho em especial aos meus pais,  
Raimunda e João, por todo apoio e incentivo  
durante minha trajetória acadêmica.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado toda força necessária para enfrentar todos os desafios que passei durante minha trajetória acadêmica.

Aos meus pais, que sempre me apoiaram, me ajudaram e me incentivaram, e sempre acreditaram em mim.

Aos meus irmãos e amigos, que tornaram todo esse processo mais leve.

Ao meu professor orientador, Alan Marques, por todo apoio, compreensão e disponibilidade.

E a todos os professores que me passaram seus conhecimentos.

## RESUMO

Os microrganismos eficientes são fungos e bactérias que vivem naturalmente em solos férteis e em plantas. São apostas importantes para o desenvolvimento de sistemas agrícolas mais sustentáveis, com redução do uso de insumos químicos. Os microrganismos podem interagir de diversas formas. A interação benéfica é quando o microrganismo auxilia no crescimento, desenvolvimento ou resistência das plantas, funcionando coletivamente como um microbioma. Os fungos e as bactérias atuam na mobilização e transporte de nutrientes, produção de compostos orgânicos que promovem desenvolvimento e ajudam na proteção de patógenos, além de conseguirem a fixação de nitrogênio e mineralização de fósforo e aumento da rizosfera. Técnicas com a inoculação de microrganismos eficientes, podem conferir uma diminuição dos custos de produção e aumentar a sustentabilidade na agricultura com recursos biológicos. Assim, o presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento bibliográfico sobre a eficácia dos microrganismos eficientes utilizados na agricultura e os benefícios para o meio ambiente. Para realização do trabalho utilizou-se uma revisão de literatura do tipo integrativa. Foi realizado buscas nas bases de dado: Scientific Eletronic Library Online (SCIELO), PUBMED e Google Acadêmico. Utilizando o operador booleano AND. O Google acadêmico foi a base de dados que mais apresentou resultados satisfatórios, pois os 10 trabalhos selecionados foi da respectiva plataforma. Em resumo, concluiu-se que os microrganismos eficientes possuem diversas características favoráveis para serem utilizados para fornecer uma agricultura e um meio ambiente mais sustentável, porém, ainda se faz necessário mais estudos na área.

**Palavras – chave:** Microrganismos eficientes; Meio Ambiente; Sustentabilidade; Plantas

## ABSTRACT

Efficient microorganisms are very small beings (fungi and bacteria) that live naturally in fertile soils and on plants. These are important bets for the development of more sustainable agricultural systems, with reduced use of chemical inputs. Microorganisms can interact in different ways. The beneficial interaction is when the microorganism assists in the growth, development or resistance of plants, functioning collectively as a microbiome. Fungi and bacteria act in the mobilization and transport of nutrients, production of organic compounds that promote development and help protect against pathogens, in addition to achieving nitrogen fixation and phosphorus mineralization and increasing the rhizosphere. Techniques with the inoculation of efficient microorganisms can reduce production costs and increase sustainability in agriculture with biological resources. Thus, the present work aimed to carry out a bibliographical survey on the effectiveness of efficient microorganisms used in agriculture and the benefits for the environment. To carry out the work, an integrative literature review was used. Searches were carried out in the following databases: Scientific Electronic Library Online (SCIELO), PUBMED and Google Scholar. Using the Boolean operator AND. Google Scholar was the database that presented the most satisfactory results, as the 10 works selected were from the respective platform. In summary, it was concluded that efficient microorganisms have several favorable characteristics to be used to provide more sustainable agriculture and the environment, however, further studies in the area are still necessary.

**Keywords:** Efficient microorganisms; Environment; Sustainability; Plants



## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>08</b> |
| <b>2 MICRORGANISMOS EFICIENTES(EMs).....</b>                     | <b>09</b> |
| <b>3 AÇÃO DOS MICRORGANISMOS EFICIENTES.....</b>                 | <b>14</b> |
| <b>3.1 Microrganismos no solo.....</b>                           | <b>16</b> |
| <b>3.2 Captura e ativação dos Microrganismos Eficientes.....</b> | <b>18</b> |
| <b>4 METODOLOGIA.....</b>  | <b>20</b> |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                             | <b>21</b> |
| <b>6 CONCLUSÃO .....</b>   | <b>27</b> |
| <b>REFERÊNCIAS</b>   |           |

## 1. INTRODUÇÃO

A sociedade pressiona a indústria alimentar, que tem foco principal no agronegócio, para uma alternativa produtiva mais sustentável, que vise a segurança alimentar e nutricional humana. Essa demanda se deve ao fato das atuais mudanças climáticas e o crescimento populacional desenfreado, fatos que exigem maiores controles na produção e na segurança alimentar. Com o aumento populacional a produção de alimentos atual merece uma atenção melhor, pois constitui um grande desafio para a agricultura sustentável. A histórica prática da agricultura intensiva e o uso de defensivos agrícolas tem resultado em sérias consequências ambientais, como a degradação dos solos e a redução da biodiversidade, além de menores teores de nutrientes que limitam a produção vegetal e deixam os produtores dependentes desses insumos (Meena *et al.*, 2017; Hurtado *et al.*, 2019).

O Brasil é um dos principais consumidores de fertilizantes químicos do mundo, e não figura como um principal produtor, tornando-se assim dependente do mercado internacional de fertilizantes nitrogenados, fosforados e potássicos (Fao, 2019).

A preocupação com o meio ambiente é cada vez maior nos dias atuais em todos os setores da cadeia produtiva. A busca por novas práticas, processos e tecnologias agrícolas visando à sustentabilidade com a agricultura orgânica (Embrapa, 2018).

A forma mais simples e barata de se conseguir isso é através do uso de biofertilizantes ou adubação orgânica, aplicando tudo o que é necessário para a sua cultura. Os biofertilizantes são adubos orgânicos que são submetidos ao processo de fermentação. Eles podem ser oriundos de qualquer tipo de matéria orgânica, facilitando a sua produção, que pode ser até mesmo caseira (Cunha, 2009). Além do fato de não possuírem agrotóxicos e não produzirem impactos ambientais, os biofertilizantes possuem uma série de vantagens, dentre estas o aumento dos mecanismos de armazenamento de nutrientes no solo, reduzindo bastante os riscos de excesso de fertilização.

A agricultura atualmente tem enfrentado o desafio de aumentar a sua produtividade, porém, visando a sustentabilidade ambiental. O melhoramento genético vegetal tornou as variedades das plantas cultivadas mais produtivas e responsivas ao uso de fertilizantes industrializados e mais dependentes dos agroquímicos (Roel, 2002). Apesar da sua importância na produção vegetal, os fertilizantes industrializados, principalmente os nitrogenados elevam o custo de produção para o produtor rural e podem causar impactos ambientais importantes

(Carvalho; Zabet, 2012; Rodrigues *et al.*, 2017), como por exemplo a contaminação do lençol freático por nitrato de amônio.

Uma opção para uma agricultura mais sustentável levando em consideração o meio ambiente ecologicamente falando, são os EMs (microrganismos eficientes). EM consistem na comunidade de microrganismos encontrados naturalmente em solos férteis e em plantas que coexistem, e quando em meio líquido podem apresentar: leveduras (*Saccharomyces*) que produzem hormônios e enzimas que provocam atividade celular nas raízes; Actinomicetos que sintetizam antibióticos e controlam fungos e bactérias patogênicas, aumentando a resistência das plantas; bactérias (*Lactobacillus e Pediococcus*) que produzem ácido lático que controlam alguns microrganismos nocivos como o *Fusarium*; e, por fim, bactérias que estão associadas ao estímulo do crescimento vegetal (Bonfim *et al.*, 2011).

Assim, o presente trabalho tem como objetivo realizar um levantamento literário sobre o uso dos microrganismos eficientes para o meio ambiente como um sistema sustentável e ecológico, por meio de uma revisão integrativa de literatura.

## **2. MICRORGANISMOS EFICIENTES (EMs)**

Os microrganismos eficientes foram difundidos pelo professor Dr. Teruo Higa, na Universidade de Ryukyus, Okinawa, Japão, durante a década de 1970 e são culturas de microrganismos benéficos formadas por bactérias que produzem ácido lático, bactérias fotossintetizantes além de actinomicetos, leveduras e fungos filamentosos os quais ocorrem naturalmente no ambiente (Higa; Parr, 1994). Além disso, esses organismos melhoram os parâmetros do solo e da água e alteram o meio onde estão inoculados e as interações com o ambiente (Parnell *et al.*, 2016).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) define os biofertilizantes através da instrução normativa nº 61, de 8 de julho de 2020 como:

"Biofertilizantes" produto que contém princípio ativo ou agente orgânico; isento de substâncias agrotóxicas, capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem ter em conta o seu valor hormonal ou estimulante (Mapa, 2022, p. 2).

Os Microrganismos eficientes (EMs) compreendem os microrganismos encontrados naturalmente em solos férteis, ainda sem interferência humana, tendo como exemplo as florestas nativas. São exemplos desse grupo de microrganismos os actinomicetos, leveduras, bactérias fermentadoras de lactose, dentre outros (Mitsuik, 2006; Vieira-Arroyo, 2020). Os EMs possuem a capacidade de fornecer nutrientes provenientes da ação decompositora da matéria orgânica presente no solo (Caetano, 2014). Do mesmo modo, conseguem promover a estruturação do solo, que melhora a organização das partículas minerais e evita a compactação, aumentando a porosidade e acarretando uma melhor infiltração da água na superfície. Essa estruturação do solo possibilita a prevenção de erosão, fazendo com que as áreas onde ocorrem as produções, sofram menos degradação (Bonfim *et al.*, 2011).

A utilização do EM, como prática agrícola adequada ao ambiente e a saúde humana, aproximou muito da Agricultura Natural Messiânica preconizada por Mokiti Okada, em 1935, no Japão. Na Agricultura Natural são utilizadas tecnologias ecológicas, com máximo proveito da natureza, das ações do solo, dos organismos vivos, da energia solar, dos recursos hídricos. As técnicas estão fundamentadas no método natural de formação do solo (Andrade, 2020).

Segundo Pugas *et al.* (2013), a adição de EMs ao solo contribui significativamente para o aumento da diversidade microbiológica, atuando como indutores da decomposição da matéria orgânica e por consequência na disponibilização dos nutrientes às plantas, tornando estas mais resistentes ao ataque de patógenos, os quais poderiam comprometer a produtividade da cultura. De modo geral, a utilização de EMs favorece e beneficia os agricultores e o cultivo de diversas culturas, dentre as quais, Calero-Hurtado *et al.* (2019) destacam estudos com hortaliças, milho e feijão.

A mistura desses microrganismos norteia os princípios do ecossistema natural, pois quanto maior for a população e a diversidade de espécies, mais equilibrado e sustentável tornase o sistema. A conceituação dos microrganismos eficientes é dada como “cultura de microrganismos benéficos” que possuem sinergia entre todos os indivíduos. Sua ocorrência se dá naturalmente em ambientes preservados podendo ser inoculados tanto em solos como em plantas com o objetivo de acréscimo na diversidade funcional do meio e o restabelecimento do equilíbrio dos agroecossistemas (Fan *et al.*, 2018).

De acordo com Andrade (2020), quatro grupos de microrganismos compõem o EM:

- Leveduras (*Sacharomyces*): utilizam substâncias liberadas Pelas raízes das plantas, sintetizam vitaminas e ativam Outros microrganismos eficazes do solo. As substâncias

Bioativas, tais como hormônios e enzimas produzidas pelas leveduras, provocam atividade celular até nas raízes.

- Actinomicetos: controlam fungos e bactérias patogênicas e também aumentam a resistência das plantas.

- Bactérias produtoras de ácido láctico (*Lactobacillus* e *Pediococcus*): produzem ácido láctico que controla alguns microrganismos nocivos como o *Fusarium*. Pela fermentação da matéria orgânica não curtida liberam nutrientes às plantas.

- Bactérias fotossintéticas: utilizam a energia solar em forma de luz e calor. Também utilizam substâncias excretadas pelas raízes das plantas na síntese de vitaminas e nutrientes, aminoácidos, ácidos nucleicos, substâncias bioativas e açúcares, que favorecem o crescimento das plantas. Aumentam as populações de outros microrganismos Eficazes, como os fixadores de nitrogênio, os actinomicetos e os fungos micorrízicos.

O uso de fertilizantes minerais na agricultura familiar é praticamente inviável, devido seu custo extremamente elevado (Oliveira-Filho *et al.*, 2020). Portanto, o uso de insumos orgânicos tem surgido como uma alternativa atrativa para as famílias agricultoras, pois proporciona a conservação dos recursos naturais e reduz os impactos que são causados pela adubação mineral (Santos *et al.*, 2020).

O uso e aplicação de EMs na agricultura pode diminuir os custos de produção, pois é uma alternativa barata, eficiente e que pode ser realizada facilmente pelo agricultor. A sua utilização pode trazer vários benefícios aos cultivos agrícolas, pois com o processo de degradação da matéria orgânica há a melhoria da qualidade estrutural do solo, das propriedades químicas e biológicas, aumento das defesas fitossanitárias naturais e a disponibilidade de nutrientes e hormônios que induzem o melhor desenvolvimento da planta (Gomes *et al.*, 2021).

O interesse no emprego de EMs em práticas agrícolas aumentou significativamente nos últimos anos, pois tanto na promoção de crescimento vegetal como no controle biológico de pragas e doenças de plantas entre outras aplicações, eles se constituem em potenciais substitutos de produtos químicos, podendo favorecer desta maneira a preservação do ambiente (Domenico, 2019).

Nos diferentes sistemas de produção agrícola, os EMs podem contribuir significativamente para a melhoria e aprimoramento das técnicas agrícolas, gerando uma redução nos impactos ambientais provocados pela agricultura convencional. Dessa forma, é

possível manter os sistemas limpos, a produção de alimentos sustentável, ou seja, livres de resíduos químicos (Bonfim *et al.*, 2011).

Segundo com Cargnelutti *et al.* (2021) os EMs são agentes benéficos, tanto para as plantas quanto para o solo, pois promovem a melhoria da sua qualidade estrutural e a saúde das plantas, de modo a se tornar uma ferramenta indispensável na potencialização da ciclagem de nutrientes e no favorecimento dos processos naturais dos ecossistemas de uma propriedade.

Bonfim *et al.* (2011) afirmam que os EMs realizam um trabalho importantíssimo, equilibrando o ambiente do solo, controlando os microrganismos nocivos e proporcionando um solo mais favorável a produção agrícola. Os autores também apresentam várias vantagens na utilização destes, destacando a recomposição da microbiota saudável do solo; a restauração das propriedades físico-químicas e microbiológicas; o estímulo à emergência das plantas, facilitando o manejo e a cobertura do solo, a diminuição de doenças e patógenos do solo, decomposição de matéria orgânica, mineralização e disponibilização de nutrientes essenciais, dentre outras vantagens.

Sendo assim, a utilização de Microrganismos Eficientes tem sido uma alternativa para a substituição de fertilizantes sintéticos no suprimento nutricional de cultivos em sistemas orgânicos, uma vez que estes contribuem com o fortalecimento natural do solo (Bonfim *et al.*, 2011) e reduzem os custos com adubação mineral.

A biodiversidade microbiológica do solo conta com os EMs, encontrados em abundância em solos não danificados devido à preparação para o plantio. São altamente eficientes e pertencem ao microbioma regenerativo, capaz de produzir matéria orgânica que melhora a estrutura e as condições minerais do solo, sendo um dos elementos essenciais para o desenvolvimento do ecossistema local (Silva, 2020). Os microrganismos eficientes promovem o crescimento vegetal e podem ainda controlar fitopatógenos (Dourado, 2018). Também são de rápida produção, fácil manuseio e de baixo custo, com consequente otimização dos lucros da produção, principalmente as de cunho familiar. São usados há quase 40 anos, no Japão, como uma alternativa sustentável no intuito de evitar os fertilizantes sintéticos, porém são poucos explorados no Brasil (Gomes *et al.*, 2021).

Para tal, tem-se intensificado pesquisas por alternativas que permitam uma gestão mais adequada dos recursos naturais na produção agrícola. Um exemplo dessas alternativas é a utilização de microrganismos do solo que compõem a rizosfera. Esses microrganismos trazem benefícios às plantas, proporcionando maior eficiência na obtenção de nutrientes, e assim,

podem causar redução no uso de fertilizantes inorgânicos (Reis, 2007; Singh; Pandey; Sing, 2011; PII *et al.*, 2015).

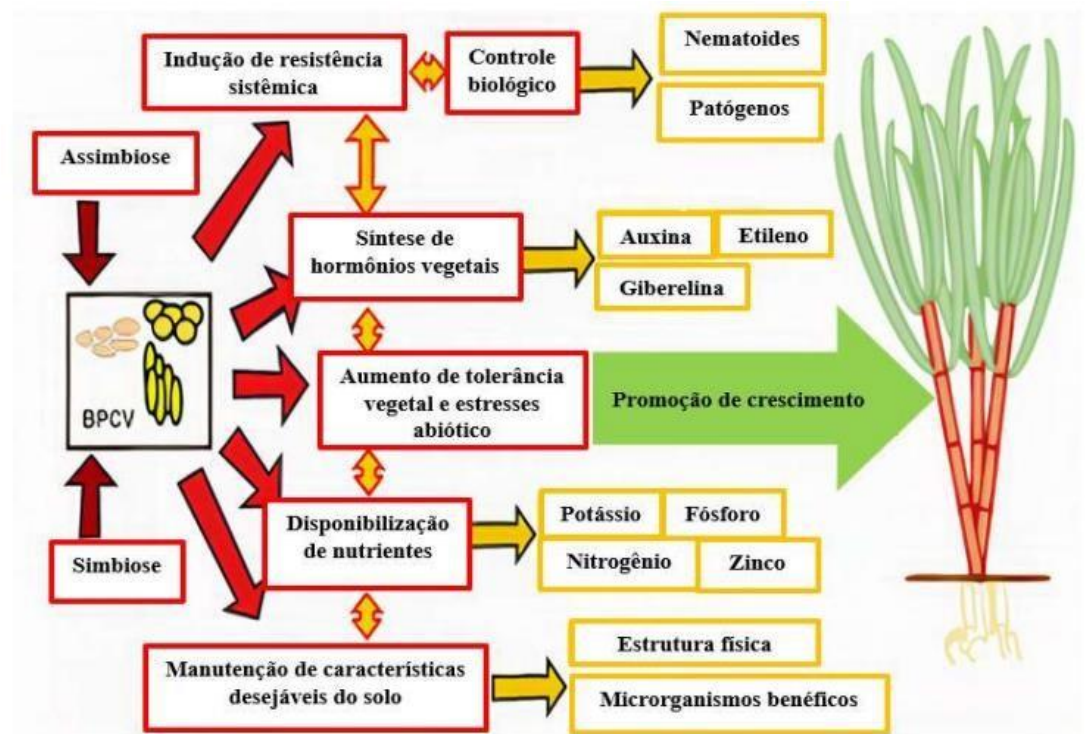
Para Mendes, Garbeva e Raaijmakers (2013), técnicas como a inoculação de microrganismos promotores de crescimento, ou seja, que promovam crescimento vegetal, controle biológico de pragas e doenças, são exemplos da utilização do microbioma das plantas, podendo conferir uma diminuição dos custos e riscos de produção, além do aumento da sustentabilidade na agricultura com recursos biológicos.

Os microrganismos que compõem o EM podem fornecer hormônios e facilitar a aquisição de nutrientes pelo sistema radicular das plantas (Joshi *et al.*, 2019). Estes microrganismos são, em sua maioria, bactérias pertencentes aos filos Actinobacteria, Firmicutes, Proteobacteria e Synergistetes (Santos *et al.*, 2020a), que utilizam substâncias secretadas pelas raízes, matéria orgânica como fontes de energia para sintetizar aminoácidos, ácidos nucleicos, açúcar que podem ser utilizados pelas plantas ou por outros microrganismos benéficos presentes no solo (Olle & Williams, 2013). Esses microrganismos podem ser classificados como bactérias promotoras de crescimento vegetal (PGPB - Plant Growth Promoting Bacteria), uma vez que podem fornecer nutrientes às plantas, como nitrogênio e fósforo, bem como atuar na modulação hormonal, na competição com fitopatógenos e na atenuação do estresse ambiental, favorecendo o crescimento das plantas (Glick, 2012). Estas bactérias têm grande potencial biotecnológico e são uma alternativa ao uso de fertilizantes químicos e a construção de uma agricultura sustentável (Mariano *et al.*, 2004).

As rizobactérias promotoras de crescimento vegetal (RPCV) (figura 1) são definidas como bactérias que habitam a rizosfera de plantas realizando funções que promovem o crescimento vegetal e são beneficiadas pelos exsudados das raízes (Ahemad & Kibret, 2014). De acordo com Singh *et al.* (2017), essas rizobactérias exercem efeitos benéficos sobre as plantas por diferentes mecanismos de ação, sendo diretos (fixação biológica de nitrogênio, solubilização do fosfato, produção de fitormônios) ou indiretos (produção de sideróforos e biofilme). Vários gêneros de bactérias (Acetobacter, Azospirillum, Azotobacter, Bacillus, Burkholderia, Klebsiella, Pseudomonas e Serratia) foram relatados como capazes de promover o crescimento das plantas, incrementos na produtividade de grãos, aumento na emergência de sementes, biomassa vegetal e rendimento da colheita; e resistência às doenças (Kang *et al.*, 2019).

As RPCVs, dependendo da proximidade, do grau de intimidade que estabelecem com as raízes e com as células do hospedeiro, podem ser classificadas em dois grupos: eRPCV (“rizobactérias promotoras de crescimento vegetal extracelulares”) e iRPCV (“rizobactérias promotoras de crescimento vegetal intracelulares”) (Vejan *et al.*, 2016). As eRPCV são aquelas presentes na rizosfera e rizoplane ou nos espaços intercelulares das células do córtex radicular tais como *Azospirillum sp.*, *Bacillus sp.*, *Burkholderia sp.*, *Pseudomonas sp.* e *Serratia sp.* Exemplos de iPGPR são *Bradyrhizobium* e *Rhizobium*, normalmente encontradas em estruturas nodulares especializadas da raiz (Martínez Viveros *et al.*, 2010).

**Figura 1.** Efeitos benéficos das bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV), simbióticas ou não-simbióticas, no desenvolvimento da cana-de-açúcar.



Fonte: Márcia Eugênia Amaral Carvalho (2015) (Adaptado de Maheshwari, 2011).

### 3. AÇÃO DOS MICRORGANISMOS EFICIENTES

Os experimentos de campo com utilização de EMs ocorreram inicialmente em várias regiões do Japão, com excelentes resultados. Posteriormente, em diferentes países, incluindo o Brasil, foi confirmada a eficiência dos EMs na ciclagem da matéria orgânica. O uso dos EMs,



como prática agrícola apropriada ao ambiente e à saúde humana, é, frequentemente, abordado na Agricultura Natural. Portanto, a agricultura natural é um modelo de desenvolvimento rural de agricultura sustentável e competitiva (Andrade, 2011).

Os microrganismos são seres vivos microscópicos, que regeneração e melhoram os solos (físicas, química e biológica) e as plantas (crescimento, pragas e doenças). E se alimentam da matéria orgânica seja de restos de animais ou vegetais, possibilitando que as plantas tenham mais resistência aos insetos e doenças. A matéria orgânica transformada pelos microrganismos contribui para produzir plantas saudáveis e produtivas assim como ocorrem em ambientes naturais como as matas, onde os solos possuem boa infiltração de água, e boa a quantidade de água disponível, maior profundidade de enraizamento, redução da erosão e compactação dos solos. Os EMs transformam a matéria orgânica de modo equilibrado, com pouco gasto de energia e de tempo (Andrade, 2011).

Os microrganismos retiram da matéria orgânica (restos vegetais e animais) os seus alimentos. Nesta decomposição há redução do todo em partes e compostos menores são liberados no ambiente. Muitos destes compostos são nutrientes, hormônios, vitaminas que alimentam a própria comunidade microbiana, além de animais e plantas. Os microrganismos liberam no ambiente alguns compostos que aumentam a resistência das plantas aos insetos e doenças (Andrade, 2020).

A decomposição da matéria orgânica no solo aumenta os grupos de microrganismos, que estruturam o solo, agregam melhor as partículas minerais, evitam compactação e aumentam: a porosidade, a infiltração de água, a água disponível e a profundidade de enraizamento. Há redução da erosão e da frequência de irrigação. A matéria orgânica de origem animal é decomposta pelos microrganismos eficientes, liberando substâncias úteis ao crescimento das plantas e ao equilíbrio do solo (Andrade, 2020).

Os microrganismos eficientes decompõem a matéria orgânica de modo equilibrado, com pouco gasto de energia/de tempo, mantêm a estabilidade do sistema, sustentam a vida, colaboram na construção do solo vivo e saudável. No solo vivo e saudável os microrganismos eficientes transformam a matéria orgânica que sustenta plantas vigorosas e produtivas, como nas matas, provendo alimento a toda a vida na Terra (Andrade, 2020).

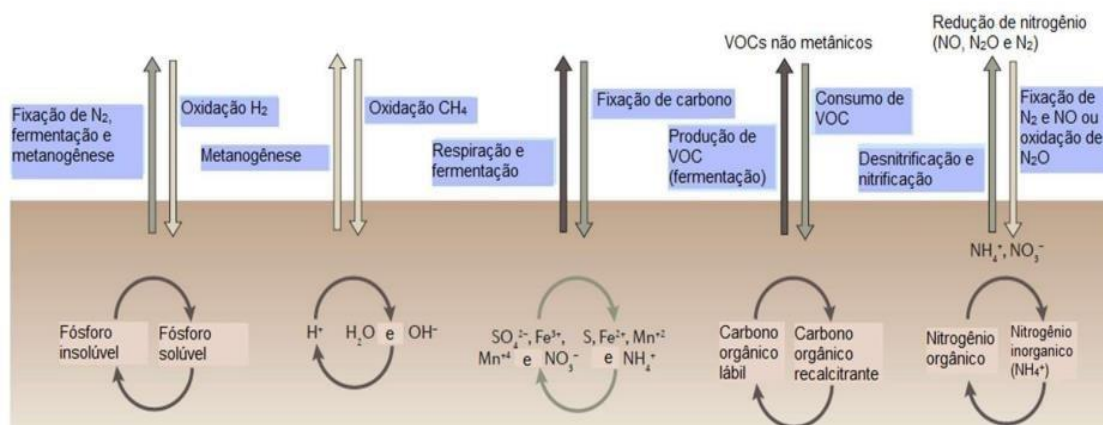
### 3.1 MICRORGANISMOS NO SOLO

De acordo com Fierer *et al.* (2012), os microrganismos de solo cumprem função fundamental na ciclagem de nutrientes, principalmente de nitrogênio (N) e carbono (C), proporcionando maior fertilidade nutricional dos solos, configurando elevada resistência das plantas a doenças e aumentando o teor de matéria orgânica do solo. A transformação desses elementos químicos depende de vários processos bioquímicos, como descritos por Fierer (2017) (figura 2) e isso faz com que o sistema solo-planta-atmosfera consiga manter a produtividade dos ecossistemas terrestres (Moreira; Siqueira, 2006). Ademais, a relação entre a qualidade do solo e a manutenção da vida é íntima, já que o solo é a fonte nutricional das plantas (Brady; Weil, 2013).

As relações entre as plantas e os microrganismos de solo podem ser classificadas como simbióticas, endofíticas, de superfície ou de proximidade. A primeira forma estruturas especializadas nas raízes. A segunda coloniza tecidos das plantas sem configurar patogenicidade. A terceira se refere à colonização da superfície radicular, e a última abrange as relações em que os microrganismos colonizam a região próxima à raiz (Didonet; Ferreira, 2012).

O sistema solo-planta sofre influência dos microrganismos que compõem a rizosfera. Ao redor das raízes existem interações intensas entre as raízes, seus exsudados, o solo e os microrganismos ali presentes (Meena *et al.*, 2017).

**Figura 2.** Processos bioquímicos da microbiota do solo.



Fonte: adaptado de Fierer, 2017

Os microrganismos do solo podem atuar de forma simbiótica com as plantas (Bender; Wagg; Heijden, 2016). Dentre essas, uma das mais estudadas é a das plantas da família Fabaceae e bactérias do gênero *Rhizobium*, denominada Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN). Essas bactérias produzem a nitrogenase, enzima capaz de promover a redução do nitrogênio atmosférico (N<sub>2</sub>) em sua forma inorgânica (Moreira; Siqueira, 2006).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é considerada após a fotossíntese, o mais importante processo biológico para as plantas e foi o primeiro mecanismo de ação das RPCVs a ser descoberto (Elmerich, 2015). Segundo Chang *et al.* (2015), a FBN tem grande relevância econômica e ambiental, uma vez que as bactérias fixadoras de N apresentam grande eficiência (principalmente para a cultura da soja) e o N é o principal nutriente mineral limitante do crescimento vegetal (Vicente & Dean, 2017).

Quanto à agricultura orgânica, a associação entre a saúde do solo e o bem-estar das plantas é coesa, e isso tem relação direta com os consumidores (Ehlers, 1999). Sendo assim, o solo não pode ser considerado como apenas um agente de suporte das plantas, pois existe um relacionamento mútuo com outras esferas do ecossistema (Embrapa, 2018).

A Figura 3 mostra de forma simplificada o fluxo de transformação da matéria orgânica catalisada pelos microrganismos do solo, proposta por Higa e Parr (1994), promovendo indução ou supressão de doenças por meio de produção de metabólitos das comunidades microbiológicas, produzindo compostos úteis para as plantas e até mesmo para outros microrganismos. . Esses microrganismos podem ser classificados como decompositores ou biossintéticos. O grupo de decompositores pode ser subdividido em classes que realizam processos oxidativos e fermentativos de decomposição. Os microrganismos decompositores fermentadores ainda se ramificam em fermentadores úteis, que produzem substâncias precursoras de outros processos bioquímicos; ou fermentadores prejudiciais, que participam do processo de putrefação. Já os microrganismos biossintéticos são aqueles que possuem habilidades fisiológicas de fixação bioquímica de nitrogênio atmosférico (bactérias fixadoras de nitrogênio) ou dióxido de carbono (bactérias fotossintetizantes) em aminoácidos ou moléculas orgânicas simples, respectivamente (Olle; Williams, 2013).

**Figura 3.** Transformações da matéria orgânica do solo por microrganismos do solo promovendo desenvolvimento de solos propensos a indução de doenças, supressão de doenças, solos zímogênicos ou sintéticos.



Fonte: Adaptado de Higa & Parr, 1994.

A fermentação é um processo anaeróbico pelo qual microrganismos anaeróbios facultativos convertem moléculas orgânicas complexas, como carboidratos, em moléculas orgânicas simples que podem ser diretamente absorvidas pelas plantas. Esse processo produz pequena quantidade de energia quando comparado ao processo de decomposição aeróbica, que resulta na oxidação completa de um substrato e libera uma quantidade de calor, gases e energia, com dióxido de carbono e água como produto final. Já a putrefação promovida por microrganismos heterotróficos facultativos produz mau odor e metabólitos incompletamente oxidados, geralmente tóxico para as plantas. Já os organismos sintetizantes são aqueles capazes de obter energia metabólica através da fixação do nitrogênio atmosférico e dióxido de carbono atmosférico. Microrganismos fixadores de nitrogênio são altamente diversos, variando de comportamento de autotróficos de vida livre para heterotróficos simbiotes, como os gêneros *Azotobacter* e *Rhizobium*, respectivamente (Higa e Parr, 1994).

### 3.2 CAPTURA E ATIVAÇÃO DOS MICRORGANISMOS EFICIENTES

Um dos maiores desafios da produção sustentável é a fertilização das culturas, pois para garantir o rendimento das culturas e manter a eficiência produtiva, tem-se buscado cada vez mais a substituição dos adubos minerais por fontes naturais. Dessa forma, diversos autores

afirmam a eficácia do uso dos microrganismos eficientes como alternativa sustentável e de baixo custo de manejo agroecológico (Pereira *et al.*, 2014).

Segundo Andrade, 2020, a captura é feita da seguinte forma:

- Cozinhe aproximadamente 700 gramas de arroz sem sal.
- Coloque o arroz cozido em bandeja de plástico ou de madeira ou ainda em calhas de bambu.
- Cobrir com tela fina visando proteger.
- Coloque a bandeja com arroz e a tela em mata virgem (na borda da mata) e deste modo capturar os microrganismos.
- No local onde vai deixar a bandeja, afastar a matéria orgânica (serrapilheira). Após colocar a bandeja, a matéria orgânica que foi afastada deve cobrir a bandeja sobre a tela.

Após 10 a 15 dias os microrganismos já estarão capturados e criados.

Para ativa-los:

- Distribuir o arroz colorido em mais ou menos 5 garrafas de plástico de 2 litros.
- Colocar 200 mL de melaço em cada garrafa.
- Completar as garrafas com água limpa (sem cloro) ou água de arroz.
- Fechar as garrafas e deixar à sombra por 10 a 20 dias. Liberar o gás (abrir a tampa) armazenado nas garrafas, de 2 em 2 dias.
- Coloque a tampa e aperte a garrafa pelos lados retirando o ar que ficou dentro da garrafa (a fermentação deve ser anaeróbica, ou seja, sem ar, sem presença do Oxigênio). Aperte bem a tampa. E está pronto quando não haver mais produção de gás dentro do recipiente.

#### 4. METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma revisão bibliográfica do tipo integrativa, onde será descrito os conhecimentos já publicados na literatura sobre o uso dos microrganismos eficientes e seu efeito positivo para o meio ambiente.

Uma revisão integrativa é um método específico, que resume o passado da literatura empírica ou teórica, para fornecer uma compreensão mais abrangente de um fenômeno particular (Broome, 2006). Esse método de pesquisa objetiva traçar uma análise sobre o conhecimento já construído em pesquisas anteriores sobre um determinado tema. A revisão integrativa possibilita a síntese de vários estudos já publicados, permitindo a geração de novos conhecimentos, pautados nos resultados apresentados pelas pesquisas anteriores (Mendes; Silveira; Galvão, 2008; Benefield, 2003; Polit; Beck, 2006).

Este trabalho tem como objetivo explicitar e construir uma análise acerca do problema evidenciado, aprimorando as ideias, fundamentando o assunto em questão abordado na pesquisa. Para tanto, este tipo de pesquisa envolve um levantamento bibliográfico, o qual foi feito em diversas fontes buscando consultar trabalhos atualizados.

Foi realizado primeiramente uma busca nas bases de dados como, um dos critérios utilizados para seleção dos trabalhos foi o ano de publicação, desta forma, foram selecionados trabalhos publicados nos últimos cinco anos, entre 2019 e 2023.

Foi realizado uma busca nas bancas de dados como Scientific Eletronic Library Online(SCIELO), PUBMED e Google Acadêmico, nos idiomas português, inglês e espanhol. Utilizando o operador booleano AND utilizado em paralelo aos descritores como: “Microrganismos eficientes na agricultura”, “Microrganismos eficientes no Cultivo”, “Aplicação de Microrganismos eficientes”, “Utilização de Microrganismos eficientes”, “Microrganismos eficientes no solo”, “Efeito dos Microrganismos Eficientes”, “Inoculação de microrganismos eficientes”. Este estudo de revisão reuniu informações de cunho científico, fazendo uma avaliação criteriosa das informações, afim de avaliar o conhecimento sobre os dados levantados para posteriormente trazer pontos positivos acerca do meio ambiente.

Para critérios de inclusão desta pesquisa foi incluso apenas artigos compatíveis com a temática da pesquisa, disponível gratuitamente na íntegra e publicados mais recente.

Então, a partir da leitura dos trabalhos selecionados foi feita a organização das ideias que englobavam a utilização dos EMs e seus benefícios para o meio ambiente.

Como critérios de exclusão, os artigos indisponíveis na íntegra, artigos pagos, assim como publicações que não faziam parte da temática do projeto não foram usados.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontrados 85 trabalhos. Os que não se encaixavam na proposta foram descartados. Após a leitura do conjunto do trabalho como título, resumo e metodologia foram selecionados 10 trabalhos. 9 em português e 1 em espanhol.

Os trabalhos foram tabelados, como mostra a tabela 1. Todos os trabalhos avaliaram a eficiência do uso de microrganismos eficientes e como essa técnica pode ajudar em uma agricultura mais saudável e agredindo menos o meio ambiente, trazendo assim um equilíbrio para ambas as partes, pois essa técnica também se mostra ser de baixo custo.

**Tabela 1.** Trabalhos utilizados para o levantamento de dados, que se encaixaram de acordo com o tema, organizados de acordo com título, autor, ano e periódico.

| Título  | Autor              | Ano  | Periódico  |
|---|--------------------|------|--|
| Produção de pimentão em ambiente protegido<br>Sob diferentes concentrações de microrganismos eficientes     | Silva <i>et al</i> | 2020 | ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer – Jandaia-GO, v.17 n.34; |
| Microrganismos eficientes como biofertilizante na cultura do alface   | Santos, Amarildo   | 2022 | Repositório UTFPR  |
| Efeito de biofertilizantes na germinação e crescimento de plântulas do feijão ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) | Tesseroli, Tawan   | 2022 | Repositório UFFS   |
| Microrganismos eficientes no cultivo de alface  | Sousa <i>et al</i> | 2020 | Revista Agrogeoambiental, Pouso Alegre, v. 12, n. 2.                       |

|   |                               |      |  |
|---|-------------------------------|------|--|
| Efeitos da utilização de microrganismos eficientes (EM) sobre a cultura de milho ( <i>Zea mays</i> L.) Variedade BRS caimbé orgânico  | Ávila, Zélia                  | 2019 | Repositório UTFPR  |
| Microrganismos eficientes: uma alternativa sustentável no cultivo de hortaliças para agricultores familiares da região de Viçosa - MG | Martins <i>et al</i>          | 2022 | Revista ELO – diálogos m extensão, volume 11.  |
| Inoculação e coinoculação da soja com <i>Bradyrhizobium japonicum</i> , <i>Azospirillum brasilense</i> e microrganismos eficazes      | Ribeiro <i>et al</i>          | 2020 | Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 13, n. 1.   |
| Produção de cenoura com fontes de matéria orgânica e adição de microrganismos eficientes  | Quiuqui <i>et al</i>          | 2019 | 30º Semana Agronômica do CCAE/UFES - SEAGRO  |
| Rochagem associada à aplicação de microrganismos eficientes na cultura do feijoeiro   | Machado <i>et al</i>          | 2021 | Cadernos de Agroecologia – Anais da Reunião Técnica sobre Agroecologia – Agroecologia, Resiliência e Bem Viver – Pelotas, RS – v. 17, n.3. |
| Efecto de Fuentes orgánicas y microorganismos eficientes em ela rendimento dele cultivo de banana orgânico ( <i>Musa spp.L.</i> )     | M. Galecio-julca <i>et al</i> | 2020 | Manglar (Revista de Investigación Científica)  |

Silva *et al* (2020), fizeram um experimento com pimentão. O experimento foi conduzido na forma de sistema protegido, no âmbito do Campus Floresta, da Universidade Federal do Acre. Foi testada a inoculação de EM nas dosagens de 0, 5, 10, 15 e 20 ml por parcela, feita em copos descartáveis de 200 ml e as mudas foram mantidas em casa de vegetação por trinta dias e transplantadas para canteiros com 20% de esterco curtido. Avaliou-se a produção (kg.ha<sup>-1</sup>) por meio da análise de regressão, tendo a equação quadrática bom ajuste aos dados observados. Verificou-se que a dosagem recomendada para a variável (produção kg.ha<sup>-1</sup>) foi 8,96 ml. Além



disso, concluiu-se que a produção do pimentão na região em destaque sofre influência da aplicação de EM no sistema de cultivo. Adicionalmente, constatouse a dose de 8,96 ml como a mais adequada ao cultivo da cultura em evidência. Os autores ainda destacam que, os microrganismos eficientes se mostraram oportuno à produção de pimentão, apontando como uma alternativa para produção orgânica do vegetal estudado.

Santos (2022), avaliou o uso da aplicação de microrganismos eficientes como biofertilizante no cultivo da alface. O trabalho foi desenvolvido em uma propriedade rural do município de Itapejara D' Oeste, sudoeste do estado do Paraná. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos, compostos por diferentes doses de microrganismos eficientes, sendo: 0, 75, 100 e 125 *ml.vaso*<sup>-1</sup>, aplicados via foliar, com quatro repetições, totalizando dezesseis unidades experimentais. Os dados foram submetidos à ANOVA seguido de regressão. Houve efeito linear significativo para as variáveis MF, NF e AP sob doses de ME. Conclui-se que a aplicação de ME como biofertilizante no cultivo da alface, se torna uma alternativa viável para uma produção mais sustentável aumentando sua eficiência sem degradar o meio ambiente.

Tesseroli (2022), avaliou a germinação de sementes de feijão preto sob a aplicação de diferentes biofertilizantes, esterilizado e não esterilizado, em diferentes concentrações. O experimento foi conduzido em delineamento experimental casualizado, com nove tratamentos (20 e 50 mL L<sup>-1</sup> de biofertilizante Supermagro, 20 e 50 mL L<sup>-1</sup> de biofertilizante Supermagro esterilizado, 20 e 50 mL L<sup>-1</sup> de biofertilizante microrganismos eficientes, 20 e 50 mL L<sup>-1</sup> de biofertilizante microrganismos eficientes esterilizado e testemunha 00 mL L<sup>-1</sup>) e quatro repetições com 50 sementes cada amostra. As avaliações foram realizadas no nono (9º) dia. As sementes utilizadas foram adquiridas de um produtor da região, sendo da espécie *Phaseolus vulgaris*, cultivar Fepagro Triunfo. Para todas as variáveis analisadas, o biofertilizante microrganismos eficientes apresentou resultados superiores. O autor concluiu que, para as variáveis avaliadas, a germinação de sementes, comprimento da parte aérea e comprimento da raiz, os microrganismos eficientes apresentaram resultados superiores.

No trabalho realizado por Tesseroli não é mencionado como foi feita a captura dos microrganismos, o que é observado nos trabalhos dos outros autores como Silva *et al* (2020), Sousa *et al* (2020) e Ávila (2019), por exemplo.

Sousa *et al* (2020), também fizeram um trabalho com alfaces. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com 8 blocos e 3 tratamentos. O tratamento

T1, aplicação dos Microrganismos Eficientes, obteve maior massa fresca da parte aérea das plantas amostradas nos dois ciclos, resultando em uma maior produtividade em ton há-1. Os resultados se mostraram vantajosos para a produtividade da alface que recebeu aplicação do coquetel biológico proveniente de Microrganismos Eficientes, quando analisados os parâmetros de biomassa. O coquetel biológico, proveniente de Microrganismos Eficientes, comprovou ser uma aplicação técnica de eficácia e de efetividade no cultivo de alface americana. As plantas submetidas a esse produto obtiveram maior incremento na biomassa da parte aérea, resultando em maior produtividade da cultura. Assim, conclui-se que Microrganismo Eficiente é um produto que pode ser utilizado como biofertilizante no cultivo de alface, contribuindo para a diversificação das técnicas agroecológicas eficazes.

Nos trabalhos de Santos (2022) e Sousa *et al* (2020), ambos avaliaram o uso de Microrganismos eficientes no cultivo da alface. Os parâmetros avaliados foram analisados por meio de análise de variância ANOVA. E as análises estatísticas foram executadas por meio do programa SISVAR. Porém, no trabalho de Sousa *et al* (2020) foi analisado um parâmetro a mais: a quantidade de plantas viáveis por parcela. Variável não observada no trabalho de Santos (2022)

Ávila (2019), avaliou os efeitos da utilização de microrganismos eficientes sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.) variedade BRS Caimbé orgânico. Utilizou EM caseiro e EM comercial. Por meio da avaliação dos parâmetros: altura das plantas, comprimento da raiz, massa fresca e seca das raízes e também da parte aérea. As populações bacterianas e fúngicas cultiváveis dos diferentes tipos de EM utilizados foram quantificadas apontando um predomínio de comunidades bactérias na composição dos EMs. O experimento realizado em casa de vegetação utilizando os diferentes preparos de EM mostrou resultado significativo apenas para comprimento de raiz ( $p < 0,05\%$ ), para os demais parâmetros analisados neste estudo não foi observado diferença significativa.

Diferentemente dos outros autores que obtiveram resultados positivos em todos os parâmetros analisados, o trabalho de Ávila mostrou-se positivo apenas para um parâmetro.

Martins *et al* (2022), utilizaram as técnicas com microrganismos eficientes com o objetivo de capacitar agricultores que cultivam hortaliças no município de Viçosa – MG. O trabalho foi feito em conjunto com a universidade Federal de Viçosa. As análises microbiológicas ao final do projeto, comprovaram a eficácia dos EMs e os agricultores demonstraram interesse em continuar com o uso de EMs. Para comprovar sua eficácia, foi

montado um experimento em casa de vegetação com transplante das mudas em solos com diferentes metodologias de inoculação dos EMs: solo que foi inoculado com EM um mês antes do plantio; solo que começou a ser inoculado após o plantio; controle negativo, sem inoculação. Conclui-se que, a aplicação do EM no solo aumentou o tamanho das raízes e a biomassa das plantas e promoveu maior tolerância ao estresse hídrico em comparação ao controle (sem tratamento). Os autores complementaram afirmando que os EMs são altamente aplicáveis e acessíveis e que apresentam benefícios para o solo.

Ribeiro *et al* (2020), desenvolveram uma pesquisa para avaliar o efeito da coinoculação de *B. Japonicum*, *A. brasiliense* e microrganismos eficientes nas características de crescimento e produtividade da soja. Foram feito 3 tratamentos: *B. japonicum* + EM; *B. japonicum*+ *A. brasiliense*; *B. japonicum*+ *A. brasiliense* + EM e o controle sementes inoculadas apenas com *B. japonicum*. Observou-se que, o tratamento com coinoculação tripla apresentou maiores médias para altura das plantas quando comparado ao controle. Para as características de produtividade, a coinoculação de *B. japonicum*+ EM promoveram os melhores resultados, juntamente com a inoculação tripla, quando comparado ao controle. O tratamento com inoculação tripla se mostrou mais indicado por apresentar maior média para os números de vagens por planta e de grãos por planta e promoveu as melhores características de altura e diâmetro do caule. Logo concluiu-se que, o uso de microrganismos eficazes em conjunto com os inoculadores comerciais pode ser viável para o incremento na produtividade agrícola, de maneira mais sustentável.

Quiuqui *et al* (2019), avaliaram o desempenho produtivo de cenoura cultivada em diferentes fontes de matéria orgânica com aplicação de microrganismos eficientes em condições de campo, em Vila Valério-ES. Foi conduzido experimento em delineamento de blocos casualizados, esquema fatorial 2×3 com 4 repetições, sendo o primeiro construído por fontes de matéria orgânica de origem animal (esterco de aves e esterco bovino), e o segundo por vias de aplicação de EM. Concluiu-se que, o segundo fator, com EM, apresentou efeito isolado, levando as plantas desenvolverem mais em diâmetro, peso e em produtividade. As cenouras que tiveram adição de EM apresentaram parâmetros agrônomicos desejáveis pelo mercado consumidor e maior produtividade, independente da via de aplicação, solo ou foliar. Os autores ainda acrescentam que, o EM apresenta-se como uma alternativa promissora, pois promove o crescimento e rendimento da hortaliça possibilitando maior produção por área e ganhos nos custos de produção, livre de resíduos químicos e também não agrediu o meio ambiente.

Machado *et al* (2021), avaliaram o efeito dos microrganismos eficientes juntamente com pó de rocha, aplicados de forma isolada ou associada, na cultura do feijoeiro. O experimento foi feito com quatro repetições e 4 tratamentos: pó de rocha mais EM; pó de rocha; EM; controle sem EM; controle sem pó de rocha. Concluiu-se que, a produtividade do feijoeiro cultivado com a aplicação do EM tanto de forma isolada como associada ao pó de rocha foi superior à produtividade das plantas controle. Os autores ainda enfatizam que, nesse estudo foram encontradas evidências de efeito do EM no número de grãos por planta, número de vagens por planta e na produtividade do feijoeiro.

M. Galecio-julca *et al* (2020), realizou uma pesquisa cujo objetivo foi avaliar o efeito de fontes orgânicas (composto, minhocas e bocashi) e microrganismos eficientes (ME) na produtividade da bananeira cultivar Williams. Foi feito delineamento em blocos inteiramente casualizados, três blocos e repetições. Foram avaliados: número de cabos e dedos por cacho, peso do cacho e produtividade em kg.ha<sup>-1</sup>. Os resultados mostraram que a dose de composto 33,3 t.ha<sup>-1</sup> + 5% EM, contribuiu para maior número de cabos/cacho (9), dedos/cacho (162) e maior peso por cacho (30,63 kg) e maior rendimento 51,06 t.ha<sup>-1</sup>. O uso de composto mais microrganismos eficientes podem ser uma alternativa relevante para fertilizar o cultivo orgânico da banana, reduzindo o uso de fertilizantes e aumentando a produção.

Os parâmetros analisados pelos autores em quase todos os trabalhos foram: massa fresca da planta, altura da planta, massa fresca e seca da raiz, produtividade por kg.ha<sup>-1</sup> e número de folhas.

Os microrganismos eficientes podem ser aplicados via foliar, assim como no trabalho realizado por Santos (2022), como também diretamente no solo, como no trabalho realizado por Martins *et al* (2022). Independente da forma como foram aplicados o resultado foi positivo.

Os EMs também se mostraram benéficos não só usado sozinho como também misturado a outros inoculadores comerciais, como no trabalho realizado por Ribeiro *et al* (2020) e no experimento feito por Machado *et al* (2021).

## 6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados encontrados nessa revisão, conclui-se que, os microrganismos eficientes apresentam eficácia e benefícios para o desenvolvimento de uma agricultura saudável, como também menor agressão ao meio ambiente.

Observa-se que, os trabalhos comprovam que a técnica utilizando EM é uma alternativa para melhoria no cultivo, que pode ser inoculado tanto no solo como diretamente nas plantas, o que mostrou aumento na produtividade.

É um produto que pode ser utilizado como biofertilizante nos diferentes tipos de plantas. Outro ponto positivo que vale ressaltar sobre a utilização do EM é seu baixo custo e exigência de pouca mão de obra.

Porém, necessita de mais trabalhos feitos nessa área, para aprimorar melhor essa técnica e assim ser empregado no setor agrícola de forma segura, assim como, para o meio ambiente também.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, F. M. C. **Caderno Dos Microrganismos Eficientes** (E.M.): Instruções Práticas sobre uso ecológico e social do EM. Universidade Federal de Viçosa/Departamento de Fitotecnia. (3ª ed.). 31p. 2020.
- ANDRADE, F. M. C. **Divulgação das Plantas Medicinais, da Homeopatia e da Produção de Alimentos Orgânicos**. 2, 2011, Viçosa: UFV. 2011. 32 p.
- Ahemad, M. S. & Kibret, M. **Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective**. Journal of King Saud University – Science, 26 (1), 1-20. 2014.
- BENEFIELD, L. E. **Implementing evidence-based practice in home care**. Home Healthcare Nurse, Baltimore, v. 21, n. 12, p. 804-811, Dec. 2003.
- BONFIM, Filipe Pereira Giardini; HONÓRIO, Isabela Cristina Gomes; REIS, Iná Lima Reis; PEREIRA, Adalgisa de Jesus; SOUZA, Daniela Boaneres de. **Caderno dos microrganismos eficientes** (EM): instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM. Universidade Federal de Viçosa: Departamento de Fitotecnia, 32p, 2011.
- BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 704 p.
- BROOME, M. E. Integrative literature reviews for the development of concepts. In: RODGERS, B. L.; CASTRO, A. A. Revisão sistemática e meta-análise. 2006.
- CAETANO, Michel Iuri. **Micro-organismos Eficientes** (EM's) na compostagem de palha de cana-de-açúcar e esterco bovino. 2014. 10 f. TCC (Graduação) – Curso de Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.
- CALERO-HURTADO, A., et al. **Efecto entre microorganismos eficientes y Fitomase em el incremento agroproductivo del frijol**. Biotecnología em el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 17(1), 25-33. 2019.
- CARVALHO, N.L.D.; ZABOT, V. **Nitrogênio: nutriente ou poluente?**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (e-ISSN: 2236-1170), v (6), nº 6, p. 960 – 974, 2012.
- CUNHA, Flávio Luiz S. J. da. **Desenvolvimento, agricultura e Sustentabilidade**. Disponível em [http://www.cori.rei.unicamp.br/CT/resul\\_trbs.php?Cod=291](http://www.cori.rei.unicamp.br/CT/resul_trbs.php?Cod=291).
- DIDONET, C. C. G. M.; FERREIRA, E. P. de B. **Rizobactérias promotoras de crescimento vegetal**. In: OLIVEIRA, S. S. (org.). Ciências moleculares 2. V. 2 Anápolis: Universidade Estadual de Goiás, 2012. P. 91.

DOMENICO, P. **Effective microorganisms for germination and root growth in *Kalanchoe daigremontiana***. World Journal of Advanced Research and Reviews, 3(3), 047053. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2019.3.3.0074>. 2019.

DOURADO, Emuriela da Rocha. **Microrganismos eficientes (EM) no tratamento de sementes de milho. Dissertação**. Universidade Federal de Viçosa. 2018.

EHLERS, E. **Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma**. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 1999.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. VISÃO 2030 O Futuro da Agricultura Brasileira**, 2018.

FAO – Food and Agriculture Organization. **Dados sobre alimentação e agricultura**. FAOSTAT. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>.

FIERER, N.; LEFF, J. W.; ADAMS, B. J.; NIELSEN, U. N.; BATES, S. T.; LAUBER, C. L.; CAPORASO, J. G. **Cross-biome metagenomic analyses of soil microbial Communities and their functional attributes**. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v. 109, n. 52, p.21390-21395, 26 dez. 2012.

GLICK, B. R. Review Article. **Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications**. Hindawi Publishing Corporation Scientifica Volume, 2012. <http://dx.doi.org/10.6064/2012/963401>.

GOMES, João Paulo Andrade; MOULIN, Monique Moreira; SOUZA, Maurício Novaes; SANTOS JÚNIOR, Alexandre Cristiano. **Uso de microrganismos eficientes como alternativa para agricultura sustentável: um referencial teórico**. Agroecologia: Métodos e Técnicas para uma Agricultura Sustentável – Volume 5, [S.L.], v. 5, n. 1, p. 340-355, fev. 2021. Editora Científica Digital. <http://dx.doi.org/10.37885/210604968>.

HIGA, T.; PARR, J. F. **Beneficial and effective microorganisms for a sustainable Agriculture And environment**. International Nature Farming Research Center, p. 16, 1994. Disponível Em:<https://www.the-compost-gardener.com/support-files/em-1-higa-Paper.pdf>.

HURTADO, A. C.; DÍAZ, Y. P.; VICIEDO, D. O.; RODRÍGUEZ, E. Q.; CALZADA, K. P.; NEDD, L. L. T.; HERNÁNDEZ, J. J. **Effect of different application forms of efficient Microorganisms on The agricultural productive of two bean cultivars**. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, v. 72, n. 3, p. 8927-8935, 2019.

JOSHI, H.; SOMDUTTAND; CHOUDHARY, P.; MUNDRA, S. L. **Role of Effective Microorganisms (EM) in Sustainable Agriculture**. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. V. 8, n.3, 172-181. 2019 doi: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.803.024>.

Kang, S. M., Khan, A. L., Wagas, M., Asaf, S., Lee, K. E., Park, Y. G., Kim, A. Y., Khan, M. A., You, Y. H. & Lee, I. J. **Integrated phytohormone production by the plant growth-promoting rhizobacterium *Bacillus tequilensis* SSB07 induced thermotolerance in soybean**. Journal of Plant Interactions, 14 (1), 416-423. 2019.

MAPA. **Instrução normativa** nº 61, de 8 de julho de 2020. 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou>.

MARIANO, R. de L. R.; SILVEIRA, E. B. da.; ASSIS, S. M. P. de.; GOMES, A. M. A.; NASCIMENTO, A. R. P.; DONATO, V. M. T. S. **Importância de bactérias promotoras de crescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável**. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, Recife, vol. 1, p.89-111, 2004.

MEENA, V. S. et al. **Plant beneficial rhizospheric microorganism (PBRM) strategies to Improve Nutrients use efficiency: A review**. Ecological Engineering, v. 107, p. 8–32, 2017.

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. C. P.; GALVÃO, C. M. **Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem**. Texto Contexto Enfermagem, Florianópolis, v. 17, n. 4, p. 758-764, out./dez. 2008.

MENDES, R.; GARBEVA, P.; RAAIJMAKERS, J. M. **The rhizosphere microbiome: significance of plant-beneficial, plantpathogenic and human-pathogenic microorganisms**. FEMS Microbiology Reviews, v. 37, p. 634-663, Amsterdam, 2013.

MITSUIKI, Cassio. **Efeitos de sistemas de preparo de solo e do uso de Microrganismos Eficazes nas propriedades físicas do solo, produtividade e qualidade da batata**. 98 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. 2 ed. Lavras: Editora UFLA, 2006.

OLLE, M.; WILLIAMS, I. I. **Effective microorganisms and their influence on vegetable production – a review**. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, v. 88, n. 4, 380-386, 2013. DOI: 10.1080/14620316.2013.11512979.

OLIVEIRA-FILHO, F. S. et al. **Biofertilizante como solução nutritiva para produção De Alface hidropônica no Alto Sertão paraibano**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 15, n. 1, p. 111–117, 2020. ISSN 1981-8203.

PARNELL, J. J. et al. **From the Lab to the Farm: Na Industrial Perspective of Plant Beneficial Microorganisms**. Frontiers in Plant Science, v. 7, 2016. ISSN 1664-462X.

PEREIRA, T. et al. **Utilização de microrganismos eficientes (EM) na produção de alimentos orgânicos**. VII Semana de Ciência e Tecnologia do IFMG–Campus Bambuí, 2014.

PII, Y. et al. **Microbial interactions in the rhizosphere: beneficial influences of plant growthpromoting rhizobacteria on nutrient acquisition process**. Biol Fertil Soils, 2015.

POLIT, D. F; BECK, C. T. **Using research in evidence-based nursing practice**. In: POLIT, D. F; BECK, C. T. (Ed.). Essentials of nursing research. Methods, appraisal And utilization. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2006.



PUGAS, A. S., et al. (2013). **Efeito dos Microrganismos Eficientes na taxa germinação e no crescimento da Abobrinha** (Curcubita Pepo L.). Cadernos de Agroecologia, 8, 1-5.

REIS, V. M. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007, 22 p. REIFSCHNEIDER, F. J.

RODRIGUES, R. A. R.; DE MELLO, W. Z.; DA CONCEIÇÃO, M. C. G.; DE SOUZA, P. A.; SILVA, J. J. N. **Dinâmica do Nitrogênio em Sistemas Agrícolas e Florestais Tropicais e seu Impacto na Mudança do Clima** Ver. Virtual Quim., 2017, 9 (5), 1868-1886. 28 de agosto de 2017.

ROEL, A. R.. **Agricultura Orgânica ou Ecológica e a sustentabilidade da Agricultura**. Interações (UCDB), Campo Grande, MS, v. 3, p. 57-62, 2002.

SANTOS, L. F. dos.; LANA, R. P.; SILVA, M. C. S. da.; VELOSO, T. G. R.; KASUYA, M. C. M.; RIBEIRO, K. G. **Effective microorganisms inoculant: Diversity and effect on the germination of palisade grass seeds**. Na Acad Bras Cienc (2020) 92(suppl.1): e20180426 DOI 10.1590/0001-3765202020180426 a.

SILVA, Wagner Pires da. **Extensão Universitária: um conceito em Construção**. Revista Extensão & Sociedade, [S.L.], v. 11, n. 2, p. 31-32, 10 nov. 2020. Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. <http://dx.doi.org/10.21680/2178-6054.2020v11n2id22491>.

SINGH, J. S.; PANDEY, V. C.; SINGH, D. P. **Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development**. Agriculture, Ecosystems and Environment, v. 140, p. 339-353, 2011.

Singh, S., Singh, V. & Pal, K. (2017). **Importance of microorganisms in agriculture**. Climate and Environmental changes: Impact, Challenges and Solutions, 1, 93-117.

VIERA-ARROYO, Willian Fernando. **Rol de los microorganismos benéficos en la Agricultura Sustentable**. Journal Of The Selva Andina Biosphere, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 67-68, 1 nov. 2020. Selva Andina Research Society. <http://dx.doi.org/10.36610/j.jsab.2020.080200067>.