
Uso de microrganismos eficientes como alternativa para agricultura sustentável: um referencial teórico

| João Paulo Andrade Gomes
IFES

| Maurício Novaes Souza
IFES

| Alexandre Cristiano Santos Júnior
IFES

| Monique Moreira Moulin
IFES

RESUMO

A dependência de insumos químicos para sustentar a alta produtividade das lavouras brasileiras ocasiona inúmeros problemas ambientais. Assim, a sociedade pressiona para que os processos produtivos sejam mais sustentáveis, e para alcançar esse objetivo na produção agrícola, a utilização de Microrganismos Eficientes (EM) tem se tornado uma prática importante, uma vez que esses microrganismos são capazes de degradar a matéria orgânica e disponibilizar substâncias úteis para o desenvolvimento vegetal. Ainda há necessidade de estudos mais aprofundados sobre a utilização em determinadas culturas agrícolas e as características bioquímicas e fisiológicas desses organismos e suas interações.

Palavras-chave: Agricultura, Agroecologia, EM, Microrganismos Eficientes, Sustentabilidade.

■ INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira se iniciou com plantações de monoculturas e com a criação da Embrapa em meados do século XX. O uso de insumos químicos agrícolas foi sendo intensificado, e hoje a dependência de agrotóxicos para a produção agrícola brasileira é cada vez maior. Isso trouxe inúmeros problemas ambientais, e por isso a sociedade pressiona para o uso de novas metodologias mais sustentáveis (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). Ao mesmo tempo, a utilização desses insumos é acompanhada de inúmeras perdas por volatilização, imobilização ou outros processos geoquímicos, fazendo com que a eficiência da sua utilização seja reduzida (FAGERIA, 2014). Não bastasse isso, alguns processos de produção desses insumos demandam alto valor energético, bem como consumo de combustível fóssil não renovável.

Visando a promoção da sustentabilidade na produção agrícola, a agroecologia tem impulsionado a utilização da biodiversidade natural e de processos biológicos para atender as necessidades nutricionais das culturas, proteção contra pragas e doenças e redução dos processos erosivos que degradam os campos de produção (ALTIERI, 2018).

A utilização de Microrganismos Eficientes (EM), proposta pelo professor Dr Teruo Higa, em meados da década de 1970, consiste na utilização de microrganismos naturalmente presentes em ambientes conservados, encarregados de realizar a ciclagem de nutrientes, em ambientes produtivos, disponibilizando nutrientes da matéria orgânica do solo para as plantas. Esses microrganismos são decompositores facultativos, fotossintetizantes, entre outros, que podem promover o crescimento e desenvolvimento vegetal.

Apesar de já conhecida, essa técnica apenas ganhou atenção nos últimos anos, com o início da produção agroecológica e com a preocupação ambiental de inúmeros processos produtivos. Ávila (2019) e Santos *et al.* (2020) confirmam que esses microrganismos contribuem para maior produção, melhor proteção fitossanitária, além de ser uma técnica de baixo custo, otimizando os lucros da produção, principalmente as de cunho familiar;. (Citações???)

Este trabalho pretende disponibilizar informações acerca deste tema e elucidar as principais características da utilização de microrganismos eficientes em cultivos agrícolas.

■ DESENVOLVIMENTO

Atualmente a sociedade pressiona a indústria de gêneros alimentícios, com foco principal no agronegócio, para a produção mais sustentável, visando a segurança alimentar e nutricional. Essa demanda já é comparada a mudanças climáticas e supercrescimento



populacional, e com as projeções alarmantes da população mundial irão evidenciar ainda mais a necessidade de segurança alimentar. Para suportar a população projetada, estudos estimam o dobro da produção de alimentos atual, um enorme desafio para a agricultura sustentável. A intensa utilização de defensivos agrícolas promovem sérias consequências ambientais, como degradação de solos e redução da biodiversidade da fauna e flora, e como resultado disto, os solos tendem a ter menores quantidades de um ou mais nutrientes, limitando o crescimento e produção vegetal e tornando o produtor dependente desses insumos (MEENA *et al.*, 2017, HURTADO *et al.*, 2019).

De acordo com dados da FAO, em 2018, a China foi o maior produtor de fertilizantes nitrogenados, e junto com Índia, Rússia, EUA e Canadá, somam cerca de 60 % da produção mundial, totalizando aproximadamente 72 milhões de toneladas. Entretanto, os principais consumidores desse fertilizante são: China (26%), Índia (16%), EUA (10%), Brasil (4,7%) e Paquistão (3,1%) (FAO, 2019). Também para os fertilizantes fosfatados, a China lidera com 30%, seguida dos EUA (12%), Índia (10 %), Marrocos e Rússia (ambos aproximadamente 9%). Em relação ao uso na agricultura, os maiores consumidores de fertilizantes nitrogenados são também os maiores consumidores de fosfatados: China (19%), Índia (17%), EUA (13%), Brasil (10%) e Paquistão (3%). Já a produção total de fertilizantes potássicos no mundo em 2018 foi de 44 milhões de toneladas aproximadamente, visto que o número de produtores é reduzido em comparação com os fertilizantes nitrogenados e fosfatados. Os maiores produtores desses fertilizantes são: Canadá, Rússia, Bielorrússia, China e Alemanha, produzindo 83% da produção global. Por outro lado, os maiores consumidores são: China (27%), Brasil (17%), EUA (11%), Índia (7%) e Indonésia (5%).

O Brasil figura como um dos principais consumidores de fertilizantes, porém depende de importar a maior parte da quantidade utilizada de outros países. Além disso, a eficiência da utilização dos mesmos é baixa, e do total aplicado no solo, cerca de 40-70% N, 80-90% P e 50-70% K são perdidos para outras dinâmicas do solo (FAGERIA, 2014). Isso torna a agricultura brasileira pouco sustentável, já que a dependência de insumos externos é alta e os recursos para produção são finitos, como as rochas fosfáticas, ou possuem processos de produção com elevado consumo energético, como a produção de amônia a partir do processo de síntese de Haber-Bosch, que apesar do nitrogênio ser um elemento amplamente disponível na atmosfera, sua conversão consome combustível fóssil e energia com alta temperatura e pressão (KRÜGER, 2017).

Por conta disso a agricultura assume uma posição central no desenvolvimento sustentável, já que, historicamente, a agricultura brasileira se desenvolveu baseado no uso intensivo de fertilizantes químicos e defensivos agrícolas disseminados pela Revolução Verde, na segunda metade do século XX. Essa estrutura de produção agrícola ocasiona inúmeros





problemas ambientais, como contaminação química dos solos e cursos d'água, erosão e redução da biodiversidade natural.

Bender, Wagg e Heijden (2016) observaram em seus estudos a baixa diversidade de microrganismos em solos de monoculturas geralmente produtivos por conta do elevado aporte de insumos químicos, contraposto aos sistemas extensivos que possuem alta diversidade com baixo *input* e *output*, ofertando baixa produtividade. Com isso os autores propõem um método de intensificação ecológica do solo, que agrupa características favoráveis de ambos os sistemas, promovendo a redução do aporte de insumos químicos sem perder valores de produtividade.

Existem duas maneiras de promover a agricultura de forma sustentável: a primeira é baseada em medidas de curto prazo aplicadas à agricultura tradicional, introduzindo novas tecnologias relacionadas à responsabilidade socioambiental; e a segunda maneira é a conversão de todo um sistema produtivo para base agroecológica, e por isso, demanda maior tempo de implantação (EHLERS, 1999; ALTIERI, 2018).

A agricultura sustentável é um conceito amplo abrangendo avanços em práticas de manejo e tecnologia na agricultura, e o crescente reconhecimento indica que a agricultura convencional que se desenvolveu após a Segunda Guerra Mundial, não será capaz de atender às necessidades da crescente população do século XXI. As monoculturas agrícolas, plantadas de forma consecutiva na mesma área provocam o colapso da camada superficial do solo, reduzindo a vitalidade do solo, comprometendo a qualidade da água de superfície e sub-superfície e ecologia da micro e macrofauna, tornando as plantas agrícolas vulneráveis a parasitas e patógenos. Dessa forma, é necessária intensa aplicação de quantidades maiores de fertilizantes e pesticidas, bem como as necessidades de energia para arar e aerar os solos, aumentando, assim, os custos de produção (SINGH *et al.*, 2011).

A utilização de microrganismos eficientes (EM) foi desenvolvida pelo professor Teruo Higa no Japão, trazida para o Brasil pela Fundação Mokiti Okada na década de 80 (BONFIM *et al.*, 2011; SIQUEIRA; SIQUEIRA, 2013), que constitui em uma mistura de culturas de microrganismos de ocorrência natural que podem ser aplicados nas culturas como inoculantes visando aumentar a diversidade microbiana dos solos (HIGA e PARR, 1994). O inoculante contém, predominantemente, bactérias acidoláticas, leveduras, bactérias fotossintéticas, actinomicetos e outros tipos de microrganismos, todos mutuamente compatíveis, que podem coexistir no líquido de cultura. Apesar de benéfico, não substitui qualquer técnica de manejo. Esses microrganismos podem ser classificados como decompositores ou biosintéticos. 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 biosintéticos 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).

De acordo com Bonfim *et al.* (2011), os microrganismos utilizam como fonte de recurso a matéria orgânica, desprendendo nutrientes, hormônios, e outros compostos úteis para a própria comunidade microbiana, animais e plantas, através dos processos metabólicos de decomposição. Ainda são capazes de liberar alguns compostos que promovem a resistência das plantas a ataques de insetos e doenças. Isso promove também a estruturação do solo, agregando melhor as partículas minerais, evitam compactação e aumentam a porosidade, e com isso provocam melhor infiltração de água, aumentam a disponibilidade de água para as plantas e a profundidade de enraizamento. A utilização do EM promove maior eficiência na utilização da matéria orgânica disponível aos vegetais, uma vez que aumenta a atividade dos microrganismos, contribuindo para modificar a estrutura, qualidade e sanidade dos solos deficientes, podendo melhorar as condições de desenvolvimento da planta, integrando o equilíbrio microbiológico do solo e da planta (HIGA e WIDIDANA, 1991). Com o solo melhor estruturado, a erosão é controlada e as áreas produtivas sofrem menos degradação além de outros benefícios elencados na Tabela 1.

O preceito dos EM está associado à ativação e incremento populacional de determinados microrganismos autóctones do solo, e são formados pela comunidade de microrganismos encontrados naturalmente em solos férteis e em plantas, que coexistem quando em substrato líquido. Foi identificado por Bonfim (2011) quatro grupos de microrganismos que compõem os EM:

- Leveduras: 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: 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. Aumentam as populações de outros microrganismos eficazes, como os fixadores de nitrogênio, os actinomicetos e os fungos micorrízicos.





Contudo, a coleta deve ser bem executada, uma vez que outros microrganismos podem ser prejudiciais, uma vez que podem produzir substâncias alelopáticas ou atrativas a organismos considerados pragas, bem como a propiciar o aparecimento de doenças, como também mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Mecanismos benéficos e prejudiciais que afetam a qualidade do solo, desenvolvimento, produção e sanidade vegetal.

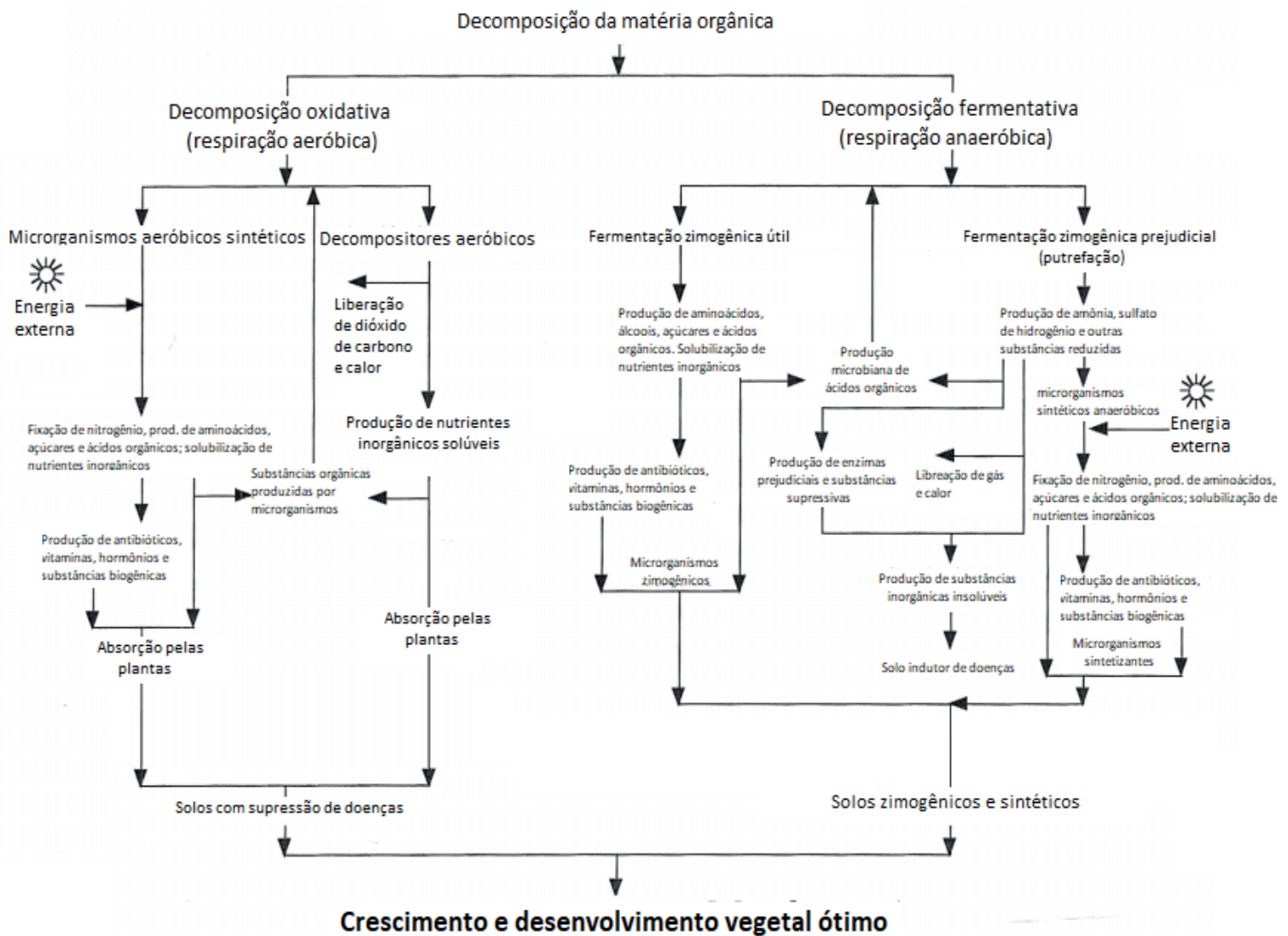
Efeitos Benéficos	Efeitos Prejudiciais
Decomposição de resíduos orgânicos	Indução de doenças vegetais
Reciclagem e aumento da disponibilidade de nutrientes para plantas	Estimulação de patógenos de solo
Produção de antibióticos	Imobilização de nutrientes
Complexação de metais pesados	Inibição da germinação de sementes
Produção de polissacarídeos que promovem agregação das partículas do solo	Inibição do crescimento e desenvolvimento vegetal
Fixação do nitrogênio atmosférico	Produção de substâncias fitotóxicas
Supressão de patógenos de solo	
Degradação de compostos tóxicos	
Produção de moléculas orgânicas simples	
Solubilização de fontes insolúveis de nutrientes minerais	

Fonte: Adaptado de Higa e 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).



Figura 1. Transformações da matéria orgânica do solo por microrganismos do solo promovendo desenvolvimento de solos propensos à indução de doenças, supressão de doenças, solos zimogênicos ou sintéticos.



Fonte: Adaptado de Higa e Parr, 1994.

Ainda de acordo com Higa e Parr (1994), controlar a microbiota do solo, visando aumentar a predominância de microrganismos benéficos, ou microrganismos eficientes, pode promover maior qualidade das propriedades químicas e físicas do solo. Contudo, a adição de material orgânico é uma parte considerável da estratégia.

Esses microrganismos podem ser cultivados em grandes populações em um meio contendo farelo de arroz e farinha de peixe e, em seguida, aplicado ao solo junto com composto bem curado, que também tem uma grande população estável de microrganismos benéficos, especialmente bactérias anaeróbicas facultativas. Um solo pode ser facilmente transformado em um solo zimogênico/sintético com potencial supressor de doença se culturas mistas de microrganismos eficazes com a capacidade de transmitir estas propriedades são aplicadas a esse solo (HIGA e PARR, 1994; OLLE e WILLIAMS, 2013).

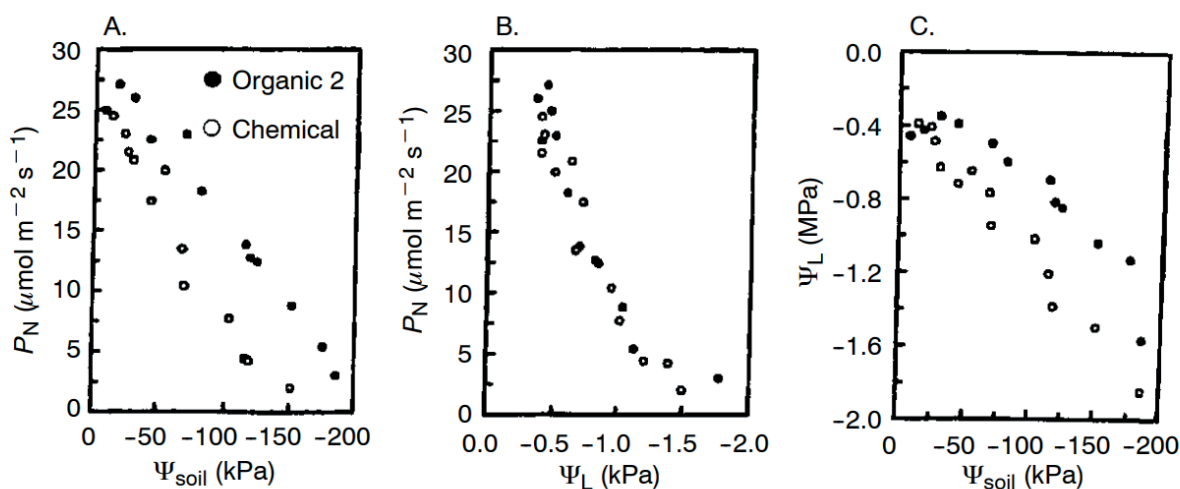


O sistema solo-planta sofre influência dos microrganismos que compõem a rizosfera. Ao redor das raízes existem interações intensas entre as raízes, seus exsudados, o solo e os microrganismos ali presentes (MEENA *et al.*, 2017). Apesar da utilização de microrganismos serem frequentemente aplicado a questões agrícolas e ambientais, a comunidade científica não aceita de forma ampla por conta da dificuldade de reproduzir seus efeitos, já que sua eficiência depende de fatores ótimos de disponibilidade de água, oxigênio, temperatura e pH (SINGH *et al.*, 2011).

Essa técnica é de fundamental importância para a transformação da agricultura para vertentes mais sustentáveis, contudo é pouco aplicada na agricultura latino-americana, principalmente na brasileira, apesar de ser pesquisada para diferentes formas de uso e aplicação em mais de 100 países (MONTERREY; PERALTA, 2005). E além do potencial agrícola do EM, vários estudos constataam a viabilidade de utilização em tratamento de esgoto sanitário (CORREA *et al.*, 2015), redução da salinidade de água (MOUHAMAD *et al.*, 2017), recuperação ambiental (SYED *et al.*, 2003) e biorremediação ambiental (TANG *et al.* 2009; BEVERIDGE e MURRAY, 1976; LANGLEY e BEVERIDGE, 1999; NIES, 1999).

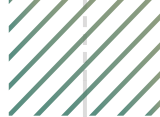
Xu (2000) descreveu uma alteração na capacidade fotossintética em plantas de milho tratadas com EM, notando retardo no processo de senescência (Figura 2). Fato também verificado por Oliveira *et al.* (2011), podendo ser entendido como uma resposta interessante à busca por maior acumulação de produtos fotossintatos. Xu (2000) ainda supõe que o EM atue como promotor de crescimento, por conta de que alguns fito-hormônios e derivados são sintetizados por microrganismos de solo.

Figura 2. Resposta fotossintética à diminuição do potencial hídrico matricial do solo (A), à diminuição do potencial hídrico da folha (B) e à resposta do potencial hídrico da folha a diminuições do potencial hídrico matricial (C).



Fonte: Xu (2000).





Alguns estudos demonstram que rizobactérias, como certas espécies de *Bacillus*, sintetizam hormônios vegetais (Tabela 2), e assim fazem com que os níveis dessas substâncias se alterem nas plantas. Acredita-se que cerca de 80% das bactérias presentes na rizosfera são capazes de sintetizar o ácido indolilacético (IAA), fito-hormônio exigido em baixas concentrações, que proporciona o crescimento das raízes, aumentando a área explorada, e, portanto, aumentando a absorção de água e nutrientes do solo (LEINHOS; VACEK, 1994; TAIZ; ZEIGER, 2009). As citocininas são fito-hormônios do tipo adenina, produzidos geralmente por bactérias dos gêneros: *Arthrobacter*, *Azospirillum*, *Bradyrhizobium*, *Pseudomonas* e *Paenibacillus* (BULGARELLI *et al.*, 2013), que estimulam a multiplicação celular, induzem a produção de pelos radiculares e impedem a formação de raízes secundárias e alongamento de raízes primárias.

Tabela 2. Produção de hormônios vegetais por espécies de *Bacillus*.

Espécie	Hormônios	Referência
<i>Bacillus</i> ssp.	Auxina	Kampert <i>et al.</i> (1975)
<i>B. brevis</i>	Ácido idolilacético e giberelina	Mahmoud <i>et al.</i> (1984)
<i>B. cereus</i>	Ácido idolilacético e giberelina	Mahmoud <i>et al.</i> (1984)
<i>B. megaterium</i>	Giberelina	Hussain e Vancura (1970)
<i>B. circulans</i>	Auxina	Strzelczyk e Pokkojska-Burd (1984)
<i>B. circulans</i>	Citocinina	Kampert e Strzelczyk (1984)

Moléculas pertencentes ao grupo das giberelinas estão envolvidas com divisão e aumento do comprimento celular nos meristemas apicais, além de promover estímulos para germinação de sementes e participar de etapas do florescimento e fecundação vegetal, e podem ser produzidas pelo metabolismo de *Azospirillum* ou *Trichoderma garzianum*, por exemplo, (COHEN *et al.*, 2009; AKLADIOUS; ABBAS, 2012). Além desses, outros fito-hormônios são encontrados na literatura atuando em processos do desenvolvimento vegetal. Etileno, promotor do amadurecimento e da senescência, e ácido abscísico (ABA), responsável pela inibição do florescimento e da germinação, são sintetizados por microrganismos promotores de crescimento de plantas. Estrigolactonas são substâncias decorridos por diferentes vias de síntese de carotenoides nos plastídios. Autores, como Kohlen *et al.* (2011) e Pandey *et al.* (2016), alegam que essas substâncias atuam com regulação de crescimento, tanto de raízes quanto de parte aérea, principalmente na estrutura vegetal, além de atuar como sinalizadoras de resposta a vários estímulos ambientais. Essas substâncias podem auxiliar na interação entre outros microrganismos da rizosfera com a raiz vegetal, bem como com outros microrganismos presentes no ambiente (PELÁEZ-VICO *et al.*, 2016).

Quanto ao controle biológico de pragas e doenças em plantas, existem inúmeros produtos comerciais (Tabela 3), que pode acontecer por vários mecanismos diferentes, associados ou não, como: competição por nutrientes, microparasitismo, produção de sideróforos,





antibióticos, indução de resistência e compostos voláteis (VOISARD *et al.*, 1989; DE LEIJ *et al.*, 1995; ELLIS *et al.*, 1979; BUCHENAUER, 1998; SHORESH *et al.*, 2010). Apesar dos microrganismos que realizam o controle biológico não promoverem efetivamente o crescimento e desenvolvimento vegetal, eles podem afetar o metabolismo e desenvolvimento dos microrganismos promotores. Espécies de *Bacillus* são capazes de sintetizar substâncias antibióticas, como polimixina, circulina e colistina, que afetam o desenvolvimento de fungos, bactérias Gram-positivas e Gram-negativas (MAKSIMOV *et al.*, 2011). Já os sideróforos são moléculas orgânicas com baixa massa molecular que formam ligações estáveis com o ferro do solo, solubilizando-o e tornando-o disponível para as plantas, bem como inibindo a instalação de organismos fitopatogênicos, já que o Fe está sendo imobilizado quimicamente pela molécula (RADZKI *et al.*, 2013). Essas e outras vias de indução de resistência interferem em, principalmente, dois sistemas de defesa vegetal: *induced systemic resistance* (ISR) e *systemic acquired resistance* (SAR) (PIETERSE *et al.*, 2012). SAR, ou resistência sistêmica adquirida, tem atuação de amplo espectro dependente do ácido salicílico, sendo efetivo contra patógenos que sobrevivem e se multiplicam em tecidos vivos. Já ISR, ou resistência sistêmica induzida, é condicionada pela presença do ácido jasmônico e da atuação combinada ao etileno, sendo ativada por estresse abiótico, patógenos necrotróficos e insetos herbívoros (GFELLER *et al.*, 2010).

Tabela 3. Biopesticidas comerciais para controle de doenças em plantas. Fonte: Graças et al. (2015).

Organismo	Produtos	Organismo Alvo	Fabricante
<i>Agrobacterium radiobacter</i>	Norbac 84-C Agtrol; Galltrol; Diegall	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Bio-Care Technology
<i>Bacillus subtilis</i>	Kodiak	<i>Rhizoctonia ssp.</i> , <i>Pythium ssp.</i> e <i>Fusarium ssp.</i>	Gustafson
<i>Pseudomonas cepacia</i>	Blue Circle; Intercept	<i>Rhizoctonia ssp.</i> , <i>Pythium ssp.</i> e <i>Fusarium ssp.</i>	Stine Microbial Products
<i>P. fluorescens EG 1053</i>	Dagger	<i>Rhizoctonia ssp.</i> e <i>Pythium ssp.</i>	Ecogen
<i>P. fluorescens NC1B 12089</i>	Conquer	Podridão bacteriana de cogumelos comestíveis	Burns Philips
<i>P. aureofaciens</i>		<i>Gaeumanomyces graminis</i>	Monsanto

O EM pode ser preparado na propriedade de forma simples, barata e rápida. O primeiro passo é realizar a captura dos microrganismos eficientes, de acordo com a metodologia de Bonfim *et al.* (2011): cozinhar aproximadamente 700 gramas de arroz sem sal para isca; espalhar o arroz já cozido em bandeja de plástico, de madeira ou em calhas de bambu; cobrir com tela mosquiteiro visando proteger. Coloque a bandeja com arroz, protegida pela tela, em uma mata virgem; deixar a bandeja em um local limpo, afastando a serapilheira; cobrir a bandeja com a serapilheira. Após 10 a 15 dias os microrganismos já estarão capturados. A isca agora estará colonizada por vários microrganismos, que possuem colônias com colorações rosada, azulada, amarelada e alaranjada, microrganismos eficientes (regeneradores) e colorações cinza, marrom e preto são microrganismos decompositores não úteis e devem ser descartadas. As colorações no arroz variam em função do tipo de mata





onde foram capturados os microrganismos. Quanto mais diversificada e estruturada for a mata mais cores estarão presentes.

Para a ativação do EM, distribuir o arroz colorido em mais ou menos cinco garrafas de plástico de dois litros; adicionar 200 ml de melão de cana em cada garrafa; completar com água sem cloro (de mina ou solarizada por 24 horas) ou água de arroz; as garrafas devem ser bem fechadas e deixadas à sombra por 10 a 20 dias. Haverá produção de gases oriundos da fermentação, e, portanto, é necessário liberá-los de dois em dois dias. Coloque a tampa e aperte a garrafa pelos lados retirando o ar que ficou dentro da garrafa. Quando não houver mais produção de gases, o EM estará pronto para o uso (BONFIM *et al*, 2011; ÁVILA, 2019).

Sobre a aplicação de EM na agricultura, o Brasil tem produzido muitos estudos que elucidam e comprovam a viabilidade dessa técnica para a produção agrícola mais sustentável com manutenção de produtividade. Andrade (2011) observa aceleração na decomposição da matéria orgânica quando o EM é pulverizado no solo, produzindo mobilização dos nutrientes. O autor ainda menciona outras aplicações do EM como: aplicação foliar; compostagem; em cultivos hidropônicos; na piscicultura; na produção animal; tratamento de efluentes; e em esgoto doméstico.

Santos *et al.* (2020) examinaram o uso de EMs sobre o desenvolvimento e composição química do capim-marandu (*Urochloa brizantha*), empregando EMs originados de três coletas distintas em tratamentos com a presença e ausência de esterco bovino para demonstrar a disponibilização dos nutrientes para a cultura. Com isso, o autor comprova que os EMs originados de locais diferentes possuem organismos que são compartilhados e outros que não, mas ainda sim, é pioneiro no estudo da diversidade de fungos e bactérias em inoculantes de EM. Ávila (2019) verifica resultados similares ao de Santos (2020), como maior comprimento de raiz de plantas de milho, além de determinar que a origem da coleta dos microrganismos pode interferir no desenvolvimento vegetal.

Bonfim (2011), Pereira *et al.* (2014), Ávila (2019), Santos *et al.* (2020) e Hurtado *et al.* (2018), entendem que o EM consiste em uma alternativa sólida para promover a produção segura, sustentável e de baixo custo, apresentando excelente alternativa de manejo agroecológico que pode promover aumento de produtividade de propriedades de base agroecológica e orgânica. Porém todos os autores mencionam a necessidade de um melhor entendimento sobre a determinação de eficiência agrícola e agronômica, bem como a relação entre os microrganismos e as plantas alvos e seus benefícios.

■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos concluir que a aplicação de EM na agricultura pode reduzir os custos de produção, por ser uma técnica barata, que pode ser realizada pelo próprio agricultor, além





de trazer inúmeros benefícios agronômicos, como defesa fitossanitária, disponibilização de nutrientes e hormônios que promovem o melhor desenvolvimento vegetal. Contudo, a literatura é escassa para inúmeras culturas, e não se sabe ao certo se a composição microbológica do EM tem algum efeito positivo ou negativo na produção vegetal. Apesar de ser uma técnica que se originou em meados do século XX, ela vem sendo melhor descrita de forma microbológica e agronômica nos últimos anos.

■ REFERÊNCIAS

1. ALTIERI, Miguel A. **Agroecology**: The science of sustainable agriculture. 2. ed. CRC Press, 2018.
2. AKLADIOUS, S. A.; ABBAS, S. M. Application of *Trichoderma harziunum* T22 as a biofertilizer supporting maize growth. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, p. 8672-8683, 2012.
3. ÁVILA, Z. N. B. **Efeitos da utilização de microrganismos eficientes (EM) sobre a cultura de milho (*Zea mays* L.) variedade BRS Caimbé orgânico**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
4. BENDER, S. F.; WAGG, C.; HEIJDEN, M. G. A. van der. Un Underground Revolution: Biodiversity and Soil Ecological Engineering for Agricultural Sustainability. **Trends in Ecology & Evolution**, vol. xx, 2016.
5. BEVERIDGE, T. J.; MURRAY, R. G. Uptake and retention of metals by cell walls of *Bacillus subtilis*. **Journal of Bacteriology**, v. 127, n. 3, p. 1502-1518, 1976.
6. BONFIM, F. P. G.; HONÓRIO, I. C. G.; REIS, I. L.; PEREIRA, A. J.; SOUZA, D. B. **Caderno dos microrganismos eficientes (EM): instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM**. Universidade Federal de Viçosa: Departamento de Fitotecnia, 32p, 2011.
7. BUCHENAUER, H. Biological control of soilborne diseases by rhizobacteria. **Journal of Plant Disease and Protection**, Stuttgart, v. 105, p. 329-348, 1998.
8. BULGARELLI, D.; SCHLAEPPI, K.; SPAEPEN, S.; VER LOREN VAN THEMAAT, E.; SCHULZE-LEFERT, P. Structure and functions of the bacterial microbiota of plants. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 64, p. 807-838, 2013.
9. 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.
10. COHEN, A. C.; TRAVAGLIA, C. N.; BOTTINI, R.; PICCOLI, P. N. Participation of abscisic acid and gibberellins produced by endophytic *Azospirillum* in the alleviation of drought effects in maize. **Botany**, Ottawa, v. 87, p. 455-462, 2009.
11. CORREA, C.; NAKAGAWA, D.; DEMETRIO, L.; FREITAS, B.; PRATES, K. Coleta, ativação e aplicação de Microrganismos Eficientes (EM's) no tratamento de esgoto sanitário. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 7466-7473, 2015.





12. DE LEIJ, F.A.A.M.; SUTTON, E.J.; WHIPPS, J.M.; FENLON, J.S.; LYNCH, J.M. Field release of a genetically modified *Pseudomonas fluorescens* on wheat: establishment, survival and dissemination. **Nature Biotechnology**, London, v. 13, p. 1488-1492, 1995.
13. ELLIS, J.G.; KERR, A.; VAN MONTAGU, M.; SCHELL, J. Agrobacterium: genetic studies on agromycin 84 production and the biological control of crown gall. **Physiological Plant Pathology**, Saint Paul, v. 15, p. 311-319, 1979.
14. FAGERIA, N. K. Yield and yield components and phosphorus use efficiency of lowland rice genotypes. **Journal of plant nutrition**, v. 37, n. 7, p. 979-989, 2014.
15. FAO – Food and Agriculture Organization. Dados sobre alimentação e agricultura. FAOSTAT. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 23 mai. 2021.
16. GFELLER, A.; DUBUGNON, L.; LIECHTI, R.; FARMER, E. E. Jasmonate biochemical pathway. **Science Signaling**, v. 16, n. 3, p. 109, 2010.
17. HIGA, T.; PARR, J. F. **Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment**. Atami: International Nature Farming Research Center, 1994.
18. HIGA, T.; WIDIDANA, G.N. The concept and theories of effective microorganisms. In: Parr, J.F.; Hornick, S.B.; C.E. Whitman Teds. U.S. **Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming**. Department of Agriculture, Washington, D.C., U.S.A., p. 20-22. 1991.
19. HUSSAIN, A.; VANCURA, V. Formation of biologically active substance by rizosphere bacteria and their effect on plant growth. **Folia Microbiologica**, Praga, v. 15, p. 468-478, 1970.
20. KAMPERT, M.; STRZELCZYK, E.; POKOJSKA, A. Production of auxins by bacteria isolated from pine roots (*Pinus silvestris* L.). **Acta Microbiologica Polonica**, Varsovia, v. 71, p. 135-143, 1975.
21. KAMPERT, M.; STRZELCZYK, E. Effect of pH on production of cytokinin - like substances by bacteria isolated from soil, rhizosphere and mycorrhizosphere of pine {*Pinus sylvestris*}. **Acta Microbiologica Polonica**, Varsovia, v. 33, p. 77-85, 1984.
22. KOHLEN, W.; CHARNIKHOVA, T.; LIU, Q.; BOURS, R.; DOMAGALSKA, M. A.; BEGUERIE, S.; VERTAPPEN, F.; LEYSER, O.; BOUWMEESTER, H.; RUYTER-SPIRA, C. Strigolactones are transported through the xylem and play a key role in shoot architectural response to phosphate deficiency in nonarbuscular mycorrhizal host *Arabidopsis*. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 155, n. 2, p. 974-987, 2011.
23. KRÜGER, Oliver. Recycled fertilizers: Do we need new regulations and analytical methods?. **Waste Management**, v. 100, n. 50, p. 1-2, 2016.
24. LANGLEY, S.; BEVERIDGE, T. J. Effect of O-side-chain-lipopolysaccharide chemistry on metal binding. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 65, n. 2, p. 489-498, 1999.
25. LEINHOS, V.; VACEK, O. Biosynthesis of auxins by phosphate-solubilizing rhizobacteria from wheat and rye. **Microbiology Research**, Pavia, v. 149, p. 31-35, 1994.
26. MAHMOULD, S.A.Z.; RAMADAN, E.M.; THABET, F.M.; KATER, T. Production of plant growth promoting substances by rizosphere microorganisms. **Zentralblatt für Mikrobiologie**, Moskow, v. 139, p. 227-23, 1984.





27. MAKSIMOV, I. V.; ABIZGIL'DINA, R. R.; PUSENKOVA, L. I. Plant growth promoting rhizobacteria as alternative to chemical crop protectors from pathogens: review. **Applied Biochemistry and Microbiology**, New York, v. 47, p. 333-345, 2011.
28. MEENA, V. S.; MEENA, S. K.; VERMA, J. P.; KUMAR, A.; AERON, A.; MISHRA, P. K.; DOTANIYA, M. L. Plant beneficial rhizospheric microorganism (PBRM) strategies to improve nutrients use efficiency: a review. **Ecological Engineering**, v. 107, p. 8-32, 2017.
29. MONTERREY, A. M. M.; PERALTA, H. A. **Evaluacion de la efectividad del sistema de tratamiento de lodos sépticos de la earth**. 2005. 53 p. Trabajo de graduación (Ingeniero Agrónomo) – EARTH, Costa Rica.
30. NIES, D. H. Microbial heavy-metal resistance. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 51, n. 6, p. 730-750, 1999.
31. OLIVEIRA, S. A. S.; STARK, E. M. L. M.; EPIFÂNIO, J. A.; BERBARA, R.L.L.; SOUZA, S.R. de. Partição de Nitrogênio em Variedades de Milho (*Zea mays* L.) com a Aplicação Foliar de Microrganismos Eficazes e Nitrato. **Revista de Ciência e Vida**. Seropédica, v. 31, n. 1, p. 57-69, 2011.
32. OLLE, M.; WILLIAMS, I. H. Effective microorganisms and their influence on vegetable production—a review. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 88, n. 4, p. 380-386, 2013.
33. PANDEY, A.; SHARMA, M.; PANDEY, G. K. Emerging roles of strigolactones in plant responses to stress and development. **Frontiers in Plant Science**, New Haven, v. 7, n. 434, p. 1-17, 2016.
34. PELÁEZ-VICO, M. A.; BERNABÉU-RODA, L.; KOHLEN, W.; SOTO, M. J.; LÓPEZ-RÁEZ, J. A. Strigolactones in the Rhizobium-legume symbiosis: stimulatory effect on bacterial surface motility and down-regulation of their levels in nodulated plants. **Plant Science**, Limerick, v. 245, p. 119-127, 2016.
35. PEREIRA, T.G.; SILVA, S.; MORAIS, E.G. de; LOPES, M.A.P.; PEREIRA, J.G.; GONÇALVES, L.D. **Utilização de Microrganismos eficientes (EM) na produção de alimentos orgânicos**. VII Semana de Ciência e Tecnologia IFMG - campus Bambuí VII Jornada Científica e I Mostra de Extensão 21 a 23 de outubro de 2014.
36. PIETERSE, C. M. J.; VAN DER DOES, D.; ZAMIOUDIS, C.; LEONREYES, A.; VAN WEES, S. C. M. Hormonal modulation of plant immunity. **Annual Review of Cell and Developmental Biology**, Palo Alto, v. 28, p. 489-521, 2012.
37. RADZKI, W.; MANERO, F. G.; ALGAR, E.; GARCIA, J. L.; GARCIA, V. A.; SOLANO, B. R. Bacterial siderophores efficiently provide iron to iron-starved tomato plants in hydroponics culture. **Antonie Van Leeuwenhoek**, Amsterdam, v. 104, p. 321-330, 2013.
38. SANTOS, L. F.; LANA, R. P.; SILVA, M. C. S.; VELOSO, T. G. R.; KASUYA, M. C. M.; RIBEIRO, K. G. Effective microorganisms inoculant: Diversity and effect on the germination of palisade grass seeds. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 92, supl. 1, 2020.
39. SIQUEIRA, A.P.P. de ; SIQUEIRA, SIQUEIRA M. F.B. de. **Bokashi: adubo orgânico fermentado**. Niterói: Programa Rio Rural, 16 p, 2013





40. SINGH, J. S.; PANDEY, V. C.; SINGH, D. P. Efficient soil microorganisms: a new dimension for sustainable agriculture and environmental development. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 140, n. 3-4, p. 339-353, 2011.
41. SHORESH, M.; HARMAN, G. E.; MASTOURI, M. Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 48, p. 21-43, 2010.
42. STRZELCZYR, E.; POKKOJSKA-BURD, E.J. Production of auxins and gibberellins-like substances by mycorrhizae of pine (*Pinus sylvestris* L.). **Acta Microbiologica Polonica**, Varsóvia, v. 81, p. 81-185, 1984.
43. SYED, A.; SATOU, N.; HIGA, T. 2003. Mechanisms of effective microorganisms (EM) in removing salt from saline soils. **13th Annual West Coast Conference on Contaminated Soils, Sediments and Water**, Mission Valley Marriott, San Diego, CA, USA, 2003.
44. TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.
45. TANG, J.; NIU, X.; SUN, Q.; WANG, R. Bioremediation of petroleum polluted soil by combination of rye grass with effective microorganisms. **2009 International Conference on Environmental Science and Information Application Technology**. IEEE, 2009. p. 51-54.
46. VOISARD, C.; KEEL, C.; HAAS, D.; DÉFAGO, G. Cyanide production by *Pseudomonas fluorescens* helps suppress root rot of tobacco under gnotobiotic conditions. **EMBO Journal**, Heidelberg, v. 8, p. 351-358, 1989.
47. XU, H. Effects of a microbial inoculant and organic fertilizers on the growth, photosynthesis and yield of sweet corn. In: XU, H., UMEMURA H., PARR J. F. **Nature farming and microbial applications**. Hawerth press. Co-published as journal of crop productions, v.3, n.1. 2000.

