

Biofábricas no cenário atual agrícola brasileiro: revisão

Izadora Alves Soares¹, Antonio Carlos Pereira de Menezes Filho² & Matheus Vinícius Abadia Ventura¹

¹Centro Universitário do Sudoeste Goiano, UniBRAS, Rio Verde, Goiás, Brasil

²Instituto Federal Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil

Correspondência: Antonio Carlos Pereira de Menezes Filho, Instituto Federal Goiano, Rio Verde, Estado de Goiás, Brasil. E-mail: astronomoamadorgoias@gmail.com

Recebido: Outubro 04, 2022

Aceito: Dezembro 12, 2022

Publicado: Janeiro 01, 2023

DOI: 10.14295/bjs.v2i1.246

URL: <https://doi.org/10.14295/bjs.v2i1.246>

Resumo

As biofábricas têm aplicações em diversos setores da economia, incluindo em diversos modelos energéticos, na agricultura e indústria. O setor de saúde está acompanhando uma nova classe de medicamentos, os chamados biofármacos. A biofábrica é um modelo que precisa usar a biotecnologia para produzir mudas em larga escala, e seu processo precisa ser definido, podendo ser cultivadas milhares de mudas todos os anos. Objetivou-se com este trabalho, explorar o panorama das biofábricas no cenário atual agrícola brasileiro. Foi realizado uma revisão de literatura com base na literatura científica, desenvolvida a partir de materiais já elaborados, constituídos principalmente de livros, revistas, artigos científicos, monografias e teses, mediante a busca dos conhecimentos disponíveis e o direcionamento de métodos, técnicas e outros procedimentos científicos. Biorreatores são equipamentos utilizados na multiplicação de transferência de vegetais que tenham potencial segurança, economia e higiene e multiplicação de microrganismos responsáveis pela promoção do desenvolvimento vegetal. São usados para o cultivo de gemas, embriões e órgãos em meio de cultura líquido e potencializam o cultivo de mudas de forma automatizada em larga escala, com monitorização e controle das condições de cultivo, além de menor manipulação das culturas, além de microrganismos, com finalidade de utilização como inoculantes para incremento de produtividade em commodities nacionais. Conclui-se assim que as biofábricas são organismos que podem produzir compostos de interesse com grande potencial, como os microrganismos, que foram lentamente conseguindo o seu espaço no setor agrícola. É importante evidenciar que as biofábricas tem menores valores necessários para produzir a preservação dos recursos naturais, a redução dos impactos negativos da agricultura, o reaproveitamento de resíduos orgânicos gerados por processos agrícolas locais, e fortalecimento da economia local e comunitária. Além disso, a versatilidade da biologia sintética permite que os cientistas melhorem os produtos das biofábricas, potencializando o material genético ou gerando o acréscimo de produtividade nas culturas agrícolas brasileiras.

Palavras-chave: agricultura, Brasil, plantas, microrganismos, *Pseudomonas*.

Biofactories in the current Brazilian agricultural scenario: review

Abstract

Biofactories have applications in various sectors of the economy, including in different energy models, agriculture, and industry. The health sector is following a new class of drugs, the so-called biopharmaceuticals. The biofactory is a model that requires biotechnological use to produce seedlings on a large scale, in which its processes need to be well defined, and it can develop thousands of seedlings per year. The objective of this work was to explore the panorama of biofactories in the current Brazilian agricultural scenario. A literature review was carried out based on the scientific literature, developed from materials already prepared, consisting mainly of books, magazines, scientific articles, monographs, and theses, through the search for available knowledge and the direction of methods, techniques, and other procedures scientific. Bioreactors are equipment used in plant transfer multiplication with potential safety, economy, and hygiene. They are used for the cultivation of buds, embryos and organs in liquid culture medium and enhance the production of seedlings in an automated way on a large scale, with monitoring and control of cultivation conditions, in addition to less manipulation of cultures. They were also developed to correct existing failures in the production of new plants from conventional techniques, increasing the profitability of biofactories, agribusiness is constantly looking for innovative and

modern techniques that aim to increase crop efficiency, produce better quality products, and ensure food safety. In this sense, plant tissue culture, especially micropropagation, has been used to meet these demands, revolutionizing the agricultural scenario around the world, through the mass production of seedlings of various plant species of economic interest. Biofactories are also capable of producing various agricultural bioproducts based on bacteria, fungi, and viruses, further benefiting producers with effective control of agricultural pests.

Keywords: agriculture, Brazil, plants, microorganisms, *Pseudomonas*.

1. Introdução

Ao longo de milhares de anos, a modernização poderia ser prevista para o uso de bactérias na fabricação de alimentos e bebidas. Porém, o atual ritmo acelerado de produção de novos alimentos deve-se à rápida incorporação de técnicas biotecnológicas que permitem a rápida identificação de novas moléculas e microrganismos ou mesmo o melhoramento genético de espécies conhecidas. Em nenhum outro momento da história os microrganismos estiveram tão presentes em áreas como agricultura e medicina, exceto como vilões reconhecidos (Carvalho; Rodrigues; Santos., 2016; Júnior et al., 2022).

Atualmente, porém, microrganismos benéficos como geradores de desenvolvimento de cultivos e controladores de fitopatógenos são requeridos por diversas culturas agrícolas, e muitas espécies estão sendo utilizadas como biofábricas de importantes moléculas farmacológicas. Recentemente, o interesse em microrganismos tem se concentrado em compostos com atividade pesticida, principalmente herbicida, inseticida e nematicida (Jones et al., 2014; Silva et al., 2020).

As biofábricas podem ser definidas como um centro de produção em larga escala de mudas e sementes melhoradas para obtenção de espécies com novas técnicas científicas que garantam sua qualidade (Conacyt, 2022) e são promovidas como um modelo de microempresa que utiliza recursos locais das florestas da região (fungos, bactérias, micorrizas, leveduras e outros organismos benéficos) como principal insumo, transformando-os em produtos agroecológicos para combater as principais pragas e doenças (Tammine; Vermeulen, 2019; Sarzi et al., 2019).

As biofábricas têm aplicações em diversos setores da economia, incluindo em diversos modelos energéticos, na agricultura e indústria. O setor de saúde está acompanhando uma nova classe de medicamentos, os chamados biofármacos (Embrapa, 2015). Os biofármacos representam algumas das melhores realizações da ciência moderna. O termo “biofármacos” foi cunhado na década de 1980 e refere-se a produtos farmacêuticos produzidos em processos biotecnológicos usando métodos de biologia molecular. Assim, esse grupo de produtos se distinguiu da ampla categoria de biológicos, que são produtos farmacêuticos produzidos por métodos biológicos convencionais (Craik et al., 2013).

Carvalho; Tombolato; Rodrigues (2014) afirma que a utilização de técnicas *in vitro* para obtenção de mudas para fins comerciais deu origem a laboratórios e empresas produtoras que ficaram conhecidas como biofábricas. As biofábricas são laboratórios que utilizam a cultura de tecidos vegetais para produzir mudas uniformes com excelentes rendimentos de produção em larga escala, com características genéticas conservadas e livres de patógenos, o que desencadeia uma série de vantagens para fins comerciais e rentáveis. Portanto, é um modelo que requer produção de mudas em larga escala através da biotecnologia, onde o processo precisa ser bem definido e milhares de mudas podem ser produzidas todos os anos (Lee et al., 2017).

A Europa Ocidental, América do Norte, Ásia, Austrália e Israel tem destaque na produção de plantas *in vitro* em larga escala. No Brasil, este mercado está em expansão com o número de biofábricas crescendo a cada ano, devido à demanda dos produtores por material genético de qualidade e com certificação. Empresas públicas e privadas, inclusive multinacionais estão produzindo milhões de mudas com alto valor econômico, dentre as mais produzidas estão flores e plantas ornamentais, espécies frutíferas (abacaxi e banana), olerícolas (batata e morango), cana-de-açúcar e árvores para produção industrial (eucalipto, teca e pinus) (Carvalho; Rodrigues; Santos., 2016).

De acordo com Teixeira et al. (2015), o progresso das biofábricas e a produção de mudas de alta qualidade estão intimamente relacionados à elaboração e direcionamento de seus insumos e equipamentos. Deve-se ter atenção ao meio ambiente para evitar que poeira e microrganismos entrem em contato com a área onde o processo será realizado.

Carvalho; Tombolato; Rodrigues (2014) afirmam que a cada dia mais empresas estão optando por essa tecnologia, buscando atender a demanda por material de propagação de alta qualidade e conservação genética em importantes culturas como flores e plantas ornamentais, frutíferas, florestais, entre outras. No entanto, a situação

do mercado é mais difícil para as pequenas empresas, uma vez que as maiores empresas dominam o mercado produzindo várias culturas (Fonscesca et al., 2019).

Vários países, inclusive o Brasil, estão atualmente investindo milhares de dólares do ponto de vista alimentar e desenvolvendo mercados para a produção biofábrica. Esse movimento é diretamente proporcional à demanda de um mercado em expansão (Carvalho; Tombolato; Rodrigues, 2014), ou seja, quanto mais cresce a procura, mais a produção precisa (Zanirato et al., 2016).

Diante disso, controle biológico surgiu para ser uma opção ao controle químico no intuito de melhorar a produtividade e a qualidade dos alimentos, permitindo práticas agrícolas ecologicamente corretas e minimizando o uso de defensivos (Sá et al., 2016)

Segundo Embrapa (2018), uma biofábrica é onde ocorre o processo produtivo em que a biomassa é utilizada para sua conversão em enzimas, proteínas terapêuticas ou outras substâncias, gerando agentes biológicos em escala industrial viável, apontando para a possibilidade de que essas substâncias substituam, com custos menores e em grande escala, os atuais processos industriais.

Na biofábrica, são elaborados protocolos para a micropropagação em larga escala de variedades e clones de cana-de-açúcar, espécies frutíferas, ornamentais, oleaginosas e florestais nativas da Mata Atlântica e do Semiárido, de importância estratégica para o Nordeste. Esse processo de micropropagação *in vitro* se completa com a aclimatização (adaptação *ex vitro*) das mudas nas estufas localizadas próximas às áreas de plantio (Zanirato et al., 2016).

Objetivou-se nesse estudo, elaborar uma revisão de literatura sobre o panorama das biofábricas no cenário atual agrícola brasileiro, evidenciando os avanços na agricultura em relação a propagação de plantas e multiplicação de microrganismos.

2. Material e Métodos

Este trabalho foi construído utilizando metodologia exploratória, onde procurou-se buscar na literatura científica, desenvolvida a partir de materiais publicados, constituídos principalmente de livros, revistas, artigos científicos, monografias e teses, mediante a busca dos conhecimentos disponíveis e o direcionamento de métodos, técnicas e outros procedimentos científicos. Para Meneses (2021), “a revisão bibliográfica, também conhecida como pesquisa bibliográfica, consiste em reunir os dados nos quais a investigação será baseada”.

O levantamento da produção científica acerca do tema proposto, foi realizado através dos bancos de dados disponíveis eletronicamente em sites como: Scientific Library Online (SciELO), Literatura Latino-Americana e do Caribe (LILACS) e Google Acadêmico. Foram utilizados descritores como: biofábricas, agricultura, Brasil, biofactory, plants e bioeconomia.

A seleção buscou artigos e periódicos disponibilizados gratuitamente que apresentam datas respectivas aos anos de 2012 a 2022, porém alguns trabalhos publicados antes desse período, foram considerados, por se tratar do tema citado. Após o levantamento bibliográfico, foi realizada a leitura exploratória do conteúdo encontrado, obtendo uma visão global do material de interesse ou não a pesquisa. Em seguida, foi realizada a leitura seletiva, a qual permitiu determinar qual material bibliográfico realmente é de interesse da pesquisa.

Foram utilizados como critério de inclusão, artigos, livros, teses e manuais com temas associados ao da pesquisa através dos descritores, os que datam entre 2012 e 2021. Os artigos selecionados serão na língua portuguesa, inglesa e espanhola submetidos a leituras e análise na íntegra. Serão utilizados como critério de exclusão os artigos, livros, teses e manuais com temas não associados ao da pesquisa através dos descritores fornecidos.

3. Fundamentação teórica

3.1 Biofábricas agrícolas

A par do desenvolvimento de sistemas de produção de plantas *in vitro*, surgiram as primeiras biofábricas de plantas, especulando-se que a primeira bioprodução de plantas tenha sido realizada por Morel em 1960, com a fabricação de orquídeas através de meristemas (Morel, 2013; Almeida, 2020).

Na evolução da tecnologia, e com a carência de fornecimento de novas espécies, hoje as biofábricas são uma realidade muito bem implementada. Existindo milhares de protocolos de micropropagação *in vitro*, contribuindo também para a criação de novas técnicas, como por exemplo, os biorreatores de imersão temporária, sistemas criados como alternativa ao cultivo de plantas pelo método convencional *in vitro*. O custo de operação de uma

biofábrica foca-se substancialmente na mão de obra, sendo que o recurso à utilização de sistemas como os biorreatores de imersão temporária permite diminuir 20% a 40% dos custos fixos e obter plantas de melhor qualidade (Berthouly; Etienne, 2015).

Em termos fisiológicos, o processo de expansão em biorreator não causa stress nas plantas, obtendo-se normalmente plantas maior dimensão, com bom desenvolvimento de raiz, o que permite obter bons resultados na fase de aclimatização (Ribeiro et al., 2016; Springer et al., 2017; Souza et al., 2022).

Biorreatores são equipamentos utilizados na multiplicação de transferência de plantas com potencial segurança, economia e higiene. São usados para o cultivo de gemas, embriões e órgãos em meio de cultura líquido e potencializam produção de mudas de forma automatizada em larga escala, com monitorização e controle das condições de cultivo, além de menor manipulação das culturas. Foram desenvolvidos também para corrigir falhas existentes na produção de novas plantas provenientes das técnicas convencionais, aumentando a rentabilidade das biofábricas (Akita, 2014).

O método convencional do ponto de vista do estabelecimento de novas culturas ou da utilização de diferentes técnicas de cultivo, é das opções mais utilizadas. No entanto, o método em causa apresenta algumas limitações no momento da produção de novas mudas de plantas, como por exemplo: existir a necessidade de se recorrer à utilização de uma quantidade elevada de material laboratorial e de recursos humanos; baixa rentabilidade na fase de produção de plantas *in vitro*; necessidade de alteração do meio a cada 5/6 semanas de cultivo. Neste sentido, novas técnicas de micropropagação *in vitro* têm vindo a surgir para colmatar as falhas existentes no procedimento de multiplicação convencional, permitindo obter maior rentabilidade e custos menores na fase de multiplicação e produção de novas mudas de plantas (Lee, 2013).

3.2 Bio-objetos e biofábricas

As recentes mudanças nas relações estabelecidas entre humanos e os demais seres vivos demandam uma reflexão inclusive do que se define como vida ou ser vivo. Esta definição tem tido uma mudança de escala, passando a ser consideradas vivas de estruturas intracelulares até macroorganismos. Ainda, como seres vivos devem ser considerados tanto organismos já existentes, independentes e capazes de se reproduzir, quanto novas entidades biológicas criadas e que estabelecem com os humanos novas funções e relações sociais. Estas novas entidades assumem, por vezes, um papel de destaque na agricultura, na área alimentar e na saúde (Tammine; Vermeulen, 2019).

Surge, assim, o conceito de bio-objeto. Objeto, segundo o dicionário Caldas Aulete (Lexikon, 2020), significa qualquer coisa material, mas também mercadoria e bem de consumo. O prefixo adicionado ao substantivo bio significa vida. O conceito de bio-objeto abrange produtos de manufatura biológica possibilitados pelas novas tecnologias da vida, que redirecionam, diversificam, colecionam ou mercantilizam os processos vitais (Tammine; Vermeulen, 2019).

São “hibridizações que não podem ser consideradas de natureza humana, animal, vegetal ou sintética” e que “desafiam os sistemas éticos, políticos e culturais tradicionalmente assentados” (Coutinho et al., 2014). A bio-objetificação ocorre quando organismos são transformados de forma que possam ser utilizados como objetos, como ferramentas pelos humanos.

Já o conceito de biofábrica é bastante amplo e podem ser encontradas diversas definições para o mesmo. Uma primeira definição é a do dicionário Caldas Aulete (Lexikon, 2020): “unidade industrial e comercial de produtos geneticamente aperfeiçoados”, como mudas de plantas, defensivos contra pragas, microrganismos, entre outros. Neste sentido, uma biofábrica é uma unidade industrial que produz seres vivos e seu conceito se vincula muito a melhoramento genético.

Um segundo conceito de biofábrica refere-se à produção não de, mas por seres vivos, ou seja, os seres vivos não seriam produtos, mas meios de produção, como vemos citado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa: “plantas, animais e microrganismos podem ser utilizados como biofábricas ou fábricas biológicas para produção de moléculas de alto valor agregado em larga escala e com baixo custo” (Embrapa, 2015).

Sejam os seres vivos produtos ou meios de produção, o que chama atenção no conceito de biofábrica é a possibilidade de objetificação de seres vivos diversos, plantas, animais e microrganismos (Turco; Paiva, 2021).

3.3 Microorganismos na agricultura

Os bioinsumos são feitos a partir de micro-organismos, extratos vegetais ou outros ingredientes orgânicos e possuem diversas aplicações: desde pesticidas naturais até estimuladores de crescimento. Segundo Maurício Antônio Lopes, presidente da Embrapa, o Brasil tem potencial para entrar nesse novo mercado porque temos a maior biodiversidade do planeta (Agro, 2019).

Os microrganismos percorrem um longo caminho no laboratório antes de chegar ao mercado, e a pesquisa geralmente segue três etapas. Primeiro, os pesquisadores identificam e isolam organismos que auxiliam as plantas em determinados ambientes; em seguida, realizam testes para determinar sua capacidade de sobrevivência em seu ambiente natural, e aqueles que demonstram potencial para um bom uso agrícola são produzidos em larga escala por fermentação. sementes da cultura selecionada. A etapa final inclui testes de campo para analisar a resistência da planta e os benefícios à saúde (Agro, 2019; Andraus et al., 2020).

Os microrganismos do solo (rizosfera) e vegetais (endofíticos) (microrganismos que promovem o crescimento vegetal - PGPMs) são ferramentas promissoras para a agricultura e o meio ambiente (Hesham, 2021).

Entre os gêneros que se destacam há o *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Trichoderma*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Flavobacterium*, *Frankia*, *Klebsiella*, *Clostridium*, *Beauveria*, *Rhizobium* e *Streptomyces* (Posada et al., 2021).

As interações entre plantas e microrganismos no desenvolvimento das plantas são extensas, gerando vários benefícios desde a germinação a produção e propriedades fitossanitárias desejáveis de produtos pós-colheita. Foi demonstrado que os microrganismos contribuem para o desenvolvimento de uma ampla variedade de espécies, incluindo agricultura e silvicultura (Sales et al., 2021).

Porém, o método de inoculação é um fator que pode afetar o crescimento da planta. Por isso, entender as interações entre plantas e microrganismos permite que a aplicação da biotecnologia microbiana seja mais eficaz (Júnior et al., 2018; Costa et al., 2019; Posada et al., 2021).

3.4 Benefícios dos microrganismos

1. Regeneração do solo: Apesar de seu tamanho, microrganismos como bactérias, fungos e leveduras são vitais para a saúde do solo. Sem esses organismos, a Terra seria pouco mais do que um composto rochoso estéril, pois são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, proporcionando um ambiente rico em nutrientes e fértil para o crescimento das plantas (Lopes et al., 2018).

2. Auxilia na produção de mudas de hortaliças: Um dos maiores desafios da agricultura orgânica é cultivar mudas mais resistentes sem o uso de agrotóxicos e outros insumos químicos. Para encontrar uma solução para esse problema, os pesquisadores usaram bactérias do gênero *Pseudomonas*. De acordo com as descobertas, esses microrganismos são capazes de produzir um hormônio de crescimento em plantas jovens que ajuda as plantas a absorver fósforo e inibe a ação de agentes patogênicos (Gautam, 2021)

3. Reduzir o estresse hídrico em milho, soja e trigo: Os três principais produtos do agronegócio brasileiro também podem contar com microrganismos benéficos. Inspirados nos mecanismos pelos quais as plantas se adaptam a climas desérticos, pesquisadores da Embrapa vêm estudando a relação simbiótica entre as plantas e os microrganismos associados a elas. Dadas as mudanças climáticas que podem afetar a agricultura, os especialistas estão procurando as bactérias da rizosfera para resolver o problema. Segundo Itamar Melo, um dos cientistas envolvidos no estudo, essas bactérias colonizam as raízes das plantas e são capazes de produzir substâncias que nutrem suas raízes (Souza et al., 2015).

4. Estímulo ao crescimento: Fungos têm se mostrado eficazes em cultura. Pesquisa do pesquisador da Embrapa Jerri Zilli observou que, na presença do fungo, a taxa de crescimento das partes aéreas e raízes da planta aumentou em 30%, e a taxa de crescimento de novos brotos aumentou em 50%, o que facilitou a absorção de nutrientes, e, como resultado, maiores rendimentos de grãos são fornecidos (Silva et al., 2018; Lopes et al., 2021; Carmo et al., 2022).

3.5 Alternativas de inoculação

A inoculação é a maneira pela qual os microrganismos se comunicam com uma planta hospedeira, fazendo se dependente da forma em que interagem (se trás benefícios ou não). Portanto, é necessário compreender as propriedades de inoculantes microbianos e plantas hospedeiras para determinar o método de inoculação a ser utilizado. Pois a composição dos exsudatos radiculares varia com o genótipo e a idade da planta e é um determinante da colonização microbiana (Msimbira; Smith, 2020).

A inoculação pode ser implementada com um isolado separado ou com múltiplos isolados, conhecida como co-inoculação. Na co-inoculação, os microrganismos têm efeito sinérgico para aumentar a eficiência da promoção do crescimento da planta além do obtido com apenas um inoculante. Os resultados positivos obtidos com a co-inoculação reforçam a importância de novas pesquisas para elucidar as interações entre microrganismos, com o objetivo de gerar inóculo misto como uma alternativa de maior sucesso à biotecnologia microbiana (Chagas et al., 2017; Muniz et al., 2018; Galeano et al., 2019; Lopes et al., 2021).

Segundo Lopes et al. (2021), o sucesso da inoculação microbiana depende do método de inoculação, densidade de inoculação, capacidade da PGPM em colonizar raízes, propagação e distribuição na rizosfera, antagonismo microbiano, estado fisiológico e composição dos exsudatos das raízes das plantas; além do pH, temperatura e umidade do solo. Para inocular plantas com microrganismos benéficos, são utilizadas diferentes técnicas, como inoculação de sementes (mais comumente utilizada), inoculação de raiz, solo e folha (menos utilizada) (Posada et al., 2021).

3.6 Inoculação na semente

A inoculação microbiana com sementes é uma alternativa aos tratamentos químicos e é amplamente utilizada para melhorar a qualidade das sementes (vitalidade e vigor), além de promover a germinação e proteger contra estresses bióticos e abióticos (Silva et al., 2017; Prieto et al., 2017; Gautam, 2021; Rocha et al., 2021).

No entanto, para espécies que produzem alelo químicos durante a germinação, o ideal é inocular os microrganismos nas fases de plântula, raiz ou solo. O método consiste em mergulhar as sementes em uma solução de concentrações conhecidas de microrganismos (Lima et al., 2018; Costa; Melloni, 2019; Vogel; Fey, 2019).

Quando os microrganismos colonizam as sementes, eles são capazes de sintetizar giberelinas, um hormônio vegetal que acelera a germinação; e produzem compostos antibacterianos que protegem as sementes de patógenos vegetais. Além disso, o inóculo pode permanecer dormente no solo até ser ativado pelas raízes. O uso deste método foi eficaz contra a alface quando inoculada com *Bacillus pumilus*, *Pseudomonas fluorescens* e *Burkholderia pyrrolic*; em oliveiras inoculadas com *Pseudomonas* e *Paenibacillus* e arroz tratado com *Azospirillum brasilensis* (Sales et al., 2021).

Segundo Cortivo et al. (2017), o trigo apresentou maior crescimento e produtividade quando tratado com *Azospirillum* spp. e *Azovibrio* spp., por sementes e folhagem, e bactérias fixadoras de nitrogênio. No entanto, quando inoculado com fungos micorrízicos e rizo bactérias via sementes, o paricá obteve maior crescimento do que quando inoculado em mudas (Cely et al., 2016; Barzotto et al., 2018; Pinto et al., 2020).

Embora a inoculação de sementes seja o método mais comumente usado, existem vários fatores limitantes que podem reduzir rapidamente a densidade do inóculo ou sua capacidade de colonizar plantas hospedeiras, como armazenamento inadequado de sementes, exposição à luz, calor e tratamentos químicos e alelo químicos. A germinação de certas espécies de compostos produzidos (Gautam, 2021; Lopes et al., 2021). Isso por sua vez, tornou necessário investigar métodos alternativos de inoculação de plantas com microrganismos benéficos.

3.7 Inoculação na raiz

A inoculação de raízes envolve a imersão total de raízes inteiras ou aparadas em uma solução contendo microrganismos selecionados. Após um tempo pré-determinado na suspensão, as mudas são plantadas em substrato adequado ao seu desenvolvimento. A vantagem desse método é que ele pode ser utilizado para propagação vegetativa de plantas, garantindo a padronização do tamanho das mudas, contato direto entre o inóculo e o sistema radicular hospedeiro e acelerando a colonização radicular (Gomes; Krinski, 2019; Lopes et al., 2021).

Além disso, a PGPM pode atuar como agente de biocontrole, neutralizando fitopatógenos radiculares que afetam a sobrevivência das plantas após o plantio das mudas (Gouda et al., 2018). Oliveira et al. (2020) descobriram que a inoculação de raízes de pimenta-do-reino com bactérias endofíticas aumentou o crescimento em mais de 30%. Pereira et al (2009) também usaram esse método e re-inocularam regando o solo, relatando a inoculação com *Pseudomonas*. Pode efetivamente promover o crescimento da pimenta de macaco. O enraizamento também pode ser acelerado pela imersão das estacas em uma solução de PGPM, pois o PGPM aumenta a concentração de auxina, que promove o desenvolvimento da raiz e, assim, aumenta a superfície de contato da rizosfera.

Porém, nas espécies com raízes principais, as raízes possuem paredes celulares mais densas, o que pode dificultar a adesão e colonização da PGPM, portanto o inóculo ideal é nas sementes. A inoculação das raízes com rizóbios também foi benéfica para atenuar os efeitos da escassez de água nas mudas de açaí. Em arroz, a inoculação de rizóbios foi mais efetiva nas raízes do que nas sementes (Castro et al., 2019).

3.8 Inoculação no solo

Os métodos de inoculação do solo incluem a introdução de microrganismos por irrigação, incorporação (mistura em uma matriz) ou micro encapsulamento (Prisa, 2020). No solo, os PGPMs habitam a rizosfera, formando relações simbióticas com plantas para dissolução de fosfato, síntese de sideróforos e sinalização para regular fito hormônios (Gouda et al., 2018).

Dada esta área e a baixa mobilidade dos microrganismos, a solução contendo o inóculo deve ser adicionada o mais próximo possível das raízes do hospedeiro (Lopes et al., 2021). Este método de inoculação é benéfico para mudas de paricá quando *Rhizophagus clarus* e *Gigaspora margaritaimisto* são incorporados ao solo; em *Brachiaria*, *Capsicum* e eucalipto, quando são irrigados próximo às raízes, com uma solução de rizóbio (Nascimento et al., 2021).

A inoculação nos sulcos de plantio também é benéfica para algumas culturas, como a aveia tratada com *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*. Existem também microcápsulas com PGPM que podem ser inoculadas no solo para proporcionar melhor proteção, vigor, adesão, estabilidade e colonização radicular, como no tomateiro tratado com *Pseudomonas putida* (Santos et al., 2021).

3.9 Inoculação foliar

A inoculação foliar envolve a pulverização das folhas com uma solução contendo o microrganismo. Esta abordagem confere tolerância ao desafio do patógeno. Além de servir como alternativa às sementes tratadas quimicamente, que acabam diminuindo a sobrevivência bacteriana e assim favorecendo o crescimento vegetal, como o uso de *Azospirillum brasiliensis* em sementes de soja (Oliveira et al., 2017; Flauzino et al., 2018; Puente et al., 2018).

Nessa abordagem, o PGPM deve ser capaz de aderir à superfície da folha e colonizar o mesofilo (Cortivo et al., 2017), ativando assim sinais sistêmicos para as raízes. Uma desvantagem é que a densidade do inóculo pode diminuir rapidamente devido à luz ultravioleta, dessecação e alta temperatura, principalmente em locais onde o ambiente não é controlado (Hungria et al., 2021).

Além disso, para inoculações foliares, é importante verificar se a espécie possui células epidérmicas produtoras de cutícula, que podem impedir a penetração no mesofilo. Esta via de inoculação é benéfica quando se utiliza *Azospirillum brasilense* em sorgo, soja e milho. Machado et al. (2020) relataram que quando o *Bacillus subtilis* foi aplicado ao milho, eles alcançaram parâmetros de altura mais altos e aumentaram significativamente a produtividade. Resultados positivos também foram obtidos com inoculações foliares de *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens* em pastagens braquiiais.

3.10 Mecanismos de ação dos microrganismos promotores do crescimento de plantas

Os microrganismos afetam o crescimento das plantas modulando os hormônios vegetais, aumentando as concentrações de auxinas, giberelinas, citosinas e ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) desamina-se, uma enzima redutora de etileno. Eles também são capazes de bioutilizar elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas. Além disso, produzem substâncias que conferem resistência sistêmica ao hospedeiro, como ácido cianídrico, bacteriocinas e antibióticos, prevenindo ou limitando os danos causados por fitopatógenos (Rocha et al., 2020; Domingues et al., 2021; Chouan et al., 2021).

Microrganismos benéficos também são capazes de secretar metabólitos voláteis (VOCs) que induzem resistência a doenças e tolerância ao estresse abiótico. Além disso, o PGPM pode reduzir o estresse aumentando os exopolissacarídeos, osmorreguladores e antioxidantes. Ou seja, a PGPM otimiza a quantidade e a qualidade das hortaliças atuando como: bioestimulante, biofertilizante e agente de biocontrole (Varma et al., 2019).

3.11 Bioestimulantes

Os microrganismos podem atuar como bioestimulantes ou fito estimulantes, regulando a síntese de hormônios vegetais e ativando diversas respostas fisiológicas, alterando o metabolismo vegetal, acelerando o crescimento e otimizando a plasticidade fisiológica das plantas para adaptação a diferentes condições ambientais (Ferreira et al., 2019; Buchelt et al., 2019; Nascimento et al., 2021, Lopes et al., 2021).

Bioestimulantes como *Azospirillum*, *Pseudomonas*. e *Bacillus*, pode acelerar o crescimento da planta e mitigar o estresse da planta (Khoshru et al., 2020). O aumento da AIA é essencial para o processo de crescimento vegetativo. Isso porque o AIA regula a divisão celular, o crescimento e diferenciação dos tecidos vasculares e o desenvolvimento radicular, favorecendo a expansão e geração de novos tecidos, resultando no aumento da altura e diâmetro (Oosten et al., 2017).

Os inoculantes microbianos também podem induzir o aumento das concentrações de citosinina, otimizando o desenvolvimento radicular, a atividade do câmbio, a diferenciação celular e a dominância apical (Gouda et al., 2018). Além disso, promovem o crescimento das plantas aumentando a concentração de giberelinas, promovendo a germinação das sementes e o desenvolvimento de caules, folhas, flores e frutos (Oosten et al., 2017; Lopes et al., 2021).

Para atenuar os efeitos do estresse abiótico, o PGPM foi capaz de aumentar a concentração de ACC desaminasse e reduzir o etileno. Isso, por sua vez, reduz o estresse nas plantas. Isso porque altos níveis de etileno levam à clorose foliar, necrose, senescência, redução da produção de frutos e desenvolvimento de folhas e raízes (Souza et al., 2015). PGPM também aumenta a concentração de ABA, que causa fechamento estomático e reduz a perda de água; e jasmonato e brassinolídeo, que aumentam a concentração de Ca^{2+} nas plantas (Arora et al., 2020).

3.12 Biofertilizantes

O PGPM garante a manutenção dos processos fisiológicos, favorece o crescimento das plantas, reduz a necessidade de fertilizantes químicos e atua como fertilizante biológico aumentando a disponibilidade de elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas. Os microrganismos são frequentemente escolhidos como fixadores de nitrogênio, solubilizadores de fosfato e produtores de sideróforos devido ao seu potencial de biofertilização (Cortivo et al., 2017; Santos et al., 2019).

O nitrogênio (N) é essencial para a síntese de proteínas e ácidos nucleicos, tornando-se um importante nutriente primário para as plantas. O uso de PGPM é uma alternativa viável aos fertilizantes químicos nitrogenados. Isso se deve à presença de microrganismos como *Bradyrhizobium*, *Clostridium*, *Azospirillum*, *Candida*, *Azotobacter*, *Achromobacter*, *Bayerella*, *Rhizobium*, *Frankia*, *Klebsiella* e Fishy Algae, que fixam nitrogênio (N_2) da atmosfera, reduzem-no a amônia (NH_3) e disponibilizá-lo para as plantas (Bhat et al., 2019; Mitter et al., 2021).

Outro nutriente essencial para as plantas é o Fósforo (P), que suporta fosfolipídios, trifosfato de adenosina (ATP) e fotossíntese. No entanto, a maior parte é insolúvel no solo, ou seja, não está disponível para as plantas, o que reduz seu crescimento. Microrganismos solubilizadores de fosfato são capazes de fornecer quantidades essenciais de nutrientes às plantas, convertendo fosfato insolúvel em íons solúveis (Mitter et al., 2021).

Agrobacterium, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Achromobacter*, *Burkholderia*, *Aspergillus* e *Penicillium* dissolvem o fósforo inorgânico, convertendo-o em fosfatos monovalentes (H_2PO_4) ou bivalentes (HPO_4^{2-}), disponibilizando-os para absorção pelas plantas (Umesha et al., 2018). Esses microrganismos são capazes de alterar o pH do solo para dissolver o fosfato. Em solos alcalinos, para diminuir o pH, a PGPM secreta ácidos orgânicos como gluconato, succinato, ácido láctico e citrato, que dissolvem $Ca_3(PO_4)_2$. No caso de solos ácidos, para aumentar o pH, o PGPM gera mais prótons durante a assimilação do amônio (NH_4^+), dissolve $AlPO_4$ e $FePO_4$ (Lopes et al., 2021).

Existem também microrganismos que atuam como biofertilizantes por produzirem sideróforos, disponibilizando o Ferro (Fe) para as plantas, como *Enterobacter*, *Burkholderia*, *Pseudomonas* e *Grimonella*. O Ferro é um oligoelemento essencial para a biossíntese da clorofila, fotossíntese e respiração. Mas será menos eficaz em solos neutros ou alcalinos. Esse nutriente, embora abundante, não está presente na forma absorvível, o que pode levar à deficiência de ferro (Sauka et al., 2021).

O uso de microrganismos produtores de sideróforos é uma abordagem alternativa para tornar o Ferro disponível para as plantas. Os sideróforos são agentes quelantes com alta especificidade para a ligação do ferro, seguido pelo transporte e deposição de Fe^{3+} nas células bacterianas. Desta forma, a excreção de sideróforos melhora a nutrição das plantas e inibe os patógenos vegetais sequestrando o Ferro do ambiente (Souza et al., 2015; Silva et al., 2018a; Varma et al., 2019).

Existem também microrganismos, como o *Bacillus*, que são produtores de compostos voláteis (VOCs), como o dissulfeto de dimetila, que disponibiliza Enxofre (S) para as plantas. Nutrientes necessários para manter as enzimas de síntese de proteínas. O S é um elemento químico composto pelos aminoácidos cisteína, que atua na divisão celular, e metionina, precursor do etileno, responsável pelo amadurecimento dos frutos (Mitter et al., 2021).

Além disso, *Bacillus* e *Aspergillus* são capazes de solubilizar o Potássio (K) por meio da produção de ácidos orgânicos e inorgânicos, acidólise, quelatção e reações de troca (Varma et al., 2019). O K é um nutriente essencial para a abertura e fechamento dos estômatos, regula o transporte e armazenamento de nutrientes e mantém o turgor e o metabolismo interno da planta (Mitter et al., 2021).

3.13 Biocontrole

Os inoculantes microbianos também beneficiam o crescimento das plantas indiretamente por meio de seu mecanismo como biopesticidas ou agentes de biocontrole. Podem ser usados como fungicidas, como *Agrobacterium*, *Bacillus*. Alguns fungicidas para *Pseudomonas*, *Trichoderma*, *Streptomyces*, *Burkholderia* e *Myxomyces*, *Beauveria bassiana*, *Bacillus* e *Paecilomyces* etc (Umesha et al., 2018; Muniz et al., 2018; Almeida et al., 2019; Arora et al., 2020; Silva et al., 2020a).

Os PGPMs aumentam a resistência de plantas a fitopatógenos por meio de competição por nutrientes, antagonismo, fitoalexinas, exopolissacarídeos, produção de antioxidantes e indução de resistência sistêmica adquirida e induzida (Bhat et al., 2019; Rezende et al., 2021).

Dessa forma, proporcionam o controle biológico da doença ao reduzir o uso de produtos químicos. A SAR é um sistema de amplo espectro dependente do ácido salicílico que não é específico para a infecção inicial e atua contra patógenos biotróficos. Por outro lado, o ISR é ativado por microrganismos patogênicos dependentes do ácido jasmônico e da sinergia com o etileno (Rezende et al., 2021).

A PGPM também é capaz de proteger as plantas de patógenos durante a infecção, desenvolvimento e reprodução do patógeno; suprimindo os sintomas da doença, virulência e invasividade (Gouda et al., 2018).

Tais inoculantes como *Pseudomonas* sp., podem ter antagonismo direto contra patógenos do solo e doenças da parte aérea. Os inoculantes microbianos também aumentam a atividade de antioxidantes como catalase (CAT), superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (AsA), glutatona (GSH), carotenóides e tocoferóis. Produzido para reduzir os efeitos nocivos das espécies reativas de oxigênio (ROS) e estresse oxidativo e resinas fenólicas (Gouda et al., 2018; Arora et al., 2020; Lopes et al., 2021a; Bourscheidt et al., 2021).

Outro mecanismo de controle biológico é a formação de biofilme, produzido por *Bacillus* spp. Os biofilmes, compostos por exopolissacarídeos, fornecem às raízes melhor proteção contra estressores externos, reduzem a competição da microbiota e aumentam a atividade antimicrobiana no solo (Yeday et al., 2020).

Sob condições de estresse, o PGPM induz a produção de osmorreguladores como carboidratos, proteínas, aminoácidos, lipídios, prolina, glicina betaína e trealose (Khoshru et al., 2020). Além de produzir metabólitos secundários tóxicos como *Trichoderma*, pode produzir antibióticos e enzimas como quitinase, glucanase e peroxidase (Rezende et al., 2021).

3.14 Processo de micropropagação na biofábrica

Segundo Alves et al. (2008), Pereira et al. (2015) e Pereira et al. (2021), o princípio da cultura de tecidos baseia-se na teoria da totipotência, segundo a qual os seres vivos têm a capacidade de regenerar organismos inteiros, idênticos à matriz doadora, a partir de células únicas. Os mesmos autores afirmam que a micropropagação é a propagação fiel de um genótipo, por meio das técnicas da cultura *in vitro*. Essa técnica é empregada em locais que garantam controle de esterilidade e rastreabilidade, chamados biofábrica.

Segundo Gerald & Lee (2015) a biofábrica é um novo conceito de produção de plantas. Como o próprio nome indica, é uma fábrica que utiliza métodos de biotecnologia para a produção de plantas. Para se encaixar neste conceito, o processo de produção precisa ser bem definido e tratado com tecnologia adequada, de modo que permita a produção em escala industrial (comercial). No caso de cana-de-açúcar, plântulas podem ser produzidas em massa, através do método de cultura de tecido (micropropagação).

3.15 Importância da produção de mudas micropropagadas

O agronegócio busca constantemente por técnicas inovadoras e modernas que visam aumentar a eficiência das culturas, produzir produtos de melhor qualidade e garantir a segurança alimentar. Nesse sentido, a cultura de tecidos de plantas, em especial a micropropagação, vem sendo empregada para atender a essas demandas (Financial Tribune, 2015; Souza et al., 2021), revolucionando o cenário da agricultura em todo o mundo, por meio da produção em massa de mudas de várias espécies vegetais de interesse econômico (Shukla et al., 2012).

A produção de mudas *in vitro* constitui um avanço para obtenção de materiais propagativos, possibilitando oferecer grande quantidade de mudas certificadas e de alto padrão fitossanitário e genético, em curto espaço de tempo. O mercado de mudas micropropagadas movimentava anualmente bilhões de dólares na Alemanha, Holanda, Inglaterra, Índia, Estados Unidos da América do Norte, Brasil e em outros países (Cid, 2010).

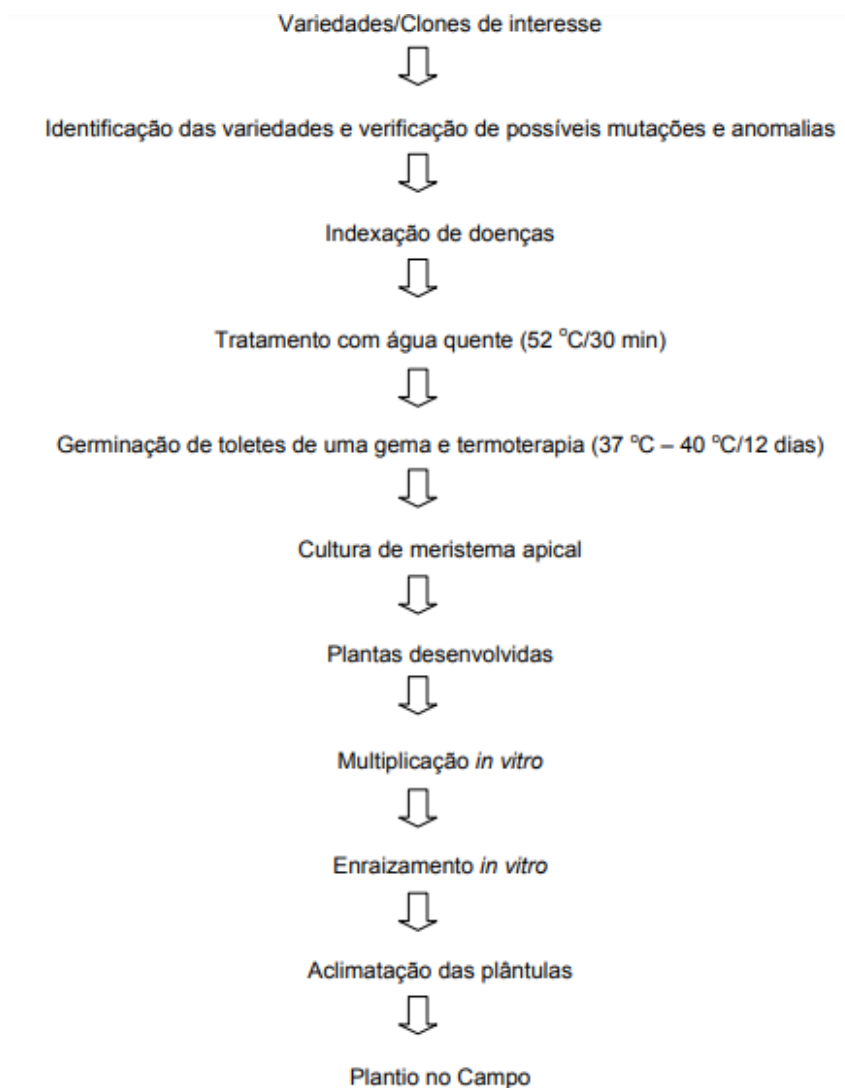
Em 2014, a produção mundial foi cerca de 1 bilhão de mudas micro propagadas (Financial Tribune, 2015). Na Índia, são produzidas em torno de 30 milhões de mudas por ano, entretanto Shukla et al. (2012) mencionam que as biofábricas apresentam capacidade de produção de mais de 300 milhões anualmente. No Brasil, têm-se ainda entraves relacionados às entidades que produzem mudas micro propagadas, onde se encontram limitada infraestrutura e escassa disponibilidade de protocolos tanto para produção *in vitro* quanto aclimatização, em alguns grupos de plantas.

O custo da muda micro propagada é considerado alto em relação ao da muda convencional. Dentre as vantagens da micropropagação vegetal, merece destaque a rapidez na obtenção de mudas livres de doenças e pragas e com elevada qualidade e identidade genética (Rocha, 2013).

3.16 Implantação da biofábrica

Biofábrica é um novo conceito de produção de mudas. Conforme o próprio nome indica, ela é uma fábrica que utiliza métodos biotecnológicos para a produção de plantas. Sendo uma fábrica, a produção deve ser em grande escala e todos os processos bem definidos. Na maior parte dos casos o método utilizado é a da cultura de tecidos de plantas sendo que todas as etapas da cadeia de produção já estão muito bem definidas, permitindo que a produção chegue facilmente a milhões de plantas por ano. Desta forma, a denominação de uma unidade de produção deste tipo como uma biofábrica é bastante adequada (García, 2019).

A implantação de uma biofábrica é bastante semelhante à de qualquer laboratório de micropropagação de mudas. A grande diferença está na escala e no fluxo de trabalho que deve ser rigorosamente seguido. No caso da cana-de-açúcar por exemplo, o fluxograma da sua produção é o seguinte:



Fonte: Burgos & Bocco (2020).

Portanto, o fluxo de trabalho deve seguir este fluxograma rigorosamente. Normalmente, uma estrutura de único nível é recomendada para que o acesso a todas as áreas da biofábrica seja facilitado. Caso a estrutura possua dois níveis, o andar superior deve ser utilizado para atividades que não estejam diretamente ligadas ao processo de produção técnico em si como por exemplo, escritório, centro de funcionários e outros (García, 2019).

3.17 Ilegalidade de produtos biológicos

O crescimento do setor biológico e o crescente interesse dos produtores por esses produtos abriram caminho para mercados ilícitos. Os agricultores são muitas vezes enganados por fornecedores de fertilizantes que prometem controlar pragas e doenças nas culturas. Esses produtos também são comercializados como aditivos de compostagem não sujeitos à regulamentação do MAPA. Nesse comércio ilegal, muitas vezes os produtos são produzidos no país, com rótulos e faturas em português, e vendidos em revendedores regulamentados (Cortivo et al, 2019; Silva et al., 2022).

As atividades ilegais nesse setor estão relacionadas principalmente à produção de biofábricas, seja para uso próprio ou comercial, em desrespeito às regras estabelecidas pela Lei 7.802/89 que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o

registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências (Pereira et al., 2019).

A produção *on farm* inclui a propagação de microrganismos na propriedade para uso próprio, como inoculante ou no controle de pragas e doenças. No entanto, a propagação de micro-organismos geralmente ocorre de maneira muito errática (Santos et al., 2021).

Existem muitos casos de proliferação indevida de bactérias em várias propriedades na China. Eles se reproduzem em tanques ou outros recipientes ao ar livre sem isolamento e controle de temperatura. Sem uma equipe treinada e com conhecimento taxonômico para identificar e realizar contagens de células bacterianas, nessas condições inadequadamente estéreis, esses produtos são contaminados e podem causar sérios danos às lavouras, à saúde humana e animal e ao meio ambiente (Cortivo et al., 2019).

Além da autoprodução ilegal, também existem atividades ilegais na comercialização de produtos biológicos não registrados ou não registrados para outros fins, mas que utilizam agentes ativos de controle de pragas. Para conseguir a comercialização, muitos ignoram o processo de registro dos produtos, e os produtores compram os produtos porque estão com preços abaixo do mercado ou até mesmo por falta de conhecimento (Santos et al., 2021).

É preciso incentivar e apoiar a censura e a repressão por parte do poder público, difundindo e replicando esses atos, pois os próprios produtores não percebem que esses produtos são ilegais quando são adquiridos, pois muitos são registrados, até mesmo para outros fins (Pereira et al., 2019).

4. Conclusão

Conclui-se assim, que as biofábricas são consideradas “organismos vivos” onde podem produzir compostos de interesses, como plântulas e propagação em larga escala de microrganismos. No entanto, nos últimos anos, os microrganismos e a micropropagação de vegetais foram lentamente inseridos em um número crescente de indústrias do setor agrícola.

É importante evidenciar que as biofábricas tem menores custos de produção, a preservação dos recursos naturais encontrados no território, a redução dos impactos negativos da agricultura industrial no meio ambiente, e na saúde humana, o reaproveitamento de resíduos orgânicos gerados por processos agrícolas locais, e fortalecimento da economia local e comunitária.

Deste modo, o uso de biofábricas pode ser a melhor opção para a indústria para proteger o meio ambiente, pois promoverem a sustentabilidade e manutenção e equilíbrio biótico, ajudando produtores e consumidores a minimizar os efeitos nocivos da produção sobre a fauna e flora local e mundial.

Além disso, a versatilidade da biologia sintética permite que os cientistas melhorem os produtos das biofábricas, potencializando o material genético e/ou promovendo o incremento de produtividade nas culturas agrícolas brasileiras com grande número de matérias-primas agrícolas em um espaço reduzido.

5. Referências

- Agro, C. (2019). Microrganismos na Agricultura: usos e benefícios - Canal Agro Estadão. Disponível em: <<https://summitagro.estadao.com.br/saude-no-campo/entenda-como-microrganismos-aliados-agricultura/>>. Acesso em: 23 out. 2022.
- Agrofit, (2021). Disponível em <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumosagropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/agrofit>.
- Almeida, J. E. M. (2020). Biofábricas para produção de micopesticidas no Brasil: oportunidades de negócio e inovações. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 3(3), 2544-2557. <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n3-162>
- Almeida, A. S., Costa, M. A. G. C., Estrela, L. M. B. & Lima, M. L. P. (2019). Aspectos culturais, morfológicos e morfométricos de *Sordaria fimicola* incidente em folhas de capim-massambará (*Sorghum arundinaceum*). *Revista de Agricultura Neotropical*, 6(2), 34-44. <https://doi.org/10.32404/rean.v6i2.1423>
- Ammine, S. & Vermeulen, N. (2019). Bio-objetos: novas conjugações do viver. *Sociologias*, 21(50), 156-179. <https://doi.org/10.9771/ccrh.v21i54.18990>

- Andraus, M. P., Cardoso, A. A., Ferreira, E. M. & Brasil, E. P. F. (2020). Produção de mudas florestais inoculadas com rizóbios e fungos micorrízicos em blocos de resíduos agroindustriais. *Nativa*, 8(2), 269-279. <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i2.7843>
- Akita, M. & Takayama, S. (2014). Stimulation of potato (*Solanum tuberosum* L.) tuberization by semicontinuous liquid medium surface level control. *Plant Cell Reports*, 13(3-4), 184-187. <https://doi.org/10.1007/BF00239889>
- Alves, C., Oliveira, J. R., Reis, E. S., Corrêa, R. M., Souza, J., Silva, J. C. O., Paula J. C. R. Rodrigues, L. H. F., Souza, M. A. & Mendonça, M. R. (2008). *A cultura de tecidos na agricultura*. In: Jornada Científica, 1.; Faculdade Integradas Padre Albino e Centro Federal de Educação Tecnológica de Bambuí, 2008, Bambuí.
- Anvisa. Marco Regulatório. (2021). Reclassificação toxicológica de agrotóxicos.
- Arora, N. K., Fatima, T., Mishra, I. & Verma, S. (2020). Microbe-based inoculants: role in next green revolution. In: *Environmental concerns and sustainable development*. Springer, Singapore, 191-246. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6358-0_9
- Barbosa, M. F. C.; Demite, P. R.; Moraes, G. J.; Poletti, M. (2017). *Controle Biológico com Ácaros Predadores e Seu Papel no Manejo Integrado de Pragas*. Engenheiro Coelho, ISBN: 978-85-93311-01-7
- Barzotto, G. R., Lima, S. F., Santos, O. F., Piatí, G. L. & Wassolowski, C. R. (2018). Adução nitrogenada e inoculação com *Azospirillum brasilense* em cevada. *Nativa*, 6(1), 01-08. <https://doi.org/10.31413/nativa.v6i1.4611>
- Berthouly, M.; Etienne, H. (2015). Temporary immersion system: a new concept for use liquid medium in mass propagation, in Liquid culture systems for in vitro plant propagation, <https://doi.org/10.1007/1-4020-3200-5-11>
- Bhat, M. A., Rasool, R. & Ramzan, S. (2019). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) for sustainable and eco-friendly agriculture. *Acta Scientific Agriculture*, 3, 23-25. <https://doi.org/10.3390/su131910986>
- Brasil. 2020. MAPA. Serviço Nacional de Proteção de Cultivares – SNPC.
- Bourscheidt, M. L. B., Carmo, K. B., Pedreira, B. C., Berber, G. C. M. & Ferreira, A. (2021). Biodiversidade de bactérias antagonistas a fungos associados à síndrome da morte do capim-marandu (*Brachiaria brizantha*). *Nativa*, 9(5), 454-459. <https://doi.org/10.31413/nativa.v9i5.12666>
- Buchelt, A. C., Metzler, C. R., Castiglioni, J. L., Dassoller, T. F. & Lubian, M. S. (2019). Aplicação de bioestimulantes e *Bacillus subtilis* na germinação e desenvolvimento inicial da cultura do milho. *Revista de Agricultura Neotropical*, 6(4), 69-74. <https://doi.org/10.32404/rean.v6i4.2762>
- Burgos, A. L., & Bocco, G. (2020). Contribuciones a una teoría de la innovación rural. *Cuadernos de Economía*, 39(79), 219-247. <https://doi.org/10.15446/cuad.econ.v39n79.74459>
- Carmo, J. F., Garcia, K. G. V., Filho, P. F. M., Pereira, A. P. A. & Pinheiro, J. I. (2022). Silicon application and mycorrhiza inoculation promoted leucaena leucocephala growth in a soil highly contaminated by manganese. *Nativa*, 10(3), 410-416. <https://doi.org/10.31413/nativa.v10i3.13792>
- Carvalho, A. C. P. P., Tombolato, A.F.C. & Rodrigues, A. A. J. E. O. (2014). Panorama da cultura de tecidos no Brasil com ênfase em flores e plantas ornamentais. Embrapa Agroindústria Tropical - Capítulo em livro científico (ALICE), ISBN: 978-85-7035-234-7
- Carvalho, A. C. P. P., Rodrigues, A. D. J., Santos, E. D. O. (2016). Panorama da produção de mudas micropropagadas no Brasil. Embrapa Agroindústria Tropical - Documentos INFOTECA-E. 7543912hfr3326.
- Castro, G. L. S., Da Silva, J. D. D., Viana, R. G., Rêgo, M. C. F. & Silva, G. B. (2019). Photosynthetic apparatus protection and drought effect mitigation in açai palm seedlings by rhizobacteria. *Acta Physiologia e Plantarum*, 41, 163. <https://doi.org/10.1007/s11738-019-2952-4>
- Cely, M. V. T., Siviero, M. A., Emiliano, J., Spago, F. R., Freitas, V. F. & Barazetti, A. R. Inoculation of *Schizolobium parahyba* with mycorrhizal fungi and plant growth-promoting rhizobacteria increases wood yield under field conditions. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1708, 2016. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01708>

- Chagas, L. F. B., Júnior, A. F. C., Soares, L. P. & Fidelis, R. R. (2017). *Thricoderma* na promoção do crescimento vegetal. *Revista de Agricultura Neotropical*, 4(3), 97-102. <https://doi.org/10.32404/rean.v4i3.1529>
- Chouhan, D. K., Jaiswal, D. K. Gaurav, A. K., Mukherjee, A. & Verma, J. P. (2021). PGPM as a potential bioinoculant for enhancing crop productivity under sustainable agriculture. *In: Rakshit, A., Meena, V. S. M. P., SINGH, H.B. & SINGH A.K. (org). Biofertilizers*, Woodhead Publishing, 221-237. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20585>
- Coutinho, F. Â.; Matos, Á. D.; Silva, A. R. E. (2014). Mapeando as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA) por meio dos bio-objetos. *Revista de Ensino de Biologia da Associação Brasileira de Ensino de Biologia*, v. 7, p. 1943-1952, 2014, <http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/8450>
- Conacyt (2022). Biofábrica: a la vanguardia en cultivos de interés comercial.
- Cortivo, C. D., Barion, G., Visioli, G., Mattarozzi, M., Mosca, G. & Vamerli, T. (2017). Increased root growth and nitrogen accumulation in common wheat following PGPR inoculation: Assessment of plant-microbe interactions by ESEM. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 247, 396-408. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.07.006>
- Costa, L. C., Tavanti, R. F. R., Tavanti, T. R. & Pereira, C. S. (2019). Desenvolvimento de cultivares de soja após inoculação de estirpes de *Bacillus subtilis*. *Nativa*, 7(2), 126-132. <https://doi.org/10.31413/nativa.v7i2.6261>
- Costa, S. M. L., & Melloni, R. (2019). Relação de fungos micorrízicos arbusculares e rizobactérias no crescimento de mudas de oliveira (*Olea europaea*). *Ciência Florestal*, 29, 169-180. <https://doi.org/10.12987/yale/9780300205176.003.0002>
- Dlog, F. R. (2020). Banned: a history of pesticides and the science of toxicology. New Haven: Yale University Press. <https://doi.org/10.12987/yale/9780300205176.003.0002>
- Dominges, S. C. O., Carvalho, M. A. C., Rabelo, H. O., Moreira, E. S., Scatola, L. F. & David, G. Q. (2021). Microrganismos como promotores de crescimento em cultivares de alface. *Nativa*, 9(2), 100-105. <https://doi.org/10.31413/nativa.v9i2.10435>
- Driver, K., Bloomberg, J. (2016). History of Agriculture. Disponível em: <<https://www.bloomberg.com/news/features/2016-03-05/farmers-fight-john-deere-over-who-gets-to-fix-an-800-000-tractor?leadSource=uverify%20wall>>.
- Embrapa (2015). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Fábricas biológicas. 15 julho 2015.
- Embrapa (2018). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira. – Brasília, DF: Embrapa.
- Ferreira, L. L., Souza, B. R., Pereira, A. I. A., Curvêlo, C. R. S., Fernandes, C. S. & Dias, N. S. (2019). Bioestimulante e nitrogênio de liberação gradual no desempenho do sorgo. *Nativa*, 7(4), 330-335. <https://doi.org/10.31413/nativa.v7i4.6656>
- Felipe, M. S. S. Desenvolvimento tecnológico e inovação no Brasil: desafios na área de biotecnologia. Brasília, 2017, <https://doi.org/10.17267/2238-2704rpf.2022.e4583>
- Fonseca, K. T. E., Alves, A. K. S., Santos, S. K., Costa Júnior, O. D., Luna, N. P. C. (2019). *Levantamento de biofábricas para cultura de tecidos em três estados do Nordeste*. In: Jorge González Aguilera, J. G.; Zuffo, A. M. (org.). *Ensaio nas ciências agrárias e ambientais*, 2. Ponta Grossa: Atena Editora, 61-68. <https://doi.org/10.46420/9786581460556>
- Flauzino, D. S., (2018). Soja associada à inoculação e coinoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* após cultivos de outono-inverno. *Revista de Agricultura Neotropical*, 5(1), 47-53. <https://doi.org/10.32404/rean.v5i1.2001>
- Fraxe, T. De J. P.; Pinheiro J. A. C.; Costa, M. S. B. Da; Gonçalves, V. V. C.; Oka, J. M.; Sena, G. M. De; Carneiro, J. P. R., Pereira, H. Dos S., C. F. P. (2020). Uso de agrotóxicos e seus impactos socioambientais nos municípios de Rio Preto da Eva e Careiro da Várzea, Amazonas – Brasil. *Braz. J. of Develop.*, 6(5), 31429-31451. <https://intelectos.org/wp-content/uploads/2021/04>
- Galzer, E. C. W. & Azevedo Filho, W. S. (2016). Utilização do *Bacillus thuringiensis* no controle biológico de pragas. *Revista Interdisciplinar de Ciência Aplicada*, 1(1).

- Garcia Arango, G. A. (2009). La propiedad intelectual en las biofábricas. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 27, 1-23. <https://www.redalyc.org/pdf/1942/194215432008.pdf>
- Escalona, M., Lorenzo, J. C., González, B., Daquinta, M., González, J. L., Desjardins, Y., & Borroto, C. G. (2017). Pineapple (*Ananas comosus* L. Merr) micropropagation in temporary immersion systems. *Plant Cell Reports*, 18(9), 743-748. <https://doi.org/10.1007/s002990050653>
- Galeano, R. M. S., Campelo, A. P. S., Mackert, A. & Brasil, M. S. (2019). Desenvolvimento inicial e quantificação de proteínas do milho após inoculação com novas estirpes de *Azospirillum brasilense*. *Revista de Agricultura Neotropical*, 6(2), 96-99. <https://doi.org/10.32404/rean.v6i2.2613>
- García A. La propiedad intelectual en las biofábricas. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, núm. 27. 1-23 Fundación Universitaria Católica del Norte Medellín, Colombia, 2019, <https://doi.org/10.4569878954>
- Gautam, N. (2021). Seed Coating with Beneficial Microbes for Precision Farming. *International Journal of Modern Agriculture*, 10(1).
- Gerald L. T. S.; Lee L. L. (2015). *Biofábrica e sua influência na produtividade de cana-de-açúcar*. In: _____. *Biofábrica de plantas: produção industrial de plantas in vitro*. São Paulo: Antiqua, cap. 7, 118-130. <https://www.yumpu.com/pt/document/view/13656675/exemplo-3-cca-ufscar>.
- Gomes, E. N. & Krinski, D. (2019). Enzaizamento de estacas caulinares de *Piper crassinervium* Kunth sob diferentes concentrações de ácido indolbutírico. *Revista de Agricultura Neotropical*, 6(1), 92-97. <https://doi.org/10.32404/rean.v6i1.1926>
- Gouda, S., Kerry, R. G., Das, G., Paramithiotis, S., Shin, H. & Patra, J. K. (2018). Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. *Microbiological Research*, 206, 131-140. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2017.08.016>
- Hesham, A. E. L., Kaur, T., Devi, R., Kour, D., Prasad, S., Yadav, N., Singh, C., Singh, J. & Yadav, A. J. (2021). Current Trends in Microbial Biotechnology for Agricultural Sustainability: Conclusion and Future Challenges. *Environmental and Microbial Biotechnology*, 555-572. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20585>
- Hungria, M., Rondina, A. B. L., Nunes, A. L. P., Araujo, R. S. & Nogueira, M. N. (2021). Seed and leaf-spray inoculation of PGPR in Brachiarias (*Urochloa spp.*) as an economic and environmental opportunity to improve plant growth, forage yield and nutrient status. *Plant Soil*. <https://doi.org/10.1007/s11104-021-04908-x>
- Imprensa Nacional. (2020). Resolução de Diretoria Colegiada – RDC N° 428, de 7 de outubro de 2020.
- Jones, E. E., Rabeendran, N., Stewart, A. (2014). Biocontrole da infecção por *Sclerotinia sclerotiorum* em repolho por *C. minitans* e *Trichoderma* spp. *Biocontrole. Sci. Tecnol.* 24. <https://doi.org/10.1080/09583157.2014.940847>
- Júnior, W. E. A., Esteves, F. R., Menezes Filho, A. C. P. & Ventura, M. V. A. (2022). Evaluation of *Azospirillum brasilense* dose response on fresh and dry matter of shoot and root of corn plants. *Revista de Agricultura Neotropical*, 9(4), e6993. <https://doi.org/10.32404/rean.v9i4.6993>
- Júnior, J. N., Ribeiro, R. C., Berbara, L. L., Stark, E. M. L. M., Otoni, W. C. & Souza, S. R. (2018). Técnicas de transformação e linhagens de *Agrobacterium rhizogenes* na produção de hairy roots de *Ocimum basilicum* L. *Nativa*, 6(3), 266-275. <https://doi.org/10.31413/nativa.v6i3.5374>
- Khoshru, B., Mitra, D., Khoshmanzar, E., Myo, E. M., Uniyal, N., Mahakur, B., et al. (2020). Current scenario and future prospects of plant growth-promoting rhizobacteria: an economic valuable resource for the agriculture revival under stressful conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 43, 3062-3092. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1799004>
- Lee, T. S. G.; Bressan, E. A.; Corrêa Da Silva, A. D.; Lee, L. L. (2017). Implantação de biofábrica de cana-de-açúcar: riscos e sucessos. *Ornamental Horticulture*, 13, 2002-2017. <https://doi.org/10.14295/oh.v13i0.1960>
- Lee, T. (2013). *Biofábrica de plantas: produção industrial de plantas in vitro*. Antiqua, Brazil. <https://www.yumpu.com/pt/document/view/13656675/exemplo-3-cca-ufscar>
- Lexikon (2020). Dicionário Aulete Digital. Aulete. Disponível em: <<http://www.aulete.com.br>>.

- Lima, N. S. A., Vogel, G. F. & Fey, R. (2018). Rates of application of *Azospirillum brasilense* in tomato crop. *Revista de Agricultura Neotropical*, 5(4), 81-87. <https://doi.org/10.32404/rean.v5i4.3142>
- Lopes, M. J. S., Dias-Filho, M. B. & Gurgel, E. S. C. (2021a). Successful plant growth-promoting microbes: inoculation methods and abiotic factors. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5(606454), 1-13, <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.606454>
- Machado, R., Calvi, V., Paccola, E., Schmidt Filho, E., & Gasparotto, F. (2020). Inoculação foliar de plantas de milho com *Bacillus subtilis* e *Azospirillum brasilense*. *Enciclopédia Biosfera*, 17(34), 289-298. <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/2080>
- Mapa. (2019). Disponível em <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/dez-defensivosagricolas-biologicos-e-organicos-tem-registro-publicado>
- Mapa. (2021). Projeção- Valor da Produção Agropecuária está previsto em R\$ 1,032 trilhão neste ano. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/valor-da-producao-agropecuaria-estaprevisto-em-r-1-032-trilhao-neste-ano>
- Mitter, E. K., Tosi, M., Obregón, D., Dunfield, K. E., & Germida, J. J. (2021). Rethinking crop nutrition in times of modern microbiology: innovative biofertilizer technologies. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5(29). <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.606815>
- Morel, G. M. (2013). Producing virus-free Cymbidiu. *American Orchid Society Bulletin*. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2016.e00176>
- Msimbira, L. A., & Smith, D. L. (2020). The roles of Plant Growth Promoting Microbes in enhancing plant tolerance to acidity and alkalinity stresses. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00106>
- Muniz, P. H. P. C., Peixoto, G. H. S., Teixeira, M. P. M., Mello, S. C. M. & Carvalho, D. D. C. (2018). Produção de conídios em substrato sólido e colonização superficial por *Trichoderma harzianum*. *Revista de Agricultura Neotropical*, 5(4), 40-44. <https://doi.org/10.32404/rean.v5i4.2608>
- Nascimento, C. C., Ferreira, J. S., Santos, R. K. A., Lima, M. C. D., Ladeia, C. A., Ávila, J. S. & Filho, R. L. S. A. (2021). Desenvolvimento de *Eucalyptus urophylla* submetido à inoculação de bactérias diazotróficas nativas. *Brazilian Journal of Development*, 7(5), 47287-47304, <https://doi.org/10.34117/bjdv.v7i5.29632>
- Neves, F. F. *Et al.* Intoxicação grave por paraquat: achados clínicos e radiológicos em um sobrevivente. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 36(4), 513-516, 2015, <https://doi.org/10.1590/S1806-37132010000400019>
- Oliveira, C. J., Gasques, S. F. (2019). Comissão especial aprova política de redução do uso de arotóxicos; texto vai a Plenário. *Câmara dos Deputados Notícias*, 4 dez, 2019, <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9818>
- Oliveira, L. C. e, Nakasone, A. K., Lacerda, L., Nechet, K. De L., Lemos, W. De P., Marinho, A. M. Do R. & Halfeld-Vieira, B. De A. (2020). Bactérias endofíticas e a promoção de crescimento de plantas de pimenta-do-reino. *Research, Society and Development*, 9(11). <https://doi.org/10.e2909119818>
- Oliveira, C. A. B., Pelá, G. M. & Pelá, A. (2017). Inoculação com *Rhizobium tropici* e adubação foliar com molibdênio na cultura do feijão comum. *Revista de Agricultura Neotropical*, 4(5), 43-50. <https://doi.org/10.32404/rean.v4i5.2193>
- Oosten, M. J. V., Pepe, O., Pascale, S., Silletti, S & Maggio, A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4(5), <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>
- Parra, J. R. P. (2015). Controle Biológico no Brasil- o exemplo da cana-de-açúcar. ESALQ/USP. <https://doi.org/10.22490/21456453.4040>
- Pereira, C. D., Bernini, C. S., Jantsch, M. R., Medeiros, R. A. & Moura, L. C. (2021). Germinação e propagação *in vitro* de mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King). *Nativa*, 9(5), 595-599. <https://doi.org/10.31413/nativa.v9i5.12129>
- Pereira, M. O., Navroski, M. C. & Reiniger, L. R. S. (2015). Multiplicação de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex A. DC.) Mattos. *Nativa*, 3(1), 59-63. <https://doi.org/10.31413/nativa.v3i1.1879>
- Pereira, A. C. C., Castro, G. L. S., Rodrigues, P. C., Silva, G. B., Oliveira, D. A. & Souza, C. R. B. (2019). An endophytic *Pseudomonas* sp. of *Piper tuberculatum* promotes growth on *Piper nigrum* through increase of

- root biomass production. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 108(1), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2019.101420>
- Pinto, A. C., Zambenedetti, R., Oliveira, A. J. C., Pereira, C. S. & Silva, A. A. (2020). Aplicação foliar de nitrogênio em diferentes estádios fenológicos na cultura da soja. *Nativa*, 8(3), 376-380. <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i3.8528>
- Posada, A., Mejía, D., Polanco-Echeverry, D. & Cardona, J. (2021). Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR): Una revisión sistemática 1990- 2019. *Revista de Investigación Agraria y ambiental*, 12(2), 161-178. <https://doi.org/10.22490/21456453.4040>
- Prieto, C. A., Alvarez, J. W. R., Figueredo, J. C. K. & Trinidad, S. A. (2017). Bioestimulante, biofertilizante e inoculação de sementes no crescimento e produtividade da soja. *Revista de Agricultura Neotropical*, 4(2), 1-8. <https://doi.org/10.32404/rean.v4i2.1167>
- Prisa, D. (2020). Optimised fertilisation with zeolites containing plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in *Ranunculus asiaticus*. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 10, 96-102. [10.30574/gscbps.2020.10.1.0011](https://doi.org/10.30574/gscbps.2020.10.1.0011)
- Puente, M. L., Gualpa, J. L., Lopez, G. A., Molina, R. M., Carletti, S. M., & Cassán, F. D. (2017). The benefits of foliar inoculation with *Azospirillum brasilense* in soybean are explained by an auxin signaling model. *Symbiosis*, 76(1), 41-49. <https://doi.org/10.1007/s13199-017-0536-x>
- Rezende, C. C. Silva, M. A., Frasca, L. L. M., Faria, D. R., Filippi, M. C. C., Lanna, A. C. & Nascente, A. S. (2021). Microrganismos multifuncionais: utilização na agricultura. *Research, Society and Development*, 10(2), e50810212725.
- Ribeiro, A. S., Brondani, G. E., Tormen, G. C. R. & Figueiredo, A. J. R. (2016). Cultivo *in vitro* de bambu em diferentes sistemas de propagação. *Nativa*, 4(1), 15-18. <https://doi.org/10.31413/nativa.v4i1.3241>
- Rocha, W. S., Barros, A. P. R., Ribeiro, M. A., Martins, A. L. L., Júnior, A. F. C. & Santos, M. M. (2021). *Bradyrhizobium japonicum* and phosphorus fertilization on *Vigna unguilata* (L.) Walp. *Revista de Agricultura Neotropical*, 8(3), e5551. <https://doi.org/10.32404/rean.v8i3.5551>
- Rocha, W. S., Silva, M. C. A., Filho, M. C. A., Filho, G. C. M., Santos, M. G., Júnior, A. F. C. & Santos, M. M. (2020). Compatibility of Azoxystrobin and Cyproconazole on plant growth-promoting microorganisms. *Revista de Agricultura Neotropical*, 7(4), 95-100. <https://doi.org/10.32404/rean.v7i4.5281>
- Sá, L. A. N. D., Pessoa, M. C. P. Y., Moraes, G. J. D., Marinho-Pra-Do J. S., Prado S. D. S., Vasconcelos, R. M. D. (2016). Quaren-tine facilities and legal issues of the use of biocontrol agents in Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(5), 502-509. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.262567>
- Sales, L. Z. S., Garcia, N. F. S., Martins, J. T., Buzo, F. S., Garé, L. M., Rodrigues, R. A. F. & Arf, O. (2021). Inoculation with *Azospirillum brasilense* and fertilizer reduction in upland rice. *Research, Society and Development*, 10(7), e9110716345. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16345>
- Santos, C. C., Bernardes, R. S., Goelzer, A., Vieira, M. C. & Zárata, N. A. H. (2019). Bokashi em mudas de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg: aspectos morfométricos e fotoquímicos. *Nativa*, 7(3), 239-243. <https://doi.org/10.31413/nativa.v7i3.6772>
- Santos, A. F., Corrêa, B. O., Klein, J., Bono, J. A. M., Pereira, L. C., Guimarães, V. F., & Ferreira, M. B. (2021). Biometria e estado nutricional da cultura da aveia branca (*Avena sativa* L.) sob inoculação com *Bacillus subtilis* e *B. megaterium*. *Research, Society and Development*, 10(5), e53410515270. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.15270>
- Sauka, D. H., Piccinetti, C. F., Vallejo, D. A., Onco, M. I., Pérez, M. P. & Benintende, G. B. (2021). New entomopathogenic strain of *Bacillus thuringiensis* is able to solubilize different sources of inorganic phosphates. *Applied Soil Ecology*, 160(4), 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103839>
- Sarzi, J. S., Ludwig, J., Rabuske, J. E., Ferst, P. P., Malescki, J. & Warpechowski, L. (2019). Biocontrole da podridão vermelha da raiz e promoção de crescimento da soja. *Nativa*, 7(6), 629-635. <https://doi.org/10.31413/nativa.v7i6.6818>
- Silva, A. A., Souza, I. V. B., Porto, J. S. & São José, A. R. (2020a). Utilização de fungos benéficos na formação de mudas de goiabeira em solos infestados com nematoides. *Nativa*, 8(2), 178-184. <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i2.8141>

- Silva, A. A., Souza, I. V. B., Porto, J. S. & São José, A. R. (2020). Utilização de fungos benéficos na formação de mudas de goiabeira em solos infestados com nematoides. *Nativa*, 8(2), 178-184. <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i2.8141>
- Silva, C. M., Pinehiro, C. C. C., Sousa, I. A. L., Lins, P. M. P., Silva, G. B. & Carvalho, E. A. (2018a). Controle biológico de *Bursaphelenchus cocophilus* por rizobactérias e *Trichoderma* spp. *Nativa*, 6(3), 233-240. <https://doi.org/10.31413/nativa.v6i3.4531>
- Silva, E. N., Tavares, A. T., Silva, C. P., Ferreira, T. A., Carline, J. V. G. & Nascimento, I. R. (2018). Fungos micorrízicos arbusculares e doses de fósforo no desenvolvimento de mudas de guanandi. *Nativa*, 6(3), 246-251. <https://doi.org/10.31413/nativa.v6i3.4720>
- Silva, E. R., Salles, J. S., Zuffo, A. M. & Steiner, F. (2017). Coinoculação de *Bradyschizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* em sementes de amendoim de diferentes tamanhos. *Revista de Agricultura Neotropical*, 4(5), 93-102. <https://doi.org/10.32404/rean.v4i5.2192>
- Silva, J. V. B., Gomes, R. S. S., Carvalho, T. K. N., Lacerda, A. V., Rodrigues, R. M. & Medeiros, J. G. F. (2022). Controle de patógenos em sementes de algodão com o uso de *Trichoderma harzianum*. *Nativa*, 10(2), 204-210. <https://doi.org/10.31413/nativa.v10i2.13563>
- Souza, D. M. S. C., Fernandes, S. B., Molinari, L. V., Avelar, M. L. M., Gonçalves, D. S., Faria, J. C. T., Teixeira, G. L. & Brondani, G. E. (2021). *Nativa*, 9(5), 582-588. <https://doi.org/10.31413/nativa.v9i5.12541>
- Souza, D. M. S. C., Martins, A. R., Fernandes, S. B., Santos, J. A. & Brondani, G. E. (2022). Seedling production of *Mimosa calodendron* Mart. ex Benth. In a temporary immersion bioreactor. *Nativa*, 10(1), 117-124. <https://doi.org/10.31413/nativa.v10i1.13351>
- Souza, R., Ambrosini, A. & Passaglia, L. M. P. (2015). Plant growth promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. *Genetics and Molecular Biology*, 38, 401-419. <https://doi.org/10.1590/S1415-475738420150053>
- Teixeira, K. C. S., Ledo, A. S., Pinto, C. J. A., Libao, M. W. N. & Jesus, L. E. A. (2015). Produção comercial de mudas micropropagadas em Sergipe. In: Ciclo de palestras sobre cultivo *in vitro* de plantas, 3, Aracaju. Anais... Brasília, DF: Embrapa, 2015. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142016.308802198347>
- Turco, C. S. & Paiva, E. N. (2021). Produzindo seres vivos: uma biofábrica brasileira. *Scientiarum Historia*, 1, 1-9. https://doi.org/10.51919/revista_sh.v1i0.275
- Umesha, S., K. Singh, P. & P. Singh, R. (2018). Microbial Biotechnology and Sustainable Agriculture. *Biotechnology for Sustainable Agriculture*, 185-205. 10.1016/B978-0-12-812160-3.00006-4
- Varma, A., Tripathi, S. & Prasad, R. (2019). Plant Biotic Interactions. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-26657-8>
- Vogel, G. F. & Fey, R. (2019). *Azospirillum brasilense* interaction effects with captan and thiodicarb on the initial growth of corn plants. *Revista de Agricultura Neotropical*, 6(3), 53-59. <https://doi.org/10.32404/rean.v6i3.3133>
- Yadav, M. K. & Singh, B. P. (Ed.). (2020). New and future developments in microbial biotechnology and bioengineering: microbial biofilms. Elsevier. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20585>
- Zanirato, S. H. & Rotondaro, T. (2016). Consumo, um dos dilemas da sustentabilidade. *Estudos Avançados*, 30(88), 77-92. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142016.30880007>

Copyrights

Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the journal.

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).