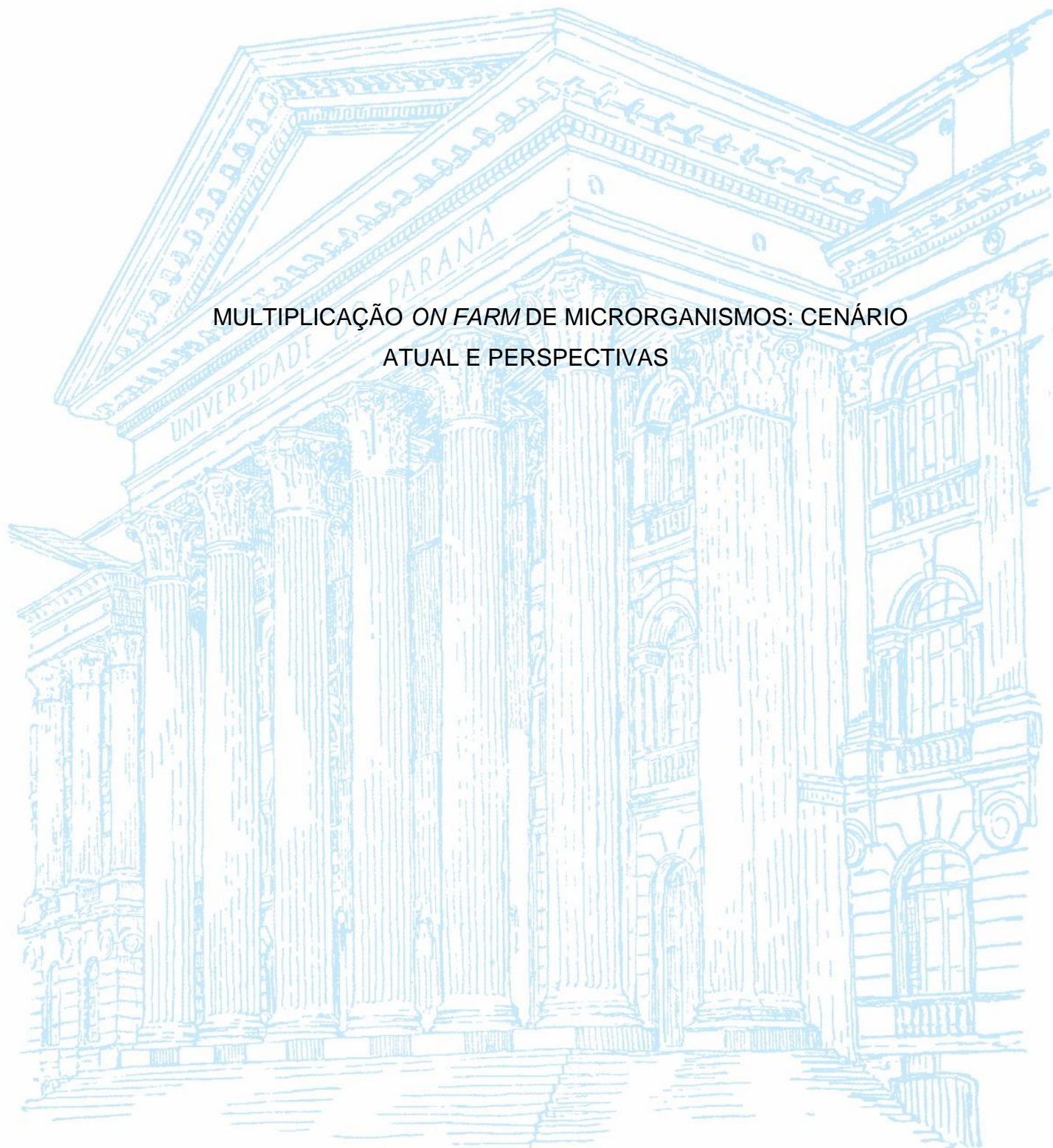


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NEI HAMILTON FERREIRA DOS SANTOS JUNIOR

MULTIPLICAÇÃO *ON FARM* DE MICRORGANISMOS: CENÁRIO
ATUAL E PERSPECTIVAS



CURITIBA

2023

NEI HAMILTON FERREIRA DOS SANTOS JUNIOR

MULTIPLICAÇÃO *ON FARM* DE MICRORGANISMOS: CENÁRIO
ATUAL E PERSPECTIVAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Miguel Mazaro

CURITIBA

2023

RESUMO

Perante o desenvolvimento da agricultura mundial, os avanços tecnológicos e o crescimento populacional, é cada vez maior a demanda por alimentos. Visando aumentar produções, o uso indiscriminado de pesticidas, dentre outras ações agrícolas intensivas, tem gerado desequilíbrio, degradação e contaminação do meio ambiente. Nesse cenário, surgem o uso de produtos biológicos, como forma de produção sustentável para os agricultores, programas governamentais como o PNAPO e PLANAPO, foram um grande incentivo para os avanços relacionados a produção de bioinsumos no Brasil. Dessa forma, esse trabalho teve por objetivo, entender o cenário e os desafios da produção *on farm*, para que se pudesse compreender seus avanços, bem como, os gargalos que precisam ser aperfeiçoados. Esse estudo foi realizado na forma de uma pesquisa de natureza bibliográfica. Através de referências teóricas pesquisadas em livros, revistas, artigos científicos, Leis e Decretos sobre os temas bioinsumos e produção *on farm*. Visando contribuir com informações e trazendo o um breve histórico, cenário atual, demandas e perspectivas da multiplicação *on farm*. Foram observados avanços na produção de bioinsumos após a instituição dos programas governamentais PNAPO e PLANAPO e o desenvolvimento de novas empresas. Bem como, o crescimento na produção *on farm* através da flexibilização do governo através de decretos que possibilitam a produção para uso próprio, sem registro. Se faz necessário melhorar o processo produtivo, considerando parâmetros de qualidade e segurança no processo produtivo *on farm*, visando garantir a qualidade dos produtos e mitigar qualquer forma de contaminação que possa causar riscos à saúde humana, animal e ambiental.

Palavras-chave: Bioinsumos. Políticas públicas. Biofábricas. Biopesticidas.

ABSTRACT

In view of the development of world agriculture, technological advances and population growth, the demand for food is increasing. Aiming to increase production, the indiscriminate use of pesticides, among other intensive agricultural actions, has generated imbalance, degradation, and contamination of the environment. In this scenario, the use of biological products appears, as a form of sustainable production for farmers, government programs such as PNAPO and PLANAPO, were a great incentive for advances related to the production of biofuels in Brazil. In this way, this work aimed to understand the scenario and challenges of on farm production, so that one could understand its advances, as well as the bottlenecks that need to be improved. This study was carried out in the form of a bibliographical research. Through theoretical references researched in books, magazines, scientific articles, Laws, and Decrees on the themes of bioinputs and on farm production. Aiming to contribute with information and bringing a brief history, current scenario, demands and perspectives of on farm multiplication. Advances in the production of bioinputs were observed after the institution of the government programs PNAPO and PLANAPO and the development of new companies. As well as the growth in on farm production through the government's flexibility through decrees that allow production for own use, without registration. It is necessary to improve the production process, considering quality and safety parameters in the on-farm production process, in order to guarantee the quality of the products and mitigate any form of contamination that may pose risks to human, animal and environmental health.

Keywords: Bioinputs. Public policy. Biofactories. Biopesticides.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 JUSTIFICATIVA	7
1.2 OBJETIVOS.....	7
1.2.1 Objetivo geral.....	7
1.2.2 Objetivos específicos.....	7
2 MATERIAL E MÉTODOS	8
3 REVISÃO DE LITERATURA	9
3.1 BIOINSUMOS: PROGRAMAS E POLÍTICAS PÚBLICAS	9
3.2 DEMANDAS E PERSPECTIVAS DO MERCADO DE BIOINSUMOS	16
3.3 MICRORGANISMOS MAIS UTILIZADOS	20
3.3.1 <i>Trichoderma</i> sp.	20
3.3.2 <i>Bacillus</i> sp.	20
3.3.3 <i>Bradyrhizobium</i> sp. e <i>Azospirillum</i>	21
3.4 BIOFÁBRICAS.....	22
3.4.1 Benefícios e riscos	23
3.4.2 Parâmetros de produção.....	24
4 RESULTADOS – AVANÇOS E DESAFIOS	26
4.1 AVANÇOS	26
4.2 DESAFIOS.....	26
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

A Revolução Verde iniciada em 1966 no Brasil, incentivando a expansão do setor agrícola, com o uso do pacote tecnológico com base em agroquímicos, incentivando às empresas em produzir e usar massivamente herbicidas, fungicidas, inseticidas, fertilizantes químicos, sementes modificadas, máquinas e implementos agrícolas pesados capazes de aumentar significativamente a produção agrícola (SERRA *et al.*, 2016). Surge assim um desequilíbrio dos ecossistemas causados pelo uso indiscriminado destes produtos e serviços.

Frente a esse desequilíbrio, nos últimos anos os avanços tecnológicos têm focado na produção sustentável, visando não só altas produtividades, mas também, a preservação da natureza, reduzindo o uso de defensivos e fertilizantes químicos, uso racional da água e conservação do solo, buscando produzir de forma integrada e dinâmica e não individualizada (MEYER *et al.*, 2022). Processos esses, que otimizem os processos produtivos de forma geral, além de ambientalmente correto, economicamente viável, socialmente justo e culturalmente diverso (LAGLER, 2017).

Buscando atender as necessidades cada vez maiores a respeito da sustentabilidade, o sistema político brasileiro cria em agosto de 2012 o DECRETO Nº 7.794, que institui a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica – PNAPO. Essa política nacional visa facilitar ações capazes auxiliar a transição agroecológica, a produção orgânica e a agroecologia, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida da população (BRASIL, 2012).

Seguindo a mesma linha surge o Programa Nacional de Bioinsumos, realizado em maio de 2020, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, através do Decreto Federal nº 10.375, de 26 de maio. “Com a finalidade de ampliar e de fortalecer a utilização de bioinsumos no País para beneficiar o setor agropecuário” (BRASIL, 2020).

Diante das regulamentações, novas perspectivas sustentáveis e o crescimento do uso de bioinsumos, também houve um aumento na produção para uso próprio, também chamado de produção “*on farm*”. Vários produtores já vêm fabricando seus próprios microrganismos ou bioinsumos para utilizarem em

suas propriedades, esses produtos podem ser muito eficientes e seguros, entretanto, ainda são necessárias novas políticas públicas e ações do governo que busquem garantir a segurança jurídica dessa atividade e promover melhorias em todos os processos para que todos os produtores sigam os mesmos processos de qualidade (VIDAL; SALDANHA; VERISSIMO, 2020).

1.1 JUSTIFICATIVA

A utilização de bioinsumos tem crescido muito, seja com a utilização de produtos industriais ou obtidos através da produção *on farm*. O uso de bioinsumos obtidos *on farm*, é uma realidade, com legislação para tal, grandes empresas fornecendo equipamentos e insumos, e amplamente difundida por todo país, seja em pequenas propriedades ou grandes grupos agrícolas. Nesse sentido, é importante entender esse cenário e os desafios da produção *on farm*, para que se possa compreender seus avanços, bem como os gargalos que precisam ser aperfeiçoados.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Entender o cenário e os desafios da produção *on farm*, para que se possa compreender seus avanços, bem como os gargalos que precisam ser aperfeiçoados.

1.2.2 Objetivos específicos

Uma revisão bibliográfica com levantamento de processos usados para multiplicação *on farm*, a demanda por bioinsumos, suas perspectivas e desafios.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Esse estudo foi realizado na forma de uma pesquisa de natureza bibliográfica. Através de referências teóricas pesquisadas em livros, revistas, artigos científicos, Leis e Decretos sobre os temas bioinsumos e produção *on farm*. Visando contribuir com informações e trazendo o um breve histórico, cenário atual, demandas e perspectivas da multiplicação *on farm*.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 BIOINSUMOS: PROGRAMAS E POLÍTICAS PÚBLICAS

Após a Revolução Industrial houve grande migração da população rural para as cidades, assim como, melhores condições de vida e de saúde, aumentando a qualidade de vida das pessoas e reduzindo os índices de mortalidade. Conforme a população crescia, juntamente surge a preocupação com a limitação dos recursos para a alimentação humana mundial (SERRA *et al.*, 2016).

Após a Segunda Guerra Mundial, o grupo Rockefeller juntamente com a Ford, veem uma oportunidade de crescimento no setor agrícola, com o objetivo de acabar com a fome no mundo, expandem o mercado consumidor com pacotes de insumos agrícolas, incentivando empresas a produção e uso de herbicidas, fungicidas, inseticidas, fertilizantes químicos, sementes modificadas, máquinas e implementos agrícolas pesados que fossem capazes de aumentar significativamente a produção agrícola, surgindo assim em 1966, a Revolução Verde (SERRA *et al.*, 2016).

A Revolução Verde trouxe consigo o chamado pacote tecnológico, composto pelo uso intenso de máquinas revolvedoras de solo, plantio de monoculturas, controle químico de pragas e doenças, com uso intensivo de herbicidas, inseticidas, fungicidas e fertilizantes químicos, uso da irrigação e de sementes modificadas, através do uso de genomas de plantas e animais, todo esse pacote, tornou a agricultura dependente da indústria e dos sistemas de financiamento (PETERSEN; VON DER WEID; FERNANDES, 2009).

Junto ao pacote de práticas e insumos, surgem problemas socioambientais, pois além da dependência das indústrias, dos bancos e dos combustíveis fósseis e não renováveis, surge a intensa degradação e poluição dos mananciais de água, dos solos e redução da biodiversidade de toda fauna e flora (SOUZA; CASTILHO; MACEDO, 2022).

O uso expressivo e por vezes de forma inadequada de pesticidas nas lavouras têm preocupados os agricultores brasileiros (VIDAL; SALDANHA; VERISSIMO, 2020). Nesse sentido, nos últimos anos os avanços tecnológicos não têm focado apenas em incrementos de produtividade, mas também em

produzir de forma sustentável, preservando a natureza, reduzindo o uso de defensivos e fertilizantes químicos, uso racional da água e conservação do solo, visando produzir de forma integrada e dinâmica e não individualizada (MEYER *et al.*, 2022).

A produção de forma sustentável atrelada a dependência de fertilizantes de outros países, em momento de grandes flutuações na economia e nos preços internacionais do petróleo, faz com que haja necessidade de produtos alternativos de forma complementar, e que otimizem os processos produtivos de forma geral, além de ambientalmente correto, economicamente viável, socialmente justo e culturalmente diverso (LAGLER, 2017).

Para tentar sanar essa necessidade que emerge com força em todo o mundo, o sistema político brasileiro cria em agosto de 2012 o DECRETO Nº 7.794, que institui:

Art. 1º Fica instituída a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica - PNAPO, com o objetivo de integrar, articular e adequar políticas, programas e ações indutoras da transição agroecológica e da produção orgânica e de base agroecológica, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida da população, por meio do uso sustentável dos recursos naturais e da oferta e consumo de alimentos saudáveis (BRASIL, 2012).

Nesse mesmo decreto como instrumento da PNAPO, também é criado o Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica – PLANAPO, ambos visando o desenvolvimento sustentável.

O PLANAPO no período de 2013 a 2015 representou grande avanço, contribuiu em vários processos e implantações de políticas públicas (BRASIL AGROECOLÓGICO, 2016). Em uma segunda edição mantêm-se as metas para “produção agrícola em uma relação sustentável com o meio ambiente, que possa beneficiar amplamente os cidadãos e cidadãs do campo, das florestas, das águas e da cidade” (BRASIL AGROECOLÓGICO, 2016, p.10).

Dentre as metas estabelecidas no Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica, estão: 194 estratégias, distribuídas em 30 metas e dispostas em seis eixos: Produção; Uso e Conservação dos Recursos Naturais; Acordo; Marketing e Consumo; Terra e Território e Sociobiodiversidade. Na sexta meta, do primeiro eixo (Produção), conta a criação e a implementação de um programa

nacional de insumos apropiados à produção orgânica e de base agroecológica
- Programa Bioinsumos (Figuras 1 e 2).

FIGURA 1 – META 6 - CRIAR E IMPLEMENTAR PROGRAMA NACIONAL DE INSUMOS APROPRIADOS À PRODUÇÃO ORGÂNICA E DE BASE AGROECOLÓGICA (PROGRAMA BIOINSUMOS).

Iniciativa	Instituições responsáveis	Instituições parceiras	Indicador	Meta de execução física				Fonte
				2016	2017	2018	2019	
Criar um GT para, no prazo de até 6 meses, elaborar a proposta do Programa Bioinsumos.	MAPA	MCTI, Embrapa, IBAMA, ANVISA	Proposta elaborada	1				N/A
Contratar 400 estudos e testes dirigidos ao estabelecimento de especificações de referência para viabilizar o registro simplificado de produtos fitossanitários com uso aprovado para a agricultura orgânica.	MAPA	MCTI, Embrapa, IBAMA, ANVISA	Estudos realizados	0	100	150	150	AÇÃO 8606
Viabilizar a realização de estudos e testes de eficiência agrônômica para 50 agentes de controle biológico.	MAPA	Embrapa	Testes realizados		10	20	20	AÇÃO 8606
Regulamentar 50 especificações de referência para orientação da produção e registro simplificado de produtos fitossanitários para uso na produção orgânica.	MAPA	ANVISA, IBAMA	Especificações regulamentadas	12	12	13	13	AÇÃO 8606
Ajustar e publicar pelo menos 10 regulamentos diretamente relacionados à produção orgânica ou a produtos e processos importantes para o setor.	MAPA		Regulamentos publicados	2	3	3	2	AÇÃO 8606
Ajustar e publicar pelo menos 5 regulamentos diretamente relacionados à produção de insumos destinados a produção orgânica e de base agroecológica, de forma a viabilizar e simplificar os seus registros.	MAPA	ANVISA, IBAMA	Regulamentos publicados	1	2	1	1	N/A
Promover 12 eventos e elaborar 110 publicações técnicas dirigidas a ampliar e qualificar a produção e uso de bioinsumos adequados à produção orgânica, de base agroecológica e à sociobiodiversidade.	MAPA	Embrapa, MS, ANVISA, MDA, INCRA, MCTI, MMA, IBAMA, MEC, SG-PR, MDS	Eventos promovidos e publicações elaboradas	1 Evento, 9 Publicações	3 Eventos, 41 publicações	4 Eventos, 40 publicações	4 Eventos, 40 publicações	AÇÃO 8606
Criar e manter atualizado um catálogo dos insumos aprovados para uso na produção orgânica e de base agroecológica, disponibilizado ao público em meios eletrônico e impresso.	MAPA, MDA	IBAMA	Catálogo criado, atualizado e disponibilizado	1	1	1	1	AÇÃO 210V

FONTE: Brasil Agroecológico (2016, p.46).

FIGURA 2 – META 6 - CRIAR E IMPLEMENTAR PROGRAMA NACIONAL DE INSUMOS APROPRIADOS À PRODUÇÃO ORGÂNICA E DE BASE AGROECOLÓGICA (PROGRAMA BIOINSUMOS) (CONTINUAÇÃO).

Iniciativa	Instituições responsáveis	Instituições parceiras	Indicador	Meta de execução física				Fonte
				2016	2017	2018	2019	
Promover pelo menos uma campanha anual, de âmbito nacional, para a divulgação e ampliação do uso de bioinsumos na agricultura.	MAPA	Embrapa, MS, ANVISA, MDA, INCRA, MCTI, MMA, IBAMA, MEC, SG-PR, MDS	Campanhas realizadas		1	1	1	AÇÃO 8606
Realizar levantamento identificando os gargalos para a produção e uso de bioinsumos, considerando os aspectos legislativo, tecnológico, mercadológico, de políticas públicas, dentre outros.	MAPA, MDA	ANVISA, IBAMA, INCRA, MCTI	Levantamento realizado	1				AÇÃO 210V
Realizar levantamento identificando experiências nacionais e internacionais relativas a programas e políticas de estímulo à produção e uso de bioinsumos.	MAPA	ANVISA, IBAMA, MDA, INCRA, MCTI	Levantamento realizado	1				AÇÃO 8606
Realizar levantamentos e sistematização de conhecimentos científicos e empíricos relacionados à produção e uso de bioinsumos para a agricultura.	MAPA, MDA	ANVISA, IBAMA, INCRA, MCTI, MEC	Levantamentos realizados	1	1	1	1	AÇÃO 210V
Promover treinamento e formação para qualificação de 5.000 agentes de Ater, agricultores(as) e assentados(as) da reforma agrária, dirigidos à produção e uso de bioinsumos.	MAPA, INCRA, MDA	Embrapa, MS, ANVISA, MDA, INCRA, MCTI, MMA, IBAMA, MEC	Agentes de Ater, agricultores(as) e assentados(as) de reforma agrária qualificados(as)	500	1.000	1.500	2.000	AÇÃO 2100
Apoiar o processo de incubação para 60 empresas produtoras de bioinsumos para a agricultura orgânica e de base agroecológica.	MAPA	Embrapa, MCTI, MEC	Empresas incubadas		10	20	30	AÇÃO 8606
Criar e disponibilizar listagem nacional de laboratórios habilitados para a realização de análises de bioinsumos.	MAPA	ANVISA, IBAMA, MCTI	Listagem criada e disponibilizada		1			AÇÃO 8606
Apoiar a qualificação profissional de 1.000 técnicos(as) para atuação em pesquisa, assistência técnica e produção de bioinsumos.	MAPA	ANVISA, IBAMA, MDA, INCRA, Embrapa, MCTI, MMA, MEC	Técnicos(as) qualificados		300	300	400	AÇÃO 8606

FONTE: Brasil Agroecológico (2016, p.47).

É sabida a importância dos bioinsumos não só nacional como internacionalmente, estando inseridos em toda cadeia de produção, tanto animal como vegetal, desde o plantio até a pós-colheita e beneficiamento (VIDAL *et al.*, 2021). Dentre os produtos biológicos utilizados atualmente estão:

Os produtos biológicos à base de microrganismos (vírus, bactérias e fungos), os vários macroorganismos (insetos benéficos, predadores, parasitoides, ácaros predadores, etc.), serviços de polinização e polinizadores, semioquímicos (feromônios) e bioquímicos, probióticos, suplementos para rações animais, bioprodutos para controle de doenças em animais e pastagens, biofilmes a base de produtos naturais, aditivos e outros insumos que interagem com a microbiota, como os remineralizadores de solo ou pós de rocha (VIDAL *et al.*, 2021, p. 559).

Apesar dos inúmeros usos e benefícios dos produtos de base biológica, o Programa Nacional de Bioinsumos passou por várias necessidades e ações até pode realmente consolidar-se e ser lançado como Programa Nacional de Bioinsumos, realizado em maio de 2020 pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, através do Decreto Federal nº 10.375, de 26 de maio. “Com a finalidade de ampliar e de fortalecer a utilização de bioinsumos no País para beneficiar o setor agropecuário” (BRASIL, 2020).

De acordo com o Decreto Federal nº 10.375, 2020, considera-se bioinsumo:

Art. 2º O produto, o processo ou a tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana, destinado ao uso na produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agropecuários, nos sistemas de produção aquáticos ou de florestas plantadas, que interfiram positivamente no crescimento, no desenvolvimento e no mecanismo de resposta de animais, de plantas, de microrganismos e de substâncias derivadas e que interajam com os produtos e os processos físico-químicos e biológicos (BRASIL, 2020).

Os bioinsumos são uma alternativa sustentável e viável frente ao uso indiscriminado de agroquímicos e fertilizantes minerais. Para Vidal; Saldanha; Verissimo (2020, p.383), etimologicamente a palavra bioinsumo, se refere a “insumo de origem biológica”, porém, como o conceito é amplamente utilizado, especialmente na agricultura, são comuns também outros termos, como: “produto biológico, bioproduto, produto de base biológica ou ainda como exemplos de produtos, tais como bioinseticidas, biofertilizantes, inoculantes e outros”.

Dentre estes, existem outros conceitos complementares junto ao Programa Nacional de Bioinsumos:

Agente biológico de controle - organismo, assim considerado microrganismo e inimigo natural, de ocorrência natural, introduzido no ambiente para o controle de uma população ou de atividade biológica de outro organismo vivo considerado nocivo;

Ativo biológico - microrganismo, planta, invertebrado, substância bioativa, feromônio, entre outros;

Bioestimulante - produto que contém substância natural com diferentes composições, concentrações e proporções, que pode ser aplicado diretamente nas plantas, nas sementes e no solo, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade de sementes, estimular o desenvolvimento radicular, favorecer o equilíbrio hormonal da planta e a germinação mais rápida e uniforme, interferir no desenvolvimento vegetal, estimular a divisão, a diferenciação e o alongamento celular, incluídos os processos e as tecnologias derivados do bioestimulante;

Biofertilizante - produto que contém componentes ativos ou substâncias orgânicas, obtido de microrganismos ou a partir da atividade destes, bem como seus derivados de origem vegetal e animal, capaz de atuar direta ou indiretamente sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, no aumento de sua produtividade ou na melhoria de sua qualidade, incluídos os processos e tecnologias derivados desta definição;

Inoculante - produto, processo ou tecnologia que contém microrganismos com atuação favorável ao desenvolvimento de plantas (MAPA, 2021).

Esses conceitos facilitam o entendimento de forma que todos possam entender sobre a definição dos termos, mas ainda assim são necessárias novas contribuições para organização e unificação dos conceitos, dada a amplitude que esses termos podem ter (VIDAL; SALDANHA; VERISSIMO, 2020).

O Programa Nacional de Bioinsumos tem uma ampla abrangência contendo três eixos temáticos que vão desde a produção animal (envolvendo, dentre outros termos: saúde; alimentação e manejo animal, produção aquícola, biovacinas, fitoterápicos, biovermífugos, homeopáticos, probióticos, suplementos, rações sanidade, tratamento de efluentes), produção vegetal (abrangendo sanidade vegetal; fertilidade do solo, nutrição de plantas, estresses abióticos; manejo de espécies; manejo e controle de pragas e doenças; bioacaricidas, biofungicidas, feromônios, bioinseticidas, inoculantes, biofertilizantes, bioestimulantes, uso e promoção de espécies tradicionais e crioulas com base orgânica e agroecológica) e o terceiro eixo temático é o de pós colheita, que inclui temas relativos à higienização, conservação e embalagens; higienizantes, bioconservantes, embalagens; sanitizantes, bioestabilizantes, biofilmes, entre outros (VIDAL *et al.*, 2021, p. 567) (Figura 3).

FIGURA 3 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DOS TRÊS EIXOS TEMÁTICOS DO PROGRAMA NACIONAL DE BIOINSUMOS.



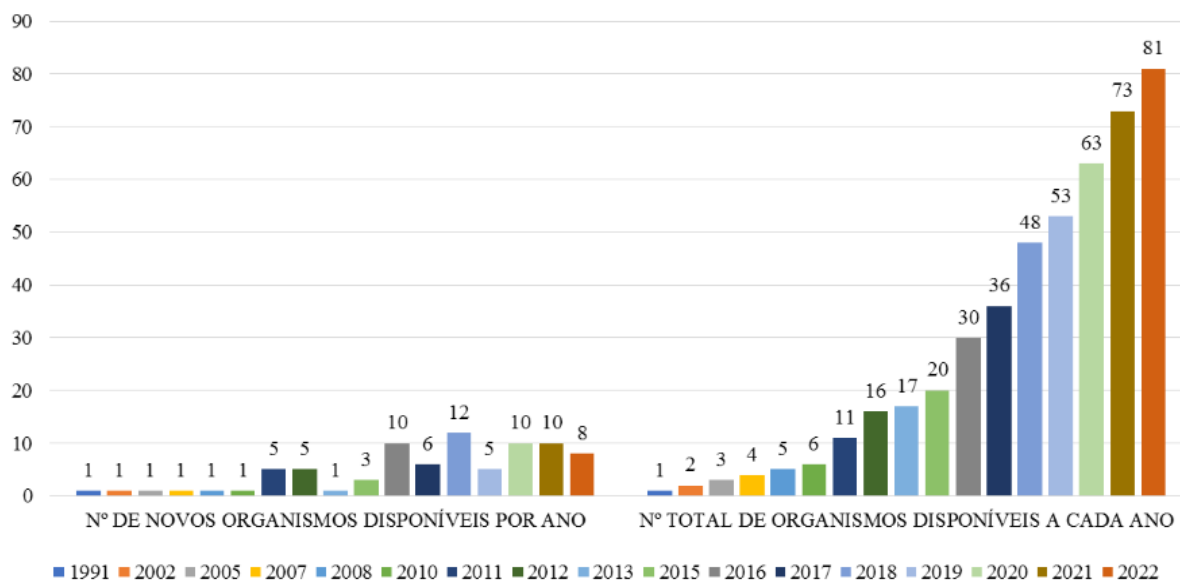
FONTE: Vidal *et al.* (2021, p. 567).

3.2 DEMANDAS E PERSPECTIVAS DO MERCADO DE BIOINSUMOS

O uso de bioinsumos vem crescendo cada vez mais com o passar dos anos. Isso é reflexo das exigências do mercado consumidor por produtos mais seguros e sustentáveis, e a redução do uso de agroquímicos de maneira geral. Inoculantes a base de *Bradyrhizobium* spp. para fixação biológica de nitrogênio (FBN), coinoculação com *Azospirillum* spp., mobilizadores de fósforo e biofungicidas à base de *Bacillus* spp. (BUENO *et al.*, 2022) e promotores de crescimento vegetal, agentes de controle biológico, com diferentes mecanismos de ação, como parasitismo, antibiose, competição e indução de resistência de plantas está o gênero *Trichoderma* (SOUZA *et al.*, 2021), dentre outros tipos de inoculantes também vêm sendo integrados ao sistema de produção.

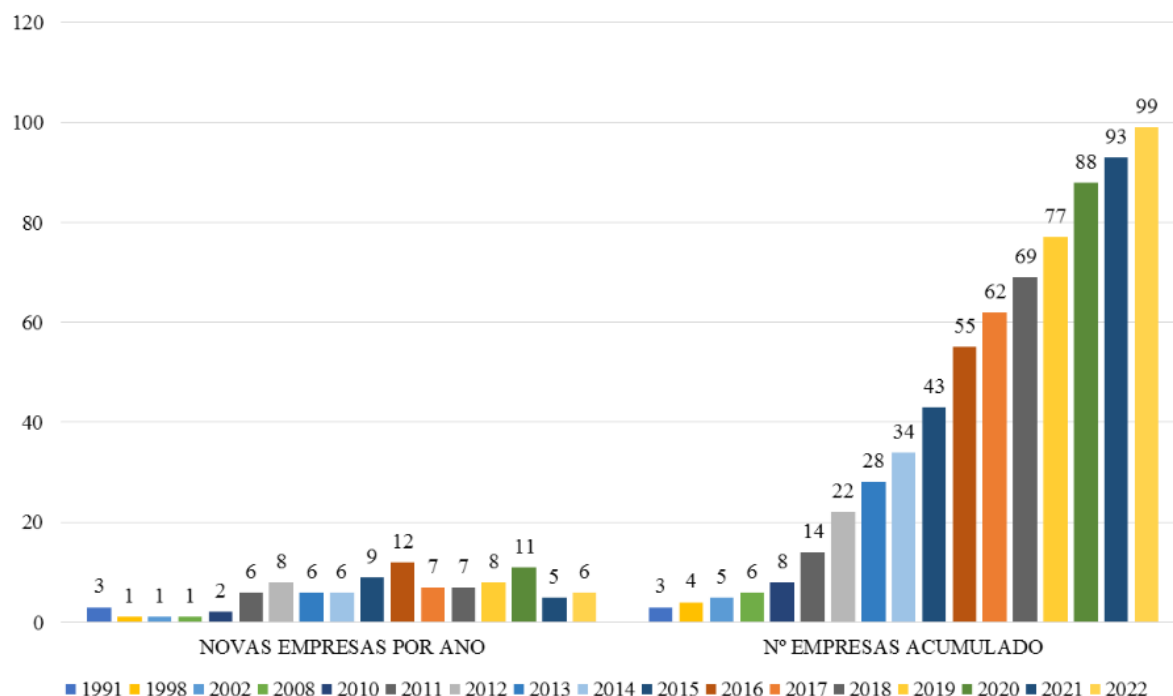
Os programas de políticas públicas e ações governamentais incentivaram não somente o uso de bioinsumos no país, mas também a produção em maior escala. Vidal; Dias (2023), em seu estudo sobre bioinsumos a partir das contribuições da agroecologia, os autores trazem dados sobre quantidade de produtos biológicos registrados para controle de insetos e doenças no Brasil (Figura 4) e o número de novos organismos registrados por ano, evidenciando o estímulo dado pelo governo, a partir de 2010 à novas empresas possibilitando-as crescimento (Figura 5).

FIGURA 4 – NÚMERO DE ORGANISMOS DISPONÍVEIS POR ANO REGISTRADOS NO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA, DISPONÍVEIS NA BASE DE DADOS DO AGROFIT, PARA CONTROLE BIOLÓGICO DESDE 1991 ATÉ JULHO DE 2022.



FONTE: Vidal; Dias (2023, p. 181).

FIGURA 5 – NÚMERO DE EMPRESAS COM REGISTRO DE PRODUTOS PARA CONTROLE BIOLÓGICO NO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA, DISPONÍVEIS NA BASE DE DADOS DO AGROFIT, ENTRE 1991 E JULHO DE 2022.



FONTE: Vidal; Dias (2023, p. 182).

Frente a grande demanda por produtos mais sustentáveis, os bioinsumos são uma grande aposta no momento, visto que podem contribuir para definir diretrizes e

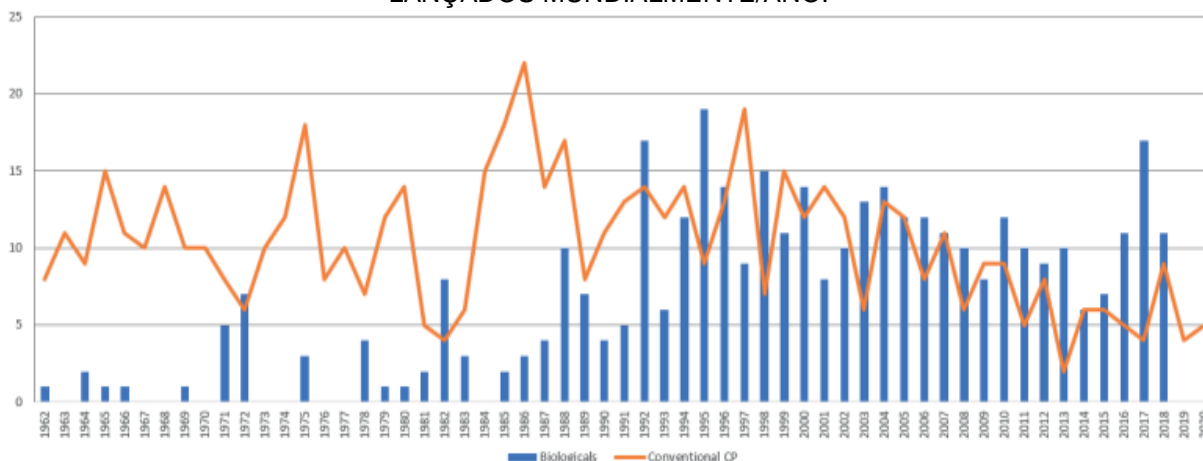
instrumentos para restringir o acesso dos agricultores aos agrotóxicos e promover alternativas tecnológicas. Além de estarem disponíveis para todos os tipos de produtores, grandes ou pequenos, orgânicos ou convencionais, bem como, utilizar-se do estoque nacional de recursos biológicos visando reduzir a dependência de insumos importados de outros países (SABOURIN *et al.*, 2021).

Diante da crise sanitária que afetou mundialmente a economia, muitas empresas e produtos sofreram quedas de produtividade e vendas, afetando diversos setores de produção. E no setor agrário a situação não foi diferente, entretanto, no Brasil o incentivo público e as ações governamentais, juntamente com a eficácia dos produtos de base biológica, devido a suas vantagens econômicas e ecológicas, alavancaram o crescimento do mercado de bioinsumos no país (SOUZA; CASTILHO; MACEDO, 2022).

Um exemplo de acesso facilitado para todos os públicos e considerado uma das iniciativas públicas de fato concretizadas, foi o lançamento do aplicativo bioinsumos, desenvolvido pela Embrapa em parceria com outras instituições, que oferece as opções de bioinsumos cadastradas pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) no Catálogo Nacional de Bioinsumos, e informações importantes sobre o uso de bioinsumos agricultura, também sobre inoculantes e pragas. Esse aplicativo facilita para produtores e demais interessados que buscam mais sustentabilidade no campo e está disponível para aparelhos com sistemas iOS e Android (Embrapa, 2020).

Dentre a gama de bioinsumos produzidos, os mais utilizados são os de controle biológico, esse fato ocorre especialmente pela pressão e rigidez dos órgãos regulatórios sobre os defensivos químicos, tornando o processo de lançamento de um novo produto demorado e oneroso, aliado “à redução das opções de controle de pragas e doenças, devido à perda de efetividade de alguns ativos químicos, acelerada pelo uso intensivo e consequente surgimento de resistência” (MEYER *et al.*, 2022 p.40). Juntamente com a rapidez com que as moléculas biológicas podem ser desenvolvidas e lançadas perante as moléculas químicas, e ainda seu uso ter diferentes modos de ação, facilitando um uso mais amplo (MEYER *et al.*, 2022). Desta forma, para esses autores enquanto os produtos químicos convencionais apresentam predisposição a queda, os produtos biológicos estão em vasto crescimento (Figura 6).

FIGURA 6 – TENDÊNCIA DOS NOVOS PRODUTOS BIOLÓGICOS E CONVENCIONAIS LANÇADOS MUNDIALMENTE/ANO.



Fonte: Meyer *et al.* (2022 p.41).

O último ato que ocorreu com relação a regulamentação foi a Portaria do MAPA nº 530, de 14 de dezembro de 2022, que entrou em vigor em janeiro de 2023 e que instituiu no âmbito do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a Rede de Inovação em Bioinsumos do Programa Nacional de Bioinsumos.

Art. 2º A Rede de Inovação em Bioinsumos tem por objetivo proporcionar a interação entre órgãos e entidades, públicos ou privados, com vistas ao uso de microrganismos no desenvolvimento de soluções para a produção agropecuária, facilitando a conservação e, em especial, o uso da biodiversidade dos diversos biomas brasileiros de forma sustentável.

Parágrafo único. Para facilitar a comunicação entre pessoas físicas, jurídicas e outras entidades que interagem no tema desta Portaria, a Rede de Inovação em Bioinsumos terá um sítio eletrônico constituído por módulos, nos temas e ações que envolvem coleções de microrganismos, inovação aberta, laboratórios multiusuários e bioinsumos em geral, dentre outros (BRASIL, 2022).

Diante do exposto, pode-se notar que o mercado mundial de bioinsumos tem grande potencial de crescimento frente as regulamentações vigentes e as estratégias futuras governamentais o mercado tanto mundial, mas especialmente o nacional que se destaca por conta da grande biodiversidade existente no país, permitindo o estudo de uma ampla gama de microrganismos.

3.3 MICRORGANISMOS MAIS UTILIZADOS

3.3.1 *Trichoderma* sp.

Os fungos do gênero *Trichoderma* vêm sendo cada vez mais utilizados como opção para a agricultura sustentável, especialmente no controle de doenças fitopatogênicas, na promoção de crescimento vegetal, parasitismo, antibiose, competição e indução de resistência (MACHADO *et al.*, 2012).

Bem como, no aumento da eficiência do uso do Nitrogênio, possibilitando incremento de produtividade e redução nos impactos causados por estresse salino (MEYER; MAZARO; SILVA, 2019). Existe uma grande variedade de interações proporcionadas por espécies desse gênero, como: competição sinérgica, antagônica, bioquímica e física, além de ótimos solubilizantes de fosfato, tornando o Fósforo disponível para as plantas auxiliando no crescimento e desenvolvimento vegetal (CANO, 2011).

3.3.2 *Bacillus* sp.

Bactérias do gênero *Bacillus* vêm sendo amplamente empregados como biopesticidas, pois são capazes de produzir compostos com ação antimicrobiana, nematicida e inseticida. Bem como, podem atuar na promoção de crescimento vegetal, aumentando a capacidade das plantas em tolerar variadas formas de estresses e melhorando a absorção de nutrientes das plantas (POVEDA; GONZÁLEZ-ANDRÉS, 2021).

Também estão presentes no processo de fixação biológica de Nitrogênio, solubilização de Fósforo, produção de fitohormônios, auxiliam na absorção de nutrientes e dessa forma, afetam positivamente o desenvolvimento das plantas, além de promoverem a resistência sistêmica induzida (GOVINDASAMY *et al.*, 2010).

A espécie mais conhecida desse gênero é a *Bacillus thuringiensis*, que apresenta as toxinas inseticidas (Bt) (WHALON; WINGERD, 2003). Essa espécie apresenta como principal característica a produção de cristais conhecidas como δ -endotoxinas ou proteínas inseticidas *Cry*, com ação tóxica especialmente para larvas de lepidópteros e coleópteros, que tem seu sistema digestivo destruído ao se alimentarem de folhas das plantas contendo a proteína *Bt Cry* (SANCHIS,

BOURGUET, 2008). Os mesmos autores, salientam que por conta dessa característica bionseticida altamente eficaz, novas cultivares de plantas foram lançadas nos últimos anos com a proteína *Bt Cry* e são utilizadas mundialmente para controle desse tipo de praga.

3.3.3 *Bradyrhizobium* sp. e *Azospirillum*

O processo de fixação biológica de nitrogênio realizado por algumas bactérias, é uma forma sustentável de produção no Brasil, visto que traz vários benefícios aos produtores, bem como, por vezes, dispensa o uso de fertilizantes químicos, se tornando uma forma sustentável de se produzir, sem danificar o meio ambiente (PRANDO *et al.*, 2022).

A fixação biológica de nitrogênio se dá através da simbiose entre algumas bactérias e as raízes das plantas leguminosas, são exemplos de bactérias que vêm sendo amplamente utilizadas, especialmente na cultura da soja, são os gêneros *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*, podendo haver a formação de nódulos nas raízes das plantas, dentro desses nódulos abrigam-se as bactérias que em contrapartida, convertem o N indisponível para as plantas, em compostos nitrogenados que são facilmente absorvidos pela planta hospedeira (PRANDO *et al.*, 2022).

Além da fixação biológica de N, bactérias desse gênero também podem auxiliar na solubilização de fosfatos, na promoção de crescimento, através da produção de hormônios como: auxinas, giberelinas, citocinina e etileno, melhorando assim a nutrição da planta, deixando-as mais resistentes a doenças e estresses (HUNGRIA; NOGUEIRA; ARAUJO, 2015; MEENA *et al.*, 2017).

A inoculação com *Azospirillum*, também pode proporcionar outros benefícios, que está diretamente relacionado ao maior acúmulo, crescimento e desenvolvimento das raízes, proporcionado assim, aumento da absorção de água e nutrientes, tornando as plantas mais tolerantes a estresses bióticos e abióticos e ao ataque de patógenos, bem como, maior teor de clorofila, biomassa foliar e altura de plantas (HUNGRIA, 2011).

3.4 BIOFÁBRICAS

É notório o crescimento do mercado brasileiro de bioinsumos, especialmente após uma abertura regulatória dada no final de julho de 2009, com a publicação do Decreto de nº 6.913, de 23 de julho de 2009, que alterou o Decreto nº 4.074, de 2002 (BRASIL, 2009): § 8º “Ficam isentos de registro os produtos fitossanitários com uso aprovado para a agricultura orgânica produzidos exclusivamente para uso próprio.” Esse decreto dispensou o registro, nessas condições e desde então o crescimento do uso de microrganismos tem aumentado exponencialmente.

Após esse decreto são lançados dois novos programas nacionais – PNAPO (2012) e PLANAPO (2013). E mais recentemente, um novo Decreto foi aprovado nº 10.833, de 7 de outubro de 2021 (BRASIL, 2021), alterando novamente o mesmo inciso: § 8º “Ficam isentos de registro os produtos fitossanitários com uso aprovado para a agricultura orgânica produzidos exclusivamente para uso próprio em sistemas de produção orgânica ou convencional”. Ou seja, a partir de então não é mais necessário registro não apenas para agricultura orgânica, mas também convencional.

E diante desse cenário de crescimento do uso de produtos biológicos, tornou-se atrativo a produção de microrganismos pelos próprios produtores rurais, chamadas de produção *on farm* ou na própria fazenda. Nesse sentido, surgem as biofábricas, definidas pelo MAPA, como:

Estruturas de produção de bioinsumos, conforme normas adequadas, a serem fomentadas nas diferentes regiões do país, estimulando as inovações no agro, abrangendo os aspectos da bioeconomia, e envolvendo cooperativas, pequenos e médios agricultores e produtores, startups e empresas de médio porte (MAPA, 2023).

Alguns microrganismos possuem potencial benéfico e ocorrem naturalmente na natureza, sendo os grupos de maior interesse os bioestimulantes e os biopesticidas, compostos em sua grande maioria, por bactérias e fungos, que vêm sendo amplamente utilizados atualmente na produção de bioinsumos no segmento agrícola (SANTOS; DINNAS; FEITOZA, 2020).

3.4.1 Benefícios e riscos

Entretanto, nos últimos anos com o crescimento da produção de inoculantes “*on farm*”, e a falta de controle de qualidade nos sistemas de produção, com grande variação em relação as instalações e ao padrão mínimo de qualidade e pureza dos microbiológicos (BOCATTI *et al.*, 2022). Pois muitas vezes, essa produção de microrganismos está sendo realizada em tanques ou caixas d’água em ambientes abertos, sem o menor controle de contaminação externa, esse fato tem sido um grande fator de risco para a saúde humana e dos ecossistemas (BOCATTI *et al.*, 2022).

Lana *et al.* (2022), avaliaram a qualidade de inoculantes a base de *Bacillus* produzidos “*on farm*” e concluíram “que as amostras avaliadas utilizadas como promotores de crescimento de plantas, estão altamente contaminadas com microrganismos não-alvo, com potencial risco para saúde humana, animal e ao meio ambiente”.

Bocatti *et al.* (2022), em seu trabalho sobre a qualidade microbiológica de inoculantes produzidos “*on farm*”, relatam que entre 84 isolados bacterianos analisados, 44% eram semelhantes a espécies ou gêneros potencialmente patogênicos para humanos, sendo eles: *Enterococcus*, *Acinetobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Stenotrophomonas*, *Enterobacter*, *Burkholderia*, *Atlantibacter*, *Bacillus*, *Escherichia*, *Kocuria*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas* e *Staphylococcus*.

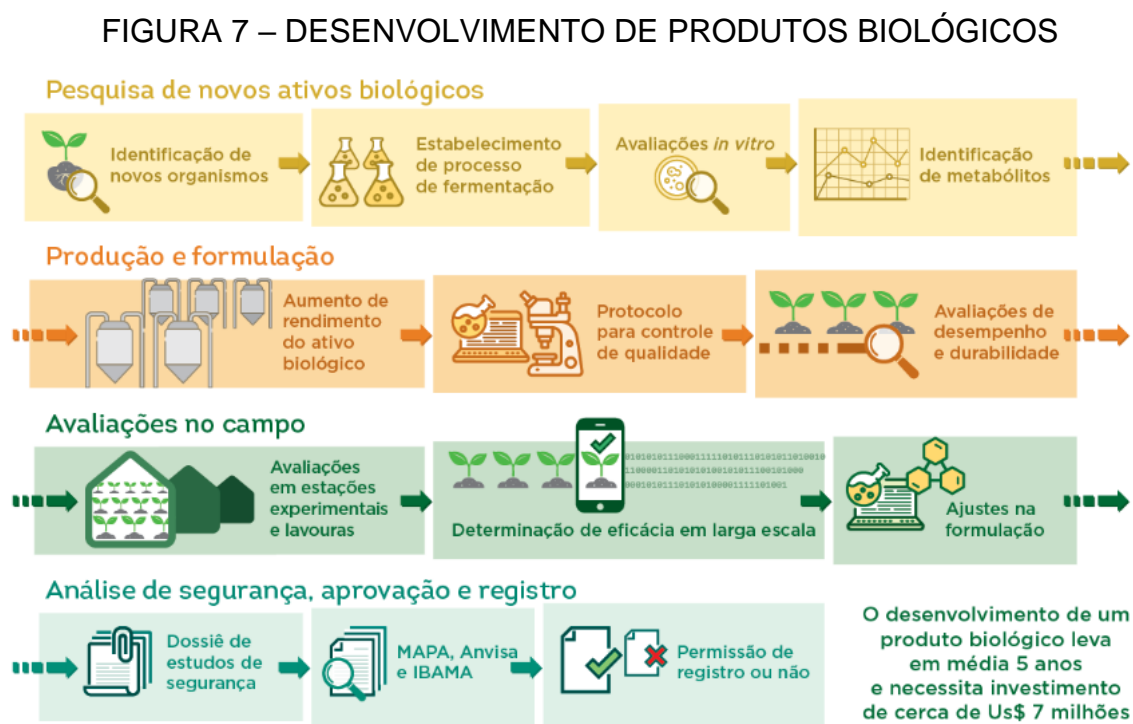
Kumari *et al.* (2022), relatam sobre a importância dos inoculantes microbianos para a agricultura sustentável. Entretanto, os mesmos autores enfatizam sobre os riscos que a produção desses microrganismos pode causar a saúde humana, como por exemplo, os gêneros *Pseudomonas*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Acinetobacter*, encontrados em inúmeros inoculantes. Estes gêneros de microrganismos podem causar várias patologias em seres humanos, como: septicemia, gastroenterite, infecções de feridas, inflamação no sistema respiratório, meningite, além de agravar doenças de gravidade variada em pessoas imunocomprometidas e/ou alguma comorbidade (KUMARI *et al.*, 2022).

Nesse sentido, conforme citado no decorrer de toda essa revisão são notórios os inúmeros benefícios dos microrganismos na agricultura. Entretanto, sua fabricação própria deve ser feita de forma, a respeitar padrões de qualidade de fabricação e de

material biológico, visando minimizar ao máximo as contaminações e os riscos para a saúde humana, animal e ao meio ambiente (BOCATTI *et al.*, 2022).

3.4.2 Parâmetros de produção

Segundo a CropLife (2023), a produção de um produto de origem biológica, leva em aproximadamente cinco anos para o seu desenvolvimento, desde a escolha dos microrganismos potenciais até a sua aprovação pelos órgãos competentes e registro final. Na figura 7, observa-se o esquema de produção de produtos biológicos da CropLife.



Fonte: Marrone Bio Innovations, 2019

Fonte: CropLife (2023).

Para a produção “*on farm*”, seja para agricultura orgânica ou convencional a necessidade de registro foi dispensada, dessa forma, há uma gama de variações com relação as variadas formas de produção, referentes às instalações, estruturas, parâmetros de qualidade, qualidade dos microrganismos. Existe uma lacuna quanto a um padrão de qualidade a ser seguido, possibilitando que cada produtor siga suas próprias orientações.

A Embrapa, está envolvida junto com MAPA no desenvolvimento e aplicação de insumos biológicos para a agricultura brasileira. Perante o crescimento dos produtos caseiros, seus pesquisadores têm alertado para a regulamentação dessa atividade, dado o risco de que produtos de má qualidade possam denegrir a boa imagem dos bioinsumos, construídos ao longo de anos, com perda da confiança do produtor (EMBRAPA, 2021).

Dessa forma, em Nota Técnica lançada pela Embrapa em 2021, ficam exigidos três princípios básicos que devem ser observados na produção de insumos biológicos por produtores de produção “on farm”:

- 1) Os microrganismos utilizados na produção na fazenda têm que constar das listas oficiais e serem adquiridos em bancos de germoplasma credenciados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa).
- 2) O produtor de bioinsumos precisa se cadastrar junto ao Ministério.
- 3) É necessário um responsável técnico habilitado para a produção de bioinsumos nas fazendas.

Porém, conforme supracitado, no que tange as condições de instalações, estruturas e demais controle de qualidade, ainda há necessidade de novas regulamentações que forneçam informações e critérios a serem seguidos, para que sejam mais rigorosas a formas de produção, visando a máxima redução de contaminação e risco a saúde humana, animal e ambiental.

4 RESULTADOS – AVANÇOS E DESAFIOS

Considerando a revisão realizada, pode-se considerar como os principais avanços e desafios:

4.1 AVANÇOS

- Instituída a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica – PNAPO
- Criação do Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica que contempla o Programa Bioinsumos
- Surgimento de grande diversidade agentes biológicos
- Constituição de empresas para o fornecimento de equipamentos e insumos

4.2 DESAFIOS

- Instituir o programa Nacional de Bioinsumos contemplado no Programa Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica
- Melhorar o processo produtivo, considerando parâmetros de qualidade e segurança no processo produtivo “*on farm*”.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fica nítida a importância dos bioinsumos para a agricultura atualmente, a contrapartida governamental foi primordial para o avanço da produção e consumo desses produtos. Entretanto, dado o aumento na produção caseira, sem fiscalização, a implementação de novas normas e procedimentos padrões, além de um rigoroso controle de qualidade, se fazem necessários, para que a produção esteja livre de contaminação e não se torne um risco para humanos, animais e o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto nº 6.913, de 23 de julho de 2009. Acresce dispositivos ao Decreto no 4.074, de 4 de janeiro de 2002, que regulamenta a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989, 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. Brasília, DF, 23 de julho de 2009. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6913.htm. Acesso em: 04/07/2023.

BRASIL. Decreto nº 7.794, de 20 de agosto de 2012. Institui a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica. Brasília, DF, 20 de agosto de 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7794.htm. Acesso em: 26/04/2023.

BRASIL. Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020. Institui o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos. Brasília, DF, 26 de maio de 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10375. Acesso em: 26/04/2023.

BRASIL. Decreto nº 10.833, de 7 de outubro de 2021. Altera o Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, que regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, 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. Brasília, DF, 7 de outubro de 2021. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/decreto/D10833.htm. Acesso em: 04/07/2023.

BRASIL AGROECOLÓGICO: Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica – Planapo: 2016-2019/Câmara Interministerial de Agroecologia e Produção Orgânica. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2016. 89 p.

BUENO, A. F. *et al.* Compatibilidade no uso de bioinsumos e insumos sintéticos no manejo da cultura da soja. *In: Bioinsumos na cultura da soja*. Brasília - DF: Embrapa, 550 p. 2022.

CANO, M. A. Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. Una revisión. **Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica**, v. 14, n. 2, p. 15-31, 2011.

LAGLER, J. C. Bioinsumos: distintas percepciones haciendo foco en la fertilización biológica. **Agronomía & Ambiente**, v. 37, n. 1, 2017.

Embrapa. **Tecnologias:** aplicativo bioinsumos. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/7227/aplicativo-bioinsumos>. Acesso em 28/04/2023.

GOVINDASAMY, V. *et al.* *Bacillus* e *Paenibacillus* spp.: potencial PGPR para agricultura sustentável. Crescimento de plantas e bactérias promotoras da saúde , p. 333-364, 2011.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa Soja. 36p. Documentos/Embrapa Soja, ISSN 1516-781X, n.325. 2011.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M.; ARAUJO, R. Soybean seed co-inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense*: a new biotechnological tool to improve yield and sustainability. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, n. 06, p. 811, 2015.

MACHADO, D. F. M. *et al.* *Trichoderma* no Brasil: o fungo e o bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 274-288, 2012.

MEENA, R. S. *et al.* Response and interaction of *Bradyrhizobium japonicum* and arbuscular mycorrhizal fungi in the soybean rhizosphere. **Plant Growth Regulation**, v. 84, p. 207-223, 2018.

MEYER, M. C.; MAZARO S. M.; SILVA J. C. *Trichoderma*: uso na agricultura. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 538 p.

MEYER, M. C. *et al.* **Bioinsumos na cultura da soja**. Brasília - DF: Embrapa, 550 p. 2022.

Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA. Conceitos: Conheça a base conceitual do Programa Nacional de Bioinsumos. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/o-programa/conceitos>. Acesso em: 26/04/2023.

Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA. Biofábricas de Bioinsumos. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/o-programa/biofabricas-de-bioinsumos>. Acesso em: 04/07/2023.

POVEDA, J.; GONZÁLEZ-ANDRÉS, F. *Bacillus* as a source of phytohormones for use in agriculture. **Applied Microbiology and Biotechnology**, p. 1-17, 2021.

PETERSEN, P. F.; VON DER WEID, J. M.; FERNANDES, G. B. Agroecologia: reconciliando agricultura e natureza. **Informe Agropecuário. Belo Horizonte**, v. 30, n. 252, p. 07-15, 2009.

PRANDO, A. M. *et al.* **Coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na safra 2020/2021 no Paraná**. Circular Técnica 181. ISSN 2176-2864.

SABOURIN, E. *et al.* **A ação pública de adaptação da agricultura à mudança climática no nordeste semiárido brasileiro**. 1. ed. Rio de Janeiro: E-papers, 2021. 282 p.

SANCHIS, V.; BOURGUET, D. *Bacillus thuringiensis*: applications in agriculture and insect resistance management. A review. **Agronomy for sustainable development**, v. 28, p. 11-20, 2008.

SANTOS, A. F. J.; DINNAS, S. S. E.; FEITOZA, A. F. A. Qualidade microbiológica de bioprodutos comerciais multiplicados on farm no Vale do São Francisco: dados preliminares. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 34, 2020.

SERRA, L. S. *et al.* Revolução Verde: reflexões acerca da questão dos agrotóxicos. **Revista Científica do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB**, v. 1, n. 4, 2016.

SILVA, A. C. B. *et al.* Uso e efeito dos bioinsumos na agricultura. *In*: **Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil**. São Paulo: Editora Científica Digital. v. 4. cap. 12. p. 192-205. 2022.

SOUZA, F. P.; CASTILHO, T. P. R.; MACEDO, L. O. B. Um marco institucional para os bioinsumos na agricultura brasileira baseado na economia ecológica. **Sustain Debate Brasília**, v. 13, n. 1, p. 266-285, 2022.

VIDAL, M. C.; SALDANHA, R.; VERISSIMO, M. A. A. Bioinsumos: o programa nacional e a sua relação com a produção sustentável. *In*: **Sanidade vegetal: uma estratégia global para eliminar a fome, reduzir a pobreza, proteger o meio ambiente e estimular o desenvolvimento econômico sustentável**. GINDRI, D. M.; MOREIRA, P. A. B.; VERISSIMO, M. A. A. Florianópolis: CIDASC, p. 382-409, 2020.

VIDAL, M. C. *et al.* Bioinsumos: a Construção de um Programa Nacional pela Sustentabilidade do Agro Brasileiro. **Economic Analysis of Law Review**, v. 12, n. 3, p. 557-574, 2021.

WHALON, M. E.; WINGERD, B. A. Bt: mode of action and use. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**: Published in Collaboration with the Entomological Society of America, v. 54, n. 4, p. 200-211, 2003.