



Escola Nacional de Administração Pública

ESCOLA NACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA

**PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM AVALIAÇÃO
E MONITORAMENTO DE POLÍTICAS PÚBLICAS**

**PROGRAMA NACIONAL DE BIOINSUMOS:
PROPOSIÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO
DE BIOFÁBRICAS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Vanessa Lucas Xavier

BRASÍLIA - DF
2022

PROGRAMA NACIONAL DE BIOINSUMOS: PROPOSIÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE BIOFÁBRICAS

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Avaliação e Monitoramento de Políticas Públicas da Escola Nacional de Administração Pública – ENAP como requisito para obtenção do título de Mestre em Avaliação e Monitoramento de Políticas Públicas.

Aluna: Vanessa Lucas Xavier

Orientador: Roberto Wagner da Silva Rodrigues

BRASÍLIA - DF

2022

X3p Xavier, Vanessa Lucas

Programa Nacional de Bioinsumos: proposição de um sistema de monitoramento de biofábricas / Vanessa Lucas Xavier. -- Brasília: Enap, 2022.

87 f. : il.

Dissertação (Mestrado -- Programa de Mestrado em Avaliação e Monitoramento de Políticas Públicas) -- Escola Nacional de Administração Pública, 2022.

Orientação: Roberto Wagner da Silva Rodrigues.

1. Sustentabilidade. 2 Agricultura. 3. Biodiversidade. 4. Políticas Públicas. I. Título. II. Rodrigues, Roberto Wagner da Silva orient.

CDD 658.408

VANESSA LUCAS XAVIER

**PROGRAMA NACIONAL DE BIOINSUMOS:
PROPOSIÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE
BIOFÁBRICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Avaliação e Monitoramento de Políticas Públicas da Escola Nacional de Administração Pública – ENAP como requisito para obtenção do título de Mestre em Avaliação e Monitoramento de Políticas Públicas.

Defendida em 14 de setembro de 2022.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Roberto Wagner da Silva Rodrigues – ENAP

Prof^ª Dra. Regina Luna Santos de Souza – ENAP

Prof^ª Dra. Mariane Carvalho Vidal – EMBRAPA

BRASÍLIA

2022

“A agricultura é a arte de saber esperar.”

Richardo Bacchelli

AGRADECIMENTOS

Meu obrigada à ENAP e aos queridos professores pela oportunidade de abrir a minha mente e poder aprender tanto sobre Políticas Públicas no Brasil.

Especial agradecimento ao meu orientador – Professor Roberto – pelos ensinamentos e suporte durante a caminhada desta pesquisa e escrita da dissertação; sem ele não teria sido possível chegar a esse resultado.

Meu eterno obrigada aos meus pais amados pelo incentivo aos estudos desde a infância e por sempre acreditarem nos meus propósitos e projetos acadêmicos.

Ao Gabriel, meu parceiro de vida, pela paciência, pela troca e pelo companheirismo. Por estudar comigo na BCE durante a minha preparação para seleção de mestrado, por aguentar as diversas aulas virtuais durante a pandemia (e talvez até aprender junto), por escutar meus ensaios de apresentação de trabalho, por me encorajar e me fazer crer que seria possível chegar até o final!

Aos meus chefes e amigos de trabalho na Anvisa, Caio e Marina, pela compreensão nessa trajetória, desde a liberação para cursar o mestrado, compensações de agenda em virtude da condução do curso concomitante à rotina de trabalho e por ter permitido o tempo da licença para capacitação para escrita desta pesquisa.

Aos meus amigos, obrigada por entenderem a ausência em alguns momentos e por me apoiarem e acreditarem em mim – sempre com aquela frase “*já deu certo!*”.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Anvisa – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

Cnapo – Comissão Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MPR – Mapa de Processos e Resultados

Ibama – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

ONU – Organização das Ações Unidas

Planapo – Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica

PNB – Programa Nacional de Bioinsumos

PPA – Plano Plurianual

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Quantitativo de biofábricas por estado brasileiro.

Tabela 2. Características das propriedades e biofábricas visitadas.

Tabela 3. Microrganismos contaminantes, limites aceitos e meios de cultura indicados para condução do ensaio de detecção. Fonte: Monnerat (2020)

Tabela 4. Proposta de *check-list* para produção de um bioinsumo seguro.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de produtos biológicos para controle de pragas.

Figura 2. Histórico de registro de produtos de base biológica no Brasil (BRASIL, 2021).

Figura 3. Teoria da Mudança proposta para o PNB (elaboração própria da pesquisadora).

Figura 4. Mapa de Processos e Resultados do PNB (elaboração própria da pesquisadora).

Figura 5. Objetivos estratégicos do Programa Nacional de Bioinsumos (MAPA, 2020).

Figura 6. Arquitetura do Programa Nacional de Bioinsumos.

Figura 7. Painel de controle da produção.

Figura 8. Planta baixa de uma biofábrica nos moldes das instalações visitadas (elaborada pela autora).

Figura 9. Área destinada ao armazenamento de insumos.

Figura 10. Tanques de fermentação em aço inoxidável com capacidade de 1000L cada em área refrigerada.

Figura 11. Tanques de fermentação em aço inoxidável com capacidade de 1500L cada.

Figura 12. Reservatórios de 1000L em inox para armazenamento/recirculação.

Figura 13. Laboratório de controle de qualidade da biofábrica A.

Figura 14. Vista externa de biofábrica em sistema de contêiner instalada na fazenda C.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Distribuição das biofábricas entrevistadas com produção *on farm* pelo território brasileiro.

Gráfico 2. Categorização dos respondentes com base no sistema produtivo.

Gráfico 3. Data de início do funcionamento da biofábrica (*on farm*) considerando o marco da publicação do PNB.

Gráfico 4. Diferentes finalidades de uso dos bioinsumos em campo.

Gráfico 5. Culturas mencionadas pelos produtores nas quais são aplicados os bioinsumos.

Gráfico 6. Frequência em que foram mencionados os desafios identificados para implementar uma biofábrica.

Gráfico 7. Exemplificação de monitoramento dos resultados do ensaio de identificação do microrganismo multiplicado no bioinsumo produzido.

Gráfico 8. Exemplificação de monitoramento dos resultados do ensaio de quantificação do microrganismo multiplicado no bioinsumo produzido.

RESUMO

A fim de atender à crescente demanda do setor produtivo e da sociedade em buscar alternativas de insumos de base biológica para os sistemas agropecuários e de produtos cada vez mais sustentáveis, em maio de 2020, foi publicado o Decreto nº 10.375, o qual criou o Programa Nacional de Bioinsumos (PNB). Dada a importância da finalidade do programa, qual seja ampliar e fortalecer a utilização de bioinsumos no país para beneficiar o setor agropecuário e, uma vez que o referido programa é um instrumento da Política Agrícola Brasileira, propõe-se investigar a implementação do programa no que diz respeito a uma de suas principais ferramentas, as biofábricas. A investigação mapeia e traça um diagnóstico das condições de funcionamento de uma amostra de biofábricas instaladas em propriedades que produzem os seus próprios bioinsumos e contribui com um desenho de um sistema de monitoramento para acompanhar o grau de segurança biológica dos processos de produção de bioinsumos. As informações geradas podem ser usadas para subsidiar a tomada de decisões e o aprimoramento do programa. Os resultados dessa pesquisa visam contribuir com a melhoria de todo o processo, de forma que sirva de ferramental aos atores envolvidos para guiar e priorizar as ações a serem conduzidas.

Palavras-chave: controle biológico; agricultura; sustentabilidade; programa nacional de bioinsumos; biofábricas; bioinsumos; segurança alimentar; saúde humana; biodiversidade; segurança biológica; pragas agrícolas; monitoramento; avaliação; políticas públicas.

ABSTRACT

In order to meet the growing productive sector and society demand for bioinputs as alternative in agricultural systems and for even more sustainable products, on May 2020, it was published the Decree n. 10,375, which created the National Program of Bioinputs. Considering the importance of the program purpose, that is expand and strengthen the use of bioinputs in the country to benefit the agricultural and livestock sectors and, since the program is an instrument of Brazilian Agricultural Policy, it's proposed to investigate the program implementation concerning one of its main tools, the biofactories. Taking a sample, the investigation maps and traces a diagnosis around working conditions of some biofactories installed in properties that produce their own bioinputs and contributes to a monitoring system to assess the biological security degree of bioinputs manufacturing. The information generated can be used for supporting the decision-making and the program improvement. The results of this research intend to contribute to the improvement of the entire process, so that it works as a tool to guide and prioritize the actions to be carried out by the actors involved.

Keywords: biological control; agriculture; sustainability; national program of bioinputs; biofactories; bioinputs; food security; biological security; human health; biodiversity; agricultural pests; monitoring; evaluation; public policies.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - Introdução.....	14
CAPÍTULO 2 - Revisão teórica	18
2.1 Aspectos históricos e enquadramento da agricultura brasileira.....	18
2.2 Bioinsumos	22
2.3 Segurança Biológica.....	26
CAPÍTULO 3 - O Programa Nacional de Bioinsumos	28
3.1 Política Agrícola Nacional e o PNB	28
3.2 Histórico do Programa Nacional de Bioinsumos	29
3.3 Análise Avaliativa do Programa.....	31
3.4 Bioeconomia e o Programa Nacional de Bioinsumos	39
3.5 Financiamento do Programa Nacional de Bioinsumos	40
CAPÍTULO 4 – Um Diagnóstico das Biofábricas	43
4.1 Biofábricas – Produção para uso próprio	43
4.2 Condições operacionais e parâmetros de qualidade das biofábricas	46
4.3 Mapeamento das Biofábricas.....	48
CAPÍTULO 5 – Desenho de um sistema de monitoramento das biofábricas	66
6. Conclusão	74
7. Limitantes da pesquisa	77
Referências	78

CAPÍTULO 1 - Introdução

A transformação e o crescimento do setor agropecuário brasileiro nas últimas décadas são nítidos. O Brasil passou de um país importador de alimentos para se estabelecer como um dos maiores produtores e exportadores de *commodities* agrícolas (CNA, 2021). Vários fatores contribuíram para essa mudança, entre eles, o investimento em pesquisa, o desenvolvimento da infraestrutura e os fatores climáticos e ambientais favoráveis (ALVES, SOUZA e MARRA, 2008). A literatura enquadra e define a conjunção de todos esses fatores como agricultura tropical (MUELLER e MUELLER, 2014; ALVES, SOUZA e MARRA, 2008).

O sucesso da agricultura tropical brasileira é resultado da disponibilidade de recursos naturais, das políticas públicas, das competências técnico-científicas, da geração de tecnologias e do empreendedorismo dos agricultores, que foram cruciais para o desenvolvimento agrícola do país (EMBRAPA, 2018; ALVES, SOUZA e MARRA, 2008). No entanto, juntamente com esse êxito, adveio uma grande demanda pelo uso de produtos agrotóxicos¹.

Além de questões conceituais, o uso desses produtos no país ainda provoca muitas divergências quando o assunto é abordado (MORAES, 2019). Enquanto uns alegam que esses produtos são imprescindíveis para o setor produtivo e tido para muitos como indispensáveis para controlar as pragas e doenças que ameaçam as taxas de produtividade no campo, outros defendem o combate ao seu uso indiscriminado e apontam os riscos para o meio ambiente e para a saúde humana, os quais precisam ser gerenciados e mitigados em defesa da sustentabilidade econômica, ambiental e social da agricultura (LOPES, 2017).

Diversas organizações da sociedade civil (CONDRAF, 2014) têm apontado os impactos ambientais do uso de agrotóxicos pela agricultura convencional e seus efeitos sobre a segurança alimentar. O argumento é que sem a sustentabilidade² adequada não seria possível garantir a oferta de alimentos à população a longo prazo (KAMIYAMA, 2014).

¹ Segundo o Instituto Nacional do Câncer (INCA) (2021), agrotóxicos são “produtos químicos sintéticos usados para matar insetos, larvas, fungos, carrapatos sob a justificativa de controlar as doenças provocadas por esses vetores e de regular o crescimento da vegetação, tanto no ambiente rural quanto urbano”. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), são registradas 20 mil mortes por ano pelo consumo de agrotóxicos. Fonte: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/agrotoxico> (acesso em 03 de agosto de 2022).

² O conceito de sustentabilidade é crucial para a compreensão dos propósitos deste trabalho. Adotou-se aquele definido pela ONU, em 1987, que estabelece que uma ação sustentável é aquela que satisfaz as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das próximas gerações de satisfazer suas próprias necessidades no futuro. Assim, cabe dizer que o alcance da meta de viabilizar uma agricultura mais sustentável vai ao encontro do

O uso demasiado de agrotóxicos é corroborado pelos dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) que coloca o Brasil entre os países que mais consomem agrotóxicos no mundo (FAOSTAT, 2021). Em decorrência, os problemas do uso inadequado de agrotóxicos configuram-se como um grande obstáculo para o agricultor e o consumidor brasileiros: alto custo financeiro, eventos danosos e agressivos à saúde e ao ambiente.

Tendo em vista a necessidade real de garantir uma oferta de alimentos seguros à população brasileira e, sendo o Brasil um grande produtor mundial de alimentos, surge, assim, o desafio de tornar viável uma agricultura que utilize cada vez menos insumos químicos e cada vez mais opte por soluções de base biológica e sustentáveis. Dessa forma, na expectativa de reduzir o uso de agrotóxicos e caminhar ao encontro das demandas do consumidor e do mercado, tanto nacional como internacional (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2018), o Governo Federal publicou o Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020, que criou o Programa Nacional de Bioinsumos (PNB).

O programa tem como finalidade ampliar e fortalecer a utilização de bioinsumos no Brasil (VIDAL, AMARAL, *et al.*, 2021)³, que são alternativas mais sustentáveis e, para isso, disponibiliza um conjunto estratégico de ações para o desenvolvimento de alternativas para a produção agrícola, considerando as dimensões econômicas, sociais, produtivas e ambientais. O programa visa estimular a adoção de ativos sustentáveis baseados no uso de tecnologias, produtos e processos desenvolvidos a partir de recursos renováveis, por meio da ação integrada dos setores de ciência, tecnologia e inovação, e setor produtivo (BRASIL, 2020).

O PNB também tem como uma das diretrizes valorizar a biodiversidade brasileira que, uma vez conhecida, tem grande potencial para ser explorada de maneira sustentável (VIDAL, AMARAL, *et al.*, 2021), com a finalidade de controlar pragas, melhorar as condições do solo e fortalecer as plantas cultivadas. A nossa mega biodiversidade pode ser considerada como um instrumento com muitas possibilidades para geração de soluções alternativas a serem usadas no campo (ALBUQUERQUE e SILVA, 2008).

preconizado pelas Nações Unidas pela Sustentabilidade, a fim de cumprir com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (IPEA, 2019).

³ Bioinsumos são produtos, processos ou tecnologias de base biológica destinados 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). Adiante neste trabalho será apresentado capítulo destinado especificamente aos bioinsumos.

Entre essas alternativas, o programa estimula a implantação de biofábricas que são definidas como unidades produtoras de bioinsumos, as quais podem ser consideradas como um dos principais instrumentos do programa. Albuquerque e Silva (2008, p. 59) afirmam que “*a exploração do potencial da biodiversidade brasileira, aliada às tecnologias e à visão empreendedora das biofábricas, é a base para um novo tipo de agronegócio*”. Essa afirmação nos leva à compreensão de que a biofábrica pode ser uma ferramenta que se vale da vasta biodiversidade em benefício do agronegócio, mas de forma sustentável, trazendo uma alternativa para solucionar ou mitigar a problemática do uso dos agrotóxicos.

Dado que as biofábricas têm se expandido rapidamente (EMBRAPA, 2021), a estratégia de mapeá-las e monitorá-las pode ser uma boa forma de acompanhar aspectos importantes do PNB, tais como seu ritmo de implementação e o alcance de alguns resultados pretendidos. Ademais, as biofábricas precisam ser acompanhadas pela sua própria natureza produtiva e pelos riscos potenciais que apresentam à saúde coletiva, visto que o paradigma atual alia produtividade à qualidade dos produtos e à segurança para o ser humano e para o meio ambiente.

Neste trabalho, o objeto da pesquisa são as biofábricas e seu funcionamento no contexto do Programa Nacional de Bioinsumos. Investigamos, em particular, os possíveis impactos negativos na saúde humana e no meio ambiente e suas respectivas externalidades negativas em caso de uso de bioinsumos que possam fugir de um controle de qualidade quanto aos parâmetros de segurança biológica. Além disso, é proposto um levantamento acompanhado de diagnóstico de uma amostra de biofábricas instaladas em propriedades rurais que produzem seus próprios bioinsumos, também denominada como produção *on farm*. Finalmente, será apresentada uma proposta de desenho de um sistema de monitoramento para biofábricas tendo em vista a implementação e o real alcance dos objetivos estabelecidos no PNB, com foco no funcionamento em relação a aspectos de qualidade e segurança biológica.

Com essa finalidade, inicialmente realizamos um levantamento bibliográfico para explicitar o problema e estruturar a base de conhecimento sobre o assunto de interesse do estudo. Além dessa abordagem exploratória, seguimos com uma pesquisa qualitativa para consecução do diagnóstico das biofábricas. Para tanto, aplicamos um questionário a produtores que fabricam bioinsumos para uso próprio e visitamos algumas biofábricas *in loco*, com caráter exploratório.

Cabe destacar que o público-alvo da informação aqui produzida serão os gestores/implementadores/executores do Programa, principalmente o órgão coordenador – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) – e o respectivo Conselho

Estratégico do PNB, de forma que sirva de instrumento para guiar e priorizar as ações a serem conduzidas.

Além desta introdução, a dissertação conta com um segundo capítulo destinado à revisão teórica com uma contextualização histórica e o enquadramento da agricultura brasileira segundo alguns critérios, baseado no que a literatura nos traz. Trazemos ainda o tema bioinsumos, sua conceituação, seu uso e as razões para a crescente demanda por eles, além dos estudos mais recentes relacionados com a produção de bioinsumos e os riscos associados.

Posteriormente, no terceiro capítulo, fazemos uma exposição do Programa Nacional de Bioinsumos e uma avaliação do seu desenho, sob os conceitos de Políticas Públicas, entre outros aspectos.

Já no capítulo 4, detalhamos sobre as biofábricas que produzem bioinsumos para uso próprio (*on farm*) e adentramos nos processos produtivos, controles necessários e problemas decorrentes de uma produção inadequada. Concluimos essa seção com o tratamento e a análise dos dados obtidos durante a pesquisa descritiva, por meio de questionários e visitas técnicas em campo em algumas unidades produtoras.

As biofábricas serão o recorte, objeto de estudo, do desenho de sistema de monitoramento a ser proposto. Com o levantamento das biofábricas e diagnóstico traçado, são propostos indicadores e apresentamos a proposta de sistema de monitoramento desenvolvida no capítulo 5.

CAPÍTULO 2 - Revisão teórica

Neste capítulo, revisamos alguns aspectos teóricos por meio de um levantamento bibliográfico de forma a resgatar o contexto histórico de desenvolvimento da agricultura brasileira e sua configuração como objeto de política pública. São trazidos aqui também o tema bioinsumos, conceitos, seus usos, a produção e os riscos envolvidos.

2.1 Aspectos históricos e enquadramento da agricultura brasileira

Historicamente considerado um país com vocação agrícola, com diversos fatores favoráveis, como condições climáticas, grande extensão territorial e larga biodiversidade, o Brasil passou por algumas diferentes fases desde o século passado até figurar no século XXI como um dos mais importantes atores no cenário mundial quando se trata de produtividade (ARIAS, VIEIRA JUNIOR, *et al.*, 2017). Há evidências de que o país só atingiu essa ascensão quando intervenções adequadas de políticas públicas foram conduzidas em um ambiente favorável, considerando fatores fiscais, econômicos, monetários e políticos (MUELLER e MUELLER, 2016).

No aspecto econômico, conforme explica Albuquerque e Silva (2008), o modelo que vigorou no pós-Guerra, em meados dos anos 60, foi o da substituição das importações. Àquela época, não se investiu em modernização da agricultura, e o fornecimento de alimentos se dava por meio de produção advinda de uma agricultura extrativista. Essa forma de expansão das fronteiras agrícolas levou a uma crise no fornecimento de alimentos e, conseqüentemente, à alta dos preços.

Com isso, percebeu-se que era necessário promover abertura do mercado interno para entrada de produtos de outros países para evitar o desabastecimento de alimentos. Atrelada a essa mudança, segundo Alves *et al.* (2013), houve um estímulo de investimentos em extensão rural, tanto no âmbito estadual como federal, pois verificou-se que os pesquisadores brasileiros há muito vinham produzindo conhecimento na área, mas esse não era disseminado justamente pela falta de uma política que contemplasse o serviço de extensão rural.

No entanto, somente isso não foi suficiente para atualizar a agricultura brasileira perante o atraso científico e tecnológico sofrido ao longo das últimas décadas. Foi então que, em 1973,

criou-se a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), uma empresa pública que viria a ter mais autonomia administrativa e financeira para executar a missão de gerar conhecimento técnico-científico a fim de desenvolver a agricultura nacional (Albuquerque & Silva, 2008; Alves *et al.*, 2013).

Com tudo isso, houve um intenso processo de capacitação e formação técnica dos profissionais pesquisadores da própria Embrapa, inclusive fora do Brasil, além da criação de diversos cursos de pós-graduação em temas afetos às ciências agrárias pelo país. Reflexo disso foi um notório avanço alcançado pela pesquisa nos últimos 30 anos e sua aplicação no campo, de forma que o Brasil ocupa hoje uma posição de referência mundial quando se trata de agricultura tropical (Alves *et al.*, 2005; Albuquerque & Silva, 2008).

E, entre as diversas frentes de pesquisa desenvolvidas nos últimos anos, cabe salientar a produção científica da Embrapa no que se refere ao controle biológico de pragas, com dedicação a esse tema desde a década de 80. São diversas as linhas de pesquisa em andamento e as vertentes abrangidas são: biodiversidade, estratégias de desempenho de agentes de controle biológico, integração com ações de proteção de cultivos, impactos do uso desses agentes e a sua adoção pelo setor produtivo (EMBRAPA, S.I.).

Como principais desafios nesse campo de investigação, segundo a Embrapa, destacam-se alguns fatores restritivos ainda existentes à expansão do controle biológico no Brasil. Há a necessidade de se quebrar esse paradigma que envolve o uso do controle biológico pelos produtores e a subexploração do potencial da biodiversidade para identificação de novos agentes de controle biológico. Segundo Vidal *et al.* (2018), a fim de reduzir os impactos sobre a produção de alimentos e contribuir para o desenvolvimento sustentável da agropecuária brasileira, é essencial que os investimentos em pesquisa nesta área sejam estimulados e priorizados.

Sob o aspecto histórico, Mueller & Mueller (2014;2016) envidaram esforços para sistematizar a evolução histórica da agricultura brasileira em fases, abaixo sintetizadas e com algumas considerações:

- **Fase 1 (1946-1970):** denominada de expansão horizontal, essa fase se inicia no pós-Segunda Guerra Mundial, na qual o recém-criado Ministério da Agricultura (1930) não liderava estratégias de políticas públicas para caminhar em convergência com a economia do país. Àquela época, basicamente, a produção agrícola era destinada à indústria fornecendo matéria-prima para fabricação de produtos comerciais

acabados. Exceções seriam somente algumas culturas voltadas para exportação, como o café.

- **Fase 2 (1965-1990):** considerada a era da modernização conservadora – também inclui o que outras referências chamam de Revolução Verde, é marcada pelo uso intensivo das terras e alguma diversificação de culturas. Boa parte dela situada durante o regime militar, essa fase também é marcada pela pressão por incentivos e pelas reivindicações do setor para implementação de instrumentos de políticas públicas, tais como seguro rural e subsídios. Nessa mesma época é criada a Embrapa, importante ator nesse cenário e temos a publicação da Constituição Federal de 1988, com novas garantias de inclusão social e princípios democráticos, os quais terão implicações na próxima fase.
- **Fase 3 (1990 aos dias atuais):** tida como agricultura moderna e dinâmica, com progresso científico e tecnológico, investimentos, uso de novas áreas antes inexploradas (exemplo: Cerrado) e conversão de áreas degradadas em produtivas. Tudo isso se deu em virtude da grande demanda internacional por *commodities* agrícolas. Esse período marcado por modernização do setor e por políticas públicas mais consolidadas também levantou outras questões de alinhamento com tendências mundiais relacionadas com sustentabilidade e conservação da biodiversidade em paralelo ao desenvolvimento econômico.

Outra abordagem de categorização dos diferentes sistemas rurais e modelos de agricultura existentes se faz pertinente na tentativa de situar a evolução das políticas agrícolas do país. Therond *et al.* (2017) desenvolveram uma proposta de enquadramento mais sistêmica, holística por assim dizer. Para esses autores, há três possíveis sistemas considerando os serviços dos ecossistemas e as entradas antropogênicas (externas), os quais podem coexistir ou serem transpostos. São eles: sistema baseado em insumos químicos, sistema baseado em insumos biológicos e sistema baseado na biodiversidade.

O primeiro tipo de sistema – industrial, conservador e convencional, baseado em poucas culturas ou monocultura, é dependente de insumos químicos e vislumbra otimização financeira e alta performance. O segundo, objetiva, com o uso dos insumos de base biológica, diminuir impactos ambientais e na saúde humana por meio da substituição de parte ou de todos os insumos químicos utilizados. O último sistema preconiza o desenvolvimento da biodiversidade

de forma a aumentar os serviços ecossistêmicos e diminuir as entradas externas. Prevê propriedades rurais diversificadas com práticas agroecológicas (THEROND, DURU, *et al.*, 2017).

Sem a pretensão de esgotar as dimensões da transição agroecológica, cabe evidenciar a importância desse processo durante a evolução da agricultura brasileira no que diz respeito a sistemas agroalimentares menos degradantes e mais sustentáveis (ABREU *et al.*, 2009). Para essa compreensão, resgatamos um conceito importante trazido por Gliessman (2016) para quem a agroecologia “é uma forma de redesenhar os sistemas alimentares, do campo à mesa, com o objetivo de alcançar a sustentabilidade ecológica, econômica e social”.

Não obstante, o Brasil transita entre os três modelos expostos, ainda com predominância na agricultura brasileira do sistema de insumos químicos. Em contrapartida, a movimentação nas últimas décadas demonstra o crescente uso dos insumos biológicos (segundo sistema), apesar de ainda corresponder a uma pequena porcentagem quando comparado à utilização dos químicos. Nesse sentido, as projeções indicam que, em 2025, no Brasil, o biocontrole representará 14% de todo o mercado de produtos usados no controle de pragas, enquanto mundialmente essa fatia será de 10% (GOULET, 2021).

Com o Programa Nacional de Bioinsumos, como será visto no capítulo 3, o estímulo à implementação das biofábricas permeia pelo terceiro sistema proposto por Therond *et al.* (2017), de forma a diminuir a dependência dos *inputs* externos, fortalecer a economia local e minimizar as possíveis externalidades. Na atual conjuntura, o posicionamento dos atuais *stakeholders* e governantes brasileiros indica uma condição de coexistência dos químicos e dos bioinsumos. No entanto, como nos traz Goulet (2021), observa-se que há uma tendência de que os bioinsumos e a biodiversidade se estabeleçam mais fortemente, haja vista o crescente interesse das grandes indústrias do agronegócio, que encaram esse nicho como oportunidade, com altos investimentos em pesquisa e desenvolvimento.

Além disso, existe um forte movimento dessas empresas para que a produção própria de bioinsumos (*on farm*) seja bem regulada e gerenciada, a fim de que haja segurança e garantia de produtos confiáveis e a tecnologia não seja desacreditada e, com isso, esteja assegurada a expansão do mercado (GOULET, 2021). O desafio nessa transição é como manejar essa transformação.

Considerando os impactos negativos advindos do uso dos agrotóxicos, defendemos que essa transformação só virá com métodos mais racionais que precisam ser desenvolvidos com o objetivo de reduzir danos ambientais e minimizar os resíduos nos alimentos, de forma a melhorar a qualidade de vida do produtor rural e do consumidor. Esse conjunto de práticas e

processos inovadores terá relevância crescente na transição dos sistemas de produção atuais para uma agricultura mais sustentável no Brasil (EMBRAPA, 2018). É nessa perspectiva que aprofundaremos o tema bioinsumos, os quais podem ser considerados um instrumento para essa transformação.

2.2 Bioinsumos

O conceito de bioinsumos é bastante amplo. Com base no Decreto nº 10.375, de 2020, é considerado um bioinsumo 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).

Assim, são diversos os tipos e as finalidades de bioinsumos que ficam abarcados por essa definição, tais como biofertilizantes, bioestimulantes, promotores de crescimento de plantas, ingredientes para nutrição de plantas e animais, substâncias bioativas, extratos de plantas, agentes de controle biológico de pragas e doenças, e outros (MAPA, S.I.).

Entre os vários bioinsumos existentes, vale destacar os produtos biológicos para controle de pragas e doenças presentes na agricultura que podem ser agentes macrobiológicos (ácaros, insetos e nematoides), microbiológicos (vírus, bactérias e fungos), semioquímicos (feromônios), bioquímicos (hormônios) e fitoquímicos (à base de plantas), considerados ativos biológicos, e que fazem parte da formulação de diferentes produtos destinados ao uso na produção, armazenamento e beneficiamento na agricultura, conforme mostramos na Figura 1.

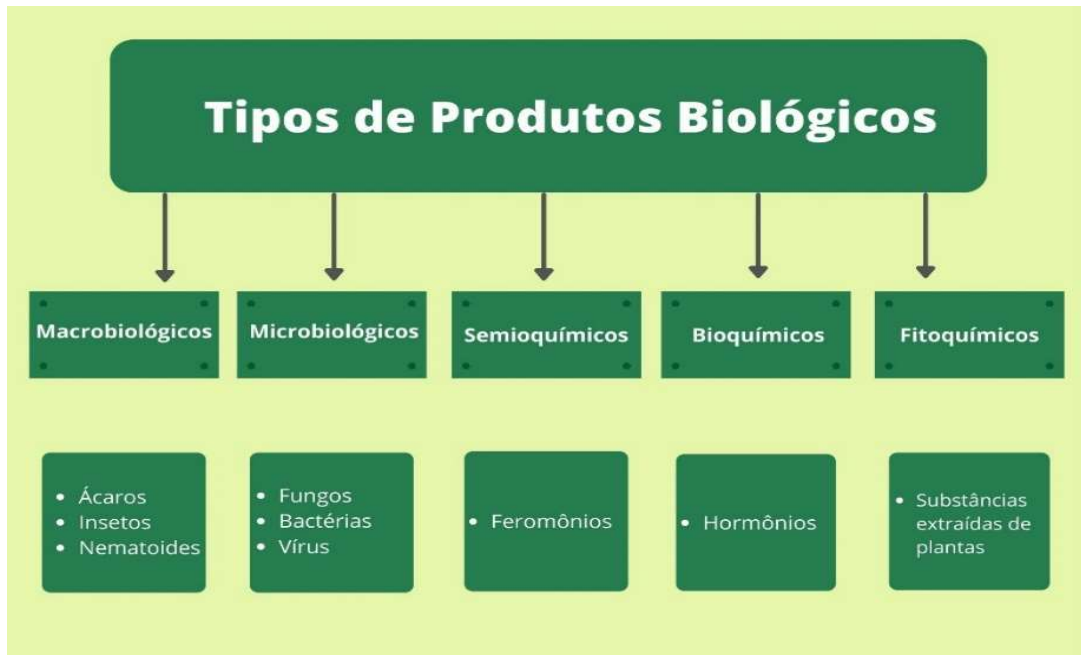


Figura 1. Tipos de produtos biológicos para controle de pragas.

Há diversos exemplos entre os tipos de produtos expostos acima. Como agentes de controle macrobiológicos, podemos citar o amplo uso dos insetos *Cotesia flavipes* e *Trichogramma galloi*, o primeiro é um parasitoide da larva e o segundo dos ovos da principal praga da cana-de-açúcar no Brasil, a broca-da-cana, causada pela mariposa *Diatraea saccharalis* (SIMONATO, GRIGOLLI e OLIVEIRA, 2014).

Quando se trata de agentes microbiológicos, há microrganismos como o fungo *Metarhizium anisopliae* que possui ação inseticida e é usado no controle de cigarrinhas em cana-de-açúcar e pastagens. Em se tratando de doenças de plantas, a bactéria *Bacillus subtilis* e espécies do fungo *Trichoderma* estão entre os mais utilizados em todo o mundo (BETTIOL, 2009). Já os semioquímicos, são substâncias químicas que provocam respostas comportamentais e são utilizadas, por exemplo, em dispositivos como armadilhas de forma a atrair e aprisionar o organismo alvo, a fim de monitorar a praga e/ou controlá-la (MAGALHÃES, MICHEREFF, *et al.*, 2020). Quanto aos bioquímicos e fitoquímicos, a diversidade é enorme também, e podem ser citados como exemplo os produtos à base de hormônios vegetais e extratos vegetais, respectivamente.

O controle biológico de pragas e doenças na agricultura já é praticado há alguns séculos. Esse tipo de controle e o manejo integrado têm sido fortalecidos, visando minimizar os atuais níveis de utilização de agrotóxicos químicos (CAMPOS, 2020). Essas práticas são consideradas

um tipo de controle alternativo de pragas e doenças, em contraponto ao modelo agroquímico de manejo utilizado na agricultura convencional.

No entanto, a dicotomia existente entre desenvolvimento e conservação gera grandes empecilhos na adoção dessas práticas menos agressivas à saúde humana e ao meio ambiente. O setor produtivo talvez tenha iniciado um processo de mudança gradual dessa percepção. As pesquisas mostram que se essas práticas realmente ajudarem o setor produtivo a alcançar o seu objetivo central, elas passam a ser consideradas (DESSART, HURLE e BAVEL, 2019).

Prova dessa possível mudança que está a caminho é que, nos últimos anos, no Brasil, houve um aumento expressivo de registros de produtos biológicos com a finalidade de controle biológico de pragas na agricultura. Só em 2019, o mercado nacional desse tipo de produto movimentou R\$ 675 milhões, crescimento da ordem de 15% em relação a 2018, e acima da média estimada de crescimento internacional. O ano de 2020 foi considerado um marco histórico, pois houve um recorde de registro de produtos que realizam controle biológico de pragas na agricultura quando foram concedidos 95 registros (BRASIL, 2020).

Em 2021, foram registrados 92 produtos de origem biológica, os quais irão contribuir para uma agricultura mais sustentável no Brasil (BRASIL, 2021). A série histórica apresentada pela Figura 2 demonstra uma mudança de comportamento do mercado ao longo do tempo quanto à adoção dessas práticas.

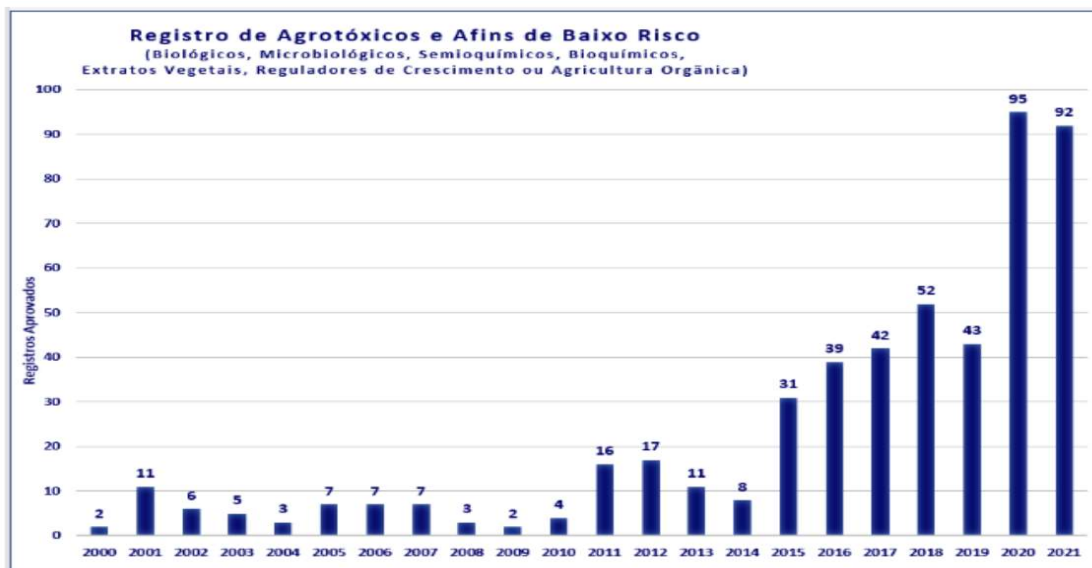


Figura 2. Histórico de registro de produtos de base biológica no Brasil (BRASIL, 2021).

Assim, a tendência observada é que métodos mais racionais vêm sendo desenvolvidos e adotados com objetivo de reduzir impactos ambientais e minimizar os resíduos nos alimentos,

de forma a melhorar a qualidade de vida do produtor rural e do consumidor, o que ratifica o movimento para uma agricultura mais sustentável no Brasil (EMBRAPA, 2018).

Sob os aspectos legais, conforme a legislação brasileira, muitos bioinsumos são enquadrados como agrotóxicos. Por conceito, agrotóxicos são os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos (BRASIL, 1989). Apesar do controle alternativo se basear em processos e recursos de ocorrência natural, a sua utilização e comercialização no Brasil se dá por meio de produtos enquadrados e regulados pela Lei de Agrotóxicos, Componentes e Afins – Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989 (JORGE, SILVA e SOUSA, 2020).

Dessa forma, do ponto de vista regulatório, produtos utilizados para o controle alternativo de pragas que se enquadram no conceito de agrotóxicos devem ser registrados para fins de comercialização, pois o Decreto nº 4.074, de 04 de janeiro de 2002, regulamentador da Lei de Agrotóxicos, determina que os produtos abarcados pelo escopo da norma só poderão ser produzidos, manipulados, importados, exportados, comercializados e utilizados no território nacional se previamente registrados no órgão federal competente (BRASIL, 2002).

O Decreto supracitado define que os órgãos federais envolvidos na análise tripartite do pedido de registro e regulamentação dos produtos de base biológica para controle de pragas são os responsáveis pelos setores de agricultura, saúde e meio ambiente, hoje representados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), respectivamente (JORGE e SOUZA, 2017).

Apesar desse enquadramento geral, há um arcabouço normativo infralegal específico a fim de contemplar a peculiaridade intrínseca desse tipo de produto. Por existir uma diferenciação no tratamento pelos órgãos reguladores, é possível dizer que há um estímulo para a utilização desses produtos alternativos quando se compara com os químicos convencionais (JORGE, SILVA e SOUSA, 2020). Ressalta-se, ainda, que um tratamento distinto foi inserido já no Decreto nº 4.074, de 2002, em que se determinou que produtos de baixa toxicidade e periculosidade devem ter a avaliação dos seus pleitos de registro priorizada.

Ainda, em agosto de 2021, por meio da Resolução nº 1, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, foi criado um Grupo de Trabalho no âmbito do Conselho Estratégico

do PNB, com a finalidade de analisar a legislação correlata dos bioinsumos e de propor marco regulatório específico, além de indicar os possíveis conflitos normativos e seus impactos (BRASIL, 2021).

2.3 Segurança Biológica

De acordo com a Embrapa, o conceito de segurança biológica envolve “o manejo de todos os riscos biológicos e ambientais associados à alimentação e agropecuária, incluindo os setores de pesca e floresta” (EMBRAPA RECURSOS GENÉTICOS E BIOTECNOLOGIA, 2005).

Considerando a fabricação de bioinsumos para uso próprio, vários estudos conduzidos nos últimos anos apresentam evidências que indicam preocupação do ponto de vista de saúde pública quando se trata de multiplicação de organismos e produção *on farm* de bioinsumos. A manipulação de microrganismos envolve uma diversidade de tecnologias, processos e produtos, cada qual com suas peculiaridades e com riscos potenciais associados, não podendo ser considerada como atividade de baixo risco de maneira automática (ANVISA, 2021).

Prova disso são os recentes achados de Bocatti *et al.* (2022), em que foram encontrados importantes microrganismos patogênicos contaminantes nas amostras de bioinsumos coletadas em unidades de produção *on farm* em diferentes estados brasileiros. Como exemplo, o gênero *Enterococcus* foi identificado em 60% dessas amostras, o que nos deixa em alerta, uma vez que casos de septicemia, infecções, meningite e outros quadros clínicos sérios estão associados a esse gênero. Fica evidente a relevância do tema e a importância do rigor no que se refere ao controle de qualidade adequado durante o processo produtivo dos bioinsumos, sem o qual pode-se colocar em risco a saúde do ser humano, dos outros animais, das lavouras e provocar desequilíbrios ambientais (LANA *et al.*, 2022).

Caso não sejam tomados os devidos cuidados com as boas práticas durante a fabricação de um bioinsumo e ocorra uma contaminação biológica, os manipuladores envolvidos na produção, os trabalhadores que irão aplicar o produto em campo e o consumidor final (principalmente nos casos de ser um alimento a ser consumido *in natura*) podem ser expostos ao patógeno e danos à saúde serão provocados (BOCATTI *et al.*, 2022).

Valicente (2018) nos apresenta alguns pontos críticos que devem ser observados durante a produção de um bioinsumo a fim de evitar contaminações, tais como assepsia necessária do ambiente de produção, esterilização do meio de cultura, padronização de todo o sistema produtivo e do produto final, fermentadores e tanques de armazenamento sem aberturas que facilitem a entrada de contaminantes. Se condições mínimas não forem seguidas durante a

fabricação do bioinsumo, a contaminação se torna mais provável e o microrganismo não desejado pode prevalecer em relação ao organismo que era esperado se multiplicar, como ficou demonstrado nos resultados apresentados, em que as amostras de bioinsumos produzidos em sistema *on farm* estavam contaminadas com espécies resistentes a antibióticos e patógenos oportunistas causadores de diversas infecções e danos à saúde humana.

A questão relacionada à resistência aos antibióticos é uma preocupação adicional também ressaltada por Bocatti *et al.* (2022). Nas amostras analisadas nesse estudo, foram encontradas espécies patogênicas que, além de possuírem múltipla resistência a antimicrobianos, promovem a dispersão de genes de resistência para o ambiente, como por exemplo *Stenotrophomonas maltophilia*. O assunto é de extrema relevância e tem sido discutido nos últimos anos no âmbito dos mais importantes fóruns mundiais, como no Comitê de Resistência Antimicrobiana do Codex Alimentarius (FAO). Segundo o Codex Alimentarius (S.I.), a presença de microrganismos com resistência antimicrobiana nos sistemas de produção agrícola e no ciclo de vida dos alimentos expõe a todos e é uma grande ameaça para a saúde animal e humana.

Assim, a diversidade e as singularidades dos processos que envolvem fermentar um determinado microrganismo requerem um maior nível de atenção das autoridades em relação a essas unidades produtoras e apontam para a necessidade de normatização e fiscalização, pois lacunas nos procedimentos de uma biofábrica podem desencadear danos sérios e irreversíveis.

Para tanto, diversos parâmetros devem ser observados, tais como a infraestrutura de uma biofábrica, capacitação e competência técnica dos colaboradores envolvidos, aspectos de segurança biológica, procedimentos e controles em processo para que se proceda com o manuseio correto e seja obtido um produto final seguro. Advogamos que tais controles e procedimentos demandam uma ação pública para fins de regulação. Dessa forma, procuramos analisar como o Programa Nacional de Bioinsumos abarca essas questões no capítulo 3 e detalhamos um estudo específico sobre as biofábricas no capítulo 4.

CAPÍTULO 3 - O Programa Nacional de Bioinsumos

Neste capítulo, faremos uma breve análise da Política Agrícola Nacional dentro do contexto de políticas públicas situando a discussão ao traçar um paralelo entre a política agrícola brasileira e o Programa Nacional de Bioinsumos.

3.1 Política Agrícola Nacional e o PNB

O Programa Nacional de Bioinsumos (PNB) constitui um instrumento da Política Agrícola, a qual é tratada no capítulo III da Constituição Federal (BRASIL, 1991) e regulamentada pela Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991. Dessa forma, a política agrícola brasileira está formalmente enquadrada como uma política de natureza pública⁴ a ser tratada como função de Estado, indo ao encontro do que originalmente estabelece o artigo 187 da Constituição Federal de 1988.

Embora a Lei nº 8.171 tenha mais de 30 anos, ela foi sancionada em um outro contexto político e socioeconômico. Há diversos aspectos em seu texto que merecem destaque devido ao alinhamento do PNB com ela. Logo nos primeiros artigos, verifica-se que um dos objetivos da referida política é proteger o meio ambiente, garantir o seu uso racional e estimular a recuperação dos recursos naturais, além de prever ações e instrumentos relacionados a esse objetivo (BRASIL, 1991). Aqui já se percebe o olhar voltado para a sustentabilidade.

No capítulo sobre a pesquisa agrícola, a política determina que deverão ser observadas as características regionais e geradas tecnologias voltadas à sanidade animal e vegetal, com respeito à preservação da saúde e do meio ambiente (BRASIL, 1991). Outro ponto relevante levantado nesse dispositivo é a preocupação com a saúde humana.

⁴ Inicialmente, cabe salientar que não existe uma única definição do que seja política pública. Entre os diversos autores que teorizam sobre o tema, William Jenkins propõe um conceito importante e bem claro. Segundo ele, uma política pública consiste em: “um conjunto de decisões interrelacionadas, tomadas por um ator ou grupo de atores políticos, e que dizem respeito à seleção de objetivos e dos meios necessários para alcançá-los.” (JENKINS, 1978 apud HOWLETT *et al.*, 2020, p. 3). Para além de uma conceituação instrumental, Thomas Dye (2017) considera que a definição de política pública deve perpassar pela ideia de que todas as ações de governo precisam ser consideradas, inclusive o “não fazer”, a “não decisão” de forma consciente. A fim de complementar o entendimento do que é uma política pública, Howlett e colaboradores indicam que se trata de um processo dinâmico (*policy making*) aplicado para resolução de problemas públicos existentes e relevantes (HOWLETT, RAMESH e PERL, 2020).

Ainda, de acordo com a política agrícola, a prestação de serviços e aplicações de recursos pelo Poder Público em atividades agrícolas devem ter por premissa básica o uso tecnicamente indicado aliado ao manejo racional dos recursos naturais e a preservação do meio ambiente (BRASIL, 1991). Por fim, o capítulo sobre Crédito Rural traz como um dos objetivos incentivar a introdução de métodos racionais no sistema de produção, visando ao aumento da produtividade, à melhoria do padrão de vida das populações rurais e à adequada conservação do solo e preservação do meio ambiente (BRASIL, 1991), orientação essa que também está presente quando se analisa o que dispõe o Programa Nacional de Bioinsumos.

Ao interpretar a lei sob o olhar das recentes abordagens, entre elas a da bioeconomia, são levantados elementos de que o PNB é uma intervenção, entendida como um instrumento da Política Agrícola Nacional, que sinaliza uma mudança de padrão no que se refere às bases da agricultura brasileira, indicando claramente uma transição. Com isso, o Estado brasileiro mostra aos mercados nacional e internacional uma convergência com as boas práticas de produção e de sustentabilidade e se posiciona como um importante ator nesse cenário.

Do ponto de vista da ação pública, outro ponto importante a ser observado é que a Política Agrícola estabelece que os seus instrumentos deverão orientar-se pelos planos plurianuais. Considerando esse dispositivo, constata-se no Plano Plurianual (PPA) vigente (2020-2023) o programa finalístico 1031 – Agropecuária Sustentável. Entre as ações orçamentárias desse programa estão 21B8 - Desenvolvimento Sustentável da Bioeconomia e 8593 - Apoio ao Desenvolvimento da Produção Agropecuária Sustentável, as quais contemplam o PNB (BRASIL, 2020-2023).

Além disso, ao consultar o Espelho do Monitoramento – 2020 do referido PPA, verifica-se a menção clara de que o lançamento do PNB contribuiu para o alcance do Objetivo 1203 - Promover o desenvolvimento da agropecuária sustentável, da pesca artesanal e da aquicultura familiar (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2020). Esse documento atesta que o PNB incentiva a diversificação dos mecanismos e processos de controle de pragas e doenças no campo e indica que a agricultura de base biológica mostra uma curva ascendente no país e no mundo.

3.2 Histórico do Programa Nacional de Bioinsumos

Decorreram-se alguns anos desde a concepção da ideia até a publicação e lançamento do Programa Nacional de Bioinsumos (PNB). O programa foi originado por uma demanda real e clara do setor de produção orgânica brasileiro em busca de insumos adequados para uso nesse setor produtivo. O processo de criação do programa passou por diálogos traçados entre diversas

entidades governamentais e associações do setor produtivo e sociedade civil envolvidos com essa temática. Assim, no âmbito da Comissão Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (Cnapo), um dos órgãos à frente da gestão da Política e do Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (Planapo), surgiu formalmente o estímulo ao desenvolvimento de alternativas de menor toxicidade e de origem biológica em substituição aos insumos químicos convencionais, fazendo constar essa necessidade na primeira versão do Planapo (2013-2015) (GOULET, 2021).

Mais adiante, foi explicitada na Meta 6 do Planapo II (ciclo 2016-2019) a necessidade de criação de um programa nacional de insumos apropriados à produção orgânica e de base agroecológica (Programa Bioinsumos), quando na verdade se utilizou o termo bioinsumos de fato (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, 2016).

Após um amadurecimento decorrente das discussões intersetoriais, verificou-se que os bioinsumos já são uma realidade no país e que representam um futuro promissor para a sustentabilidade da agricultura no Brasil (EMBRAPA, 2021). Constatou-se ainda que sua aplicação vai além da agricultura orgânica envolvendo os mais diversos setores produtivos, incluindo a agricultura convencional, onde desempenham um papel crescente como alternativa ou complemento aos produtos químicos tradicionais e como redução de custos (VIDAL, SALDANHA e VERISSIMO, 2020).

O uso de bioinsumos possui, assim, uma demanda e uma abrangência muito maiores, e isso foi percebido durante a construção do programa, o que expandiria o seu respectivo público-alvo. Além disso, cabe reforçar que o programa foi pensado para além de somente produtos. Levaram-se em consideração também as práticas e os processos de forma a proporcionar uma agricultura mais integrada.

Todas essas tratativas culminaram com a publicação do Decreto nº 10.375, de 2020, que funciona como um instrumento que estimula a promoção de um conjunto de práticas que incluem os bioinsumos na cadeia produtiva para atendimento de várias demandas públicas coletivas como a garantia da saúde humana, a oferta de alimentos seguros, a segurança alimentar, além da preservação dos recursos naturais. Esse entendimento vai ao encontro do que nos ensina Boullosa (2013), para quem um instrumento de política pública pode ser entendido como uma resposta, que envolve diversos atores, carregada de complexidade a um problema público relevante.

Para além dessa iniciativa brasileira, cabe salientar que outros países estão alinhados com esse propósito quando também estimulam e promovem políticas públicas em torno da

agenda dos bioinsumos, a exemplo da Argentina, Colômbia, Chile e França (GOULET, 2021; VIDAL, AMARAL, *et al.*, 2021).

3.3 Análise Avaliativa do Programa

Para analisar um desenho de programa público⁵, cabe buscar o que nos ensina Carol Weiss em sua Teoria do Programa⁶. Ao traçar essa teoria, o avaliador deve identificar os recursos, as atividades e os resultados esperados pelo programa. Paralelo a isso, é importante especificar a cadeia de relações causais conectando recursos, atividades, resultados intermediários e objetivos finalísticos (WEISS, 1997). Abaixo, na figura 3, é apresentada uma proposta de teoria da mudança para o PNB.

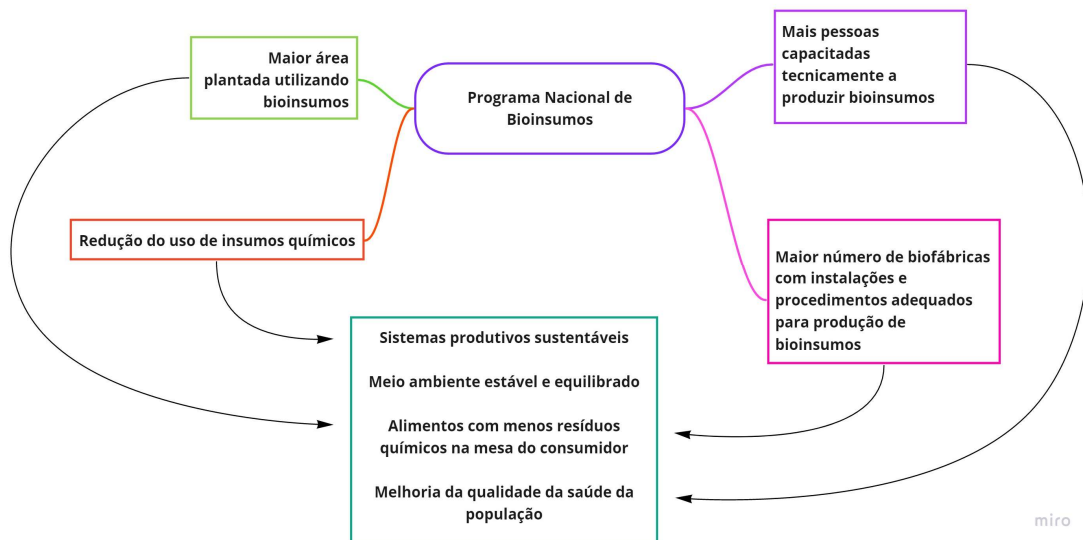


Figura 3. Teoria da Mudança proposta para o PNB (elaboração própria da pesquisadora).

⁵ Segundo Januzzi (2021), um programa público é um empreendimento de grande complexidade e é formulado considerando diversos valores públicos, princípios constitucionais e pressupostos normativos (JANUZZI, 2021). Ao lançar um olhar avaliativo sobre o programa e tentar identificar os princípios constitucionais que estão presentes em seu desenho, encontram-se nele os direitos sociais à saúde e à alimentação e o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, previstos na Constituição Federal de 1988.

⁶ Esse esforço contribui para enxergar de forma mais clara a teoria e o significado por trás do programa, além de subsidiar uma análise mais completa a fim de verificar os fatores do programa que contribuem positivamente para o seu funcionamento e os que possuem alguma interferência negativa. Mas somente isso não basta. De acordo com Weiss (1997), para além da teoria do programa, se faz necessário pensar como o programa funciona e como se alcançam os objetivos para os quais ele se propõe, para que então a mudança esperada na realidade com aquela intervenção ocorra. Para isso, a autora nos chama a refletir sobre a teoria da mudança – ou seja, o mecanismo de mudança são as respostas geradas pelas ações do programa.

Com a implementação do programa como concebido, pretende-se concretizar resultados e atingir impactos no mundo real, como indicado na figura acima. Como resultados, teríamos uma maior área cultivada em que os bioinsumos são aplicados e, com isso, é de se esperar que haja uma redução no uso de agrotóxicos. Além disso, decorrente das ações de capacitação, teríamos mais pessoas habilitadas tecnicamente para atuar à frente na produção de bioinsumos. Também, espera-se um maior número de biofábricas implementadas e estruturadas de forma a fabricar bioinsumos adequadamente.

Como impactos, teríamos sistemas produtivos mais sustentáveis, com o meio ambiente estável e equilibrado. Paralelamente, os alimentos produzidos teriam menos resíduos ao chegar na mesa do consumidor e, com isso, ocorre a melhoria da qualidade da saúde da população.

Com base nessa teoria do programa, a fim de mapear atributos do programa de uma maneira mais clara, usamos uma técnica denominada Mapa de Processos e Resultados (MPR) por ser mais sintética do que outras ferramentas de representação de programas. O MPR consiste em um mapeamento dos processos-chave do programa e na identificação dos principais outputs, apresentando-se como um bom instrumento para subsidiar o desenho de um sistema para monitoramento (JANNUZZI, 2016). Pretende-se, assim, ter mais profundidade de conhecimento sobre a estratégia geral da intervenção.

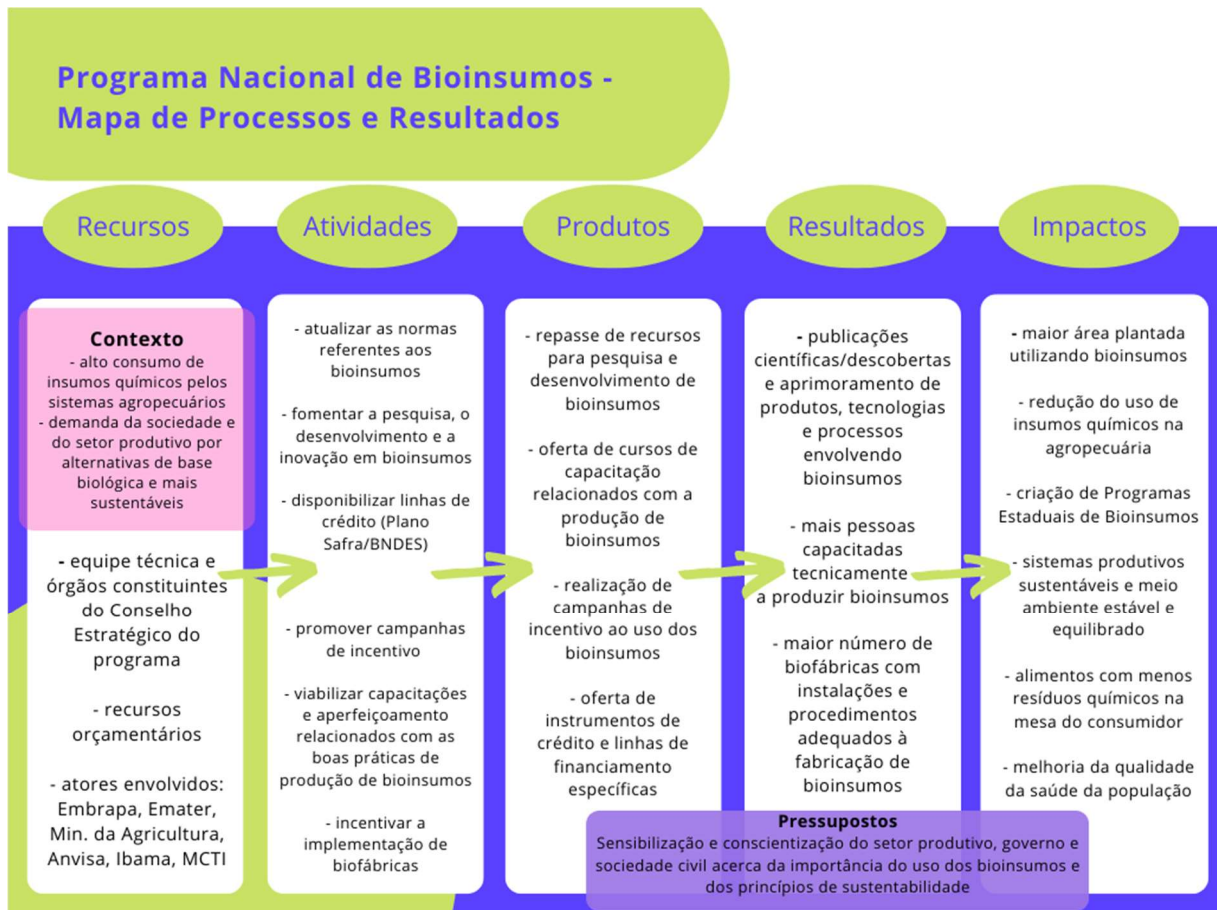


Figura 4. Mapa de Processos e Resultados do PNB (elaboração própria da pesquisadora).

Para construção do MPR, é necessário indicar o seu contexto e seus pressupostos, além dos seus diversos componentes – insumos (recursos), processos (atividades) e produtos – e como esses se alinham para produzir os resultados e impactos. Tudo isso representado de forma esquemática em um diagrama de forma a ilustrar a lógica operacional do programa (JANNUZZI, 2016), conforme mostrado na Figura 4.

Fazendo uma leitura do MPR, de forma geral, a finalidade principal do PNB é ampliar e fortalecer a utilização de bioinsumos para a promoção do desenvolvimento sustentável da agropecuária brasileira, pois, de acordo com o Art. 5º do Decreto nº 10.375, de 2020, são objetivos do Programa Nacional de Bioinsumos:

- Atualizar as normas referentes aos bioinsumos, com escopo no Programa e seus registros;
- promover boas práticas de produção e de uso dos bioinsumos e garantir seu aperfeiçoamento contínuo e sustentável;
- promover campanhas periódicas de incentivo ao uso dos bioinsumos;

- criar e manter base de dados com informações atualizadas sobre bioinsumos e temas associados, considerados os aspectos normativos, tecnológicos, mercadológicos e de políticas públicas;
- apoiar processos de incubação de empresas e de pequenos negócios com foco na produção de bioinsumos e na organização de biofábricas;
- fomentar a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação em bioinsumos;
- incentivar a adoção de sistemas de produção sustentáveis que assegurem o uso adequado de bioinsumos e elevem a renda dos produtores, principalmente com a expansão das seguintes tecnologias, entre outras:
 - a) sistema orgânico de produção e de base agroecológica;
 - b) sistemas agroflorestais;
 - c) sistema de plantio direto;
 - d) recuperação de pastagens degradadas;
 - e) integração lavoura-pecuária-floresta; e
 - f) aquicultura sustentável;
- promover ações de estímulo à produção, ao processamento, à distribuição, à comercialização e ao consumo de bioinsumos;
- incentivar práticas e tecnologias de tratamento de resíduos sólidos para geração de insumos apropriados para uso na produção de bioinsumos; e
- promover o estabelecimento de especificações de referência, mediante a realização de estudos de segurança e de testes de eficiência agrônômica para o registro de produtos.

Para além dos objetivos delineados pelo Decreto, há também os objetivos estratégicos do programa, expostos na figura 5. Foram definidos objetivos estratégicos abordando vários aspectos. Começamos com aquele voltado para capacitação, pois esse é um fator chave dentro da implementação do programa. A capacitação deve ser estimulada para formação de pessoal técnico em competências específicas a fim de habilitar profissionais para produzir e utilizar os bioinsumos com as devidas boas práticas pautadas por conhecimento científico, de forma a garantir a qualidade e segurança desses produtos. Os treinamentos voltados para o tema podem inclusive subsidiar os produtores em suas escolhas.



Figura 5. Objetivos estratégicos do Programa Nacional de Bioinsumos (MAPA, 2020).

Aliado ao objetivo anterior, há o que pretende estimular a geração e a disseminação de conhecimentos e informações qualificadas sobre o desenvolvimento, produção e uso dos bioinsumos. Assim, as ações do programa relacionadas com campanhas de incentivo têm papel crucial, pois podem pulverizar o conhecimento e permitir que os agricultores tenham o ferramental necessário para optar por uma via mais sustentável para controle de pragas.

De acordo com (DESSART, HURLE e BAVEL, 2019), a adoção de práticas sustentáveis é maior quando os agricultores possuem conhecimento e competências relacionadas com essas práticas; e, além disso, a decisão é mais robusta quando eles passam a acreditar que essas práticas podem trazer benefícios financeiros aliados aos ambientais, com riscos limitados.

Outro objetivo entre os estratégicos de grande relevância é a viabilização de linhas de crédito e fomento voltados ao desenvolvimento, produção e uso dos bioinsumos. O Plano Safra 2021/22 prevê uma linha de financiamento específica para aquisição e construção de instalações para a implantação ou ampliação de unidades de produção de bioinsumos e biofertilizantes na propriedade rural, para uso próprio – as biofábricas.

O objetivo mais relevante para este trabalho é aquele que visa incentivar a implantação de biofábricas voltadas à fabricação de bioinsumos (MAPA, 2020). As biofábricas são unidades produtoras de bioinsumos, e o Decreto explicita o intuito de estimular a pequena e média

produção local na propriedade rural. Como diretrizes, o programa possui as seguintes preconizadas pelo Decreto de criação:

- (1) Disponibilizar ações estratégicas para desenvolvimento de alternativas de produção agrícola e pecuária, economicamente viáveis e ecologicamente sustentáveis, que garantam produtos saudáveis para a sociedade brasileira e internacional.
- (2) Estimular a adoção de práticas sustentáveis com o uso de tecnologias, de produtos e de processos desenvolvidos a partir de recursos renováveis, por meio da ação integrada dos setores de ensino, de pesquisa, de extensão e de produção, de modo a reduzir as formas de contaminação e de desperdício dos recursos produtivos. Essa é uma diretriz estratégica. O programa foi pensado para ser implementado considerando todo um conjunto, ou seja, na sua concepção, se intencionou agregar pesquisa, extensão, ensino/academia e setor produtivo. O programa pode ser definido como estruturante, e nele podemos perceber a retroalimentação e a necessidade de um diálogo constante entre todos os atores envolvidos nessa cadeia.
- (3) Valorizar a biodiversidade brasileira, a partir do estímulo às experiências locais e regionais de uso e de conservação dos recursos genéticos, de microrganismos, vegetais e animais, que envolvam o manejo de raças e de variedades locais, tradicionais ou crioulas. Aqui é notório o olhar dos formuladores do programa sobre o respeito à biodiversidade local e a utilização do seu potencial. O Brasil possui uma vasta e única diversidade biológica com múltiplas possibilidades de uso, e esse aspecto pode e deve ser explorado de forma sustentável. Assim, a perspectiva é de que nosso país venha a se tornar uma referência mundial na produção de bioinsumos.

Implementar sistemas sustentáveis de produção agropecuários, de distribuição e de uso de insumos, com base na legislação brasileira sobre substâncias permitidas para a produção orgânica, que aperfeiçoem as funções econômica, social e ambiental dos setores agropecuário e florestal. Essa diretriz considera que o regramento do sistema orgânico de produção é mais restritivo do que todos os demais e, uma vez que esse seja atendido, espera-se que os outros sistemas também venham a ser beneficiados.

O programa ainda dá competência aos órgãos envolvidos para firmar parcerias, fomentar projetos, resolver conflitos normativos, editar manuais de boas práticas, estimular as

inovações, entre outros, de modo a ampliar a oferta, o acesso e incentivar a adoção e uso correto desses produtos.

A coordenação do programa é de responsabilidade do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e conta um Conselho Estratégico formado por representantes dos setores público e privado, como Anvisa, Ibama, Embrapa, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, Organizações de produção de orgânicos, entre outros, que coordena as ações e a estratégia de implementação do PNB em nível nacional e internacional.

O referido Conselho pode ser visto como um espaço projetado para inserir entes governamentais e organizações da sociedade civil afetos ao tema, de forma a proporcionar discussões importantes sobre a priorização das ações de implementação do programa e apoiar as estratégias de execução.

Por fim, esperam-se os seguintes impactos gerados pelo programa (MAPA, 2020):

- Segurança jurídica para o segmento de bioinsumos;
 - Ampliação e fortalecimento do mercado de bioinsumos;
 - Geração de emprego, renda e melhoria da qualidade de vida dos atores que integram as cadeias de valor do agronegócio brasileiro;
 - Ampliação da oferta de produtos agrícolas e seus derivados com diferencial de sustentabilidade em seus processos produtivos;
 - Geração de tecnologias sustentáveis e promoção da inovação no agronegócio brasileiro;
 - Ampliação da captura de valor para os produtos agrícolas e seus derivados; e
- Fortalecimento da bioeconomia agrícola brasileira na agenda nacional e internacional.

Diante de todo o exposto, chegamos a um diagrama do desenho do programa (figura 6) com base no estudo de sua arquitetura.

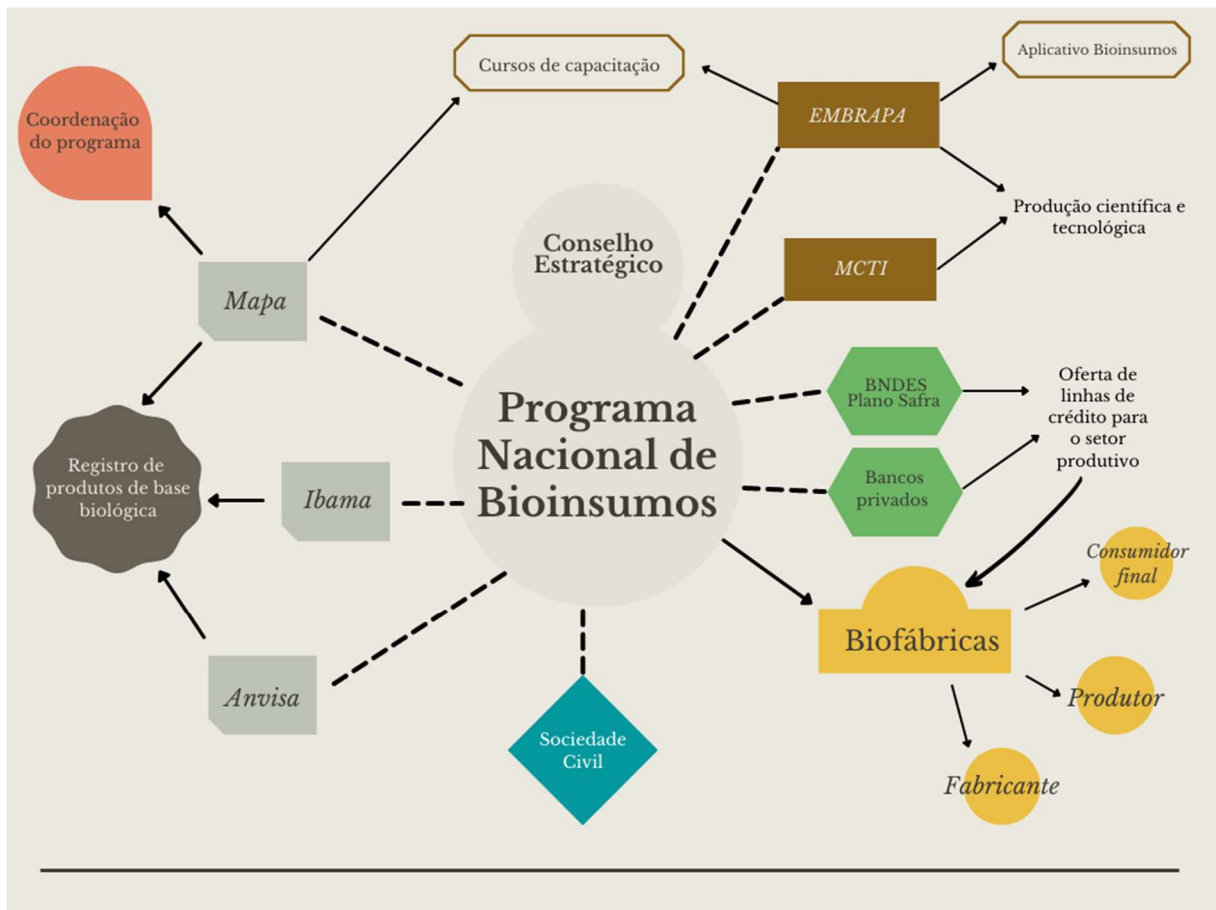


Figura 6. Arquitetura do Programa Nacional de Bioinsumos.

Na tentativa de cumprir com os princípios e os requisitos da Teoria Geral dos Sistemas, inicialmente foram identificados os componentes do programa e os fluxos existentes entre eles. Além disso, foram previstas as entradas (inputs) e saídas (outputs) existentes, assim como as suas funções. Atribuíram-se também cores e formatos diferentes para cada entidade e/ou componente integrante do programa. Deve-se considerar que esse desenho se constitui em um sistema aberto, dada a interação existente com o meio exterior por meio de trocas, sejam elas inputs ou outputs (ARAÚJO e GOUVEIA, 2016).

Há que se levar em conta também as proposições dos teóricos (MORIN, 1977) e (BERTALANFFY, 1977), em que um sistema é composto por um conjunto de elementos ou componentes que se inter-relacionam e que constituem uma entidade ou unidade global permeada de complexidades, variáveis e interferências. Foram levados em consideração ainda os princípios de homeostase, entropia, retroação e equilíbrio dinâmico ao elaborar o diagrama exposto acima.

A seguir nas próximas seções, veremos alguns aspectos relevantes do PNB em relação à bioeconomia e ao financiamento de suas ações.

3.4 Bioeconomia e o Programa Nacional de Bioinsumos

Um aspecto conceitual importante é aquele em que o PNB pode ser interpretado como um instrumento da bioeconomia, tida como a economia do futuro. A bioeconomia tem um conceito bem abrangente que gira em torno do estudo dos sistemas biológicos e recursos naturais aliados ao desenvolvimento de novas tecnologias com o intuito de criar produtos e serviços mais sustentáveis (POZZETTI, FERREIRA e SILVA, 2020).

Para além dessa conceituação, vale dizer que não há um consenso na literatura ou entre as autoridades regulatórias sobre a definição de bioeconomia. Segundo o IPEA (2017), o conceito de bioeconomia está em franca evolução, entretanto, apesar das variações conceituais, há elementos em comum como a origem em atividades primárias, os processos biotecnológicos e a aplicação desses para atingimento do desenvolvimento econômico.

Por falar em biotecnologia, cabe resgatar como está conceituado esse termo na Convenção sobre a Diversidade Biológica, promulgada pelo Decreto nº 2.519, de 16 de março de 1998: “Biotecnologia significa qualquer aplicação tecnológica que utilize sistemas biológicos, organismos vivos, ou seus derivados, para fabricar ou modificar produtos ou processos para utilização específica” (BRASIL, 1998).

A bioeconomia tem tomado maior espaço na formulação de políticas públicas em todo o mundo. Diversos países já enxergam a bioeconomia como instrumento estratégico para superar/transpor desafios sociais importantes como segurança alimentar, mudanças climáticas, crescimento econômico, limitação dos recursos naturais e demanda por matérias-primas (DIAKOSAWAS e FREZAL, 2019).

Ao voltar o olhar para o Brasil, verifica-se que a bioeconomia vem ganhando importância no âmbito das políticas públicas e apresenta tendência crescente no nosso país. A bioeconomia tem sido encarada como oportunidade para o crescimento do agronegócio brasileiro ao utilizar e aprimorar todo o potencial dos recursos naturais disponíveis e da grande biodiversidade existente em prol da melhoria dos processos e dos produtos, gerando um ganho na cadeia de valores (IPEA, 2017).

Segundo o órgão coordenador do PNB, um dos impactos esperados a serem gerados pelo programa é o fortalecimento da bioeconomia agrícola brasileira na agenda nacional e internacional (MAPA, 2020). Isso demonstra a convergência do Brasil nesse cenário em que os princípios da bioeconomia estão cada vez mais presentes nas intervenções públicas.

É necessário ponderar ainda sobre as diferentes perspectivas da bioeconomia. De acordo com (BUGGE, HANSEN e KLITKOU, 2016), há três tipos de visão sobre a bioeconomia: a biotecnológica, a dos recursos naturais e a ecológica. A primeira objetiva crescimento econômico por meio de investimentos em pesquisa e desenvolvimento em biotecnologia, com foco no mercado global. A segunda e a terceira, apesar de algumas diferenças entre si, já possuem um foco mais regional e têm como objetivo práticas economicamente sustentáveis e ambientalmente responsáveis e integradas.

Ainda sobre o que diz Bugge *et al.* (2016), a visão biotecnológica da bioeconomia coloca em segundo plano os aspectos relacionados com os impactos positivos para o meio ambiente e para saúde da população. Ainda, com a priorização do crescimento econômico, as preocupações éticas e os riscos relacionados com a manipulação de recursos naturais estariam relegadas.

Considerando o que está posto no Decreto que instituiu o PNB e o contexto político em que esse foi sancionado, o discurso do governo brasileiro indica que a finalidade principal do incentivo à incorporação dos bioinsumos pela agropecuária brasileira é o desenvolvimento econômico (FARIA e WANDER, 2021). Esse é um viés sutil. Quando a normativa fala em beneficiar o setor com a ampliação do uso dos bioinsumos, as consequências benéficas para o meio ambiente e saúde são apontadas, mas é possível dizer que não estariam entre os objetivos primordiais, e sim seriam desdobramentos da intervenção.

Dessa forma, o PNB seria enquadrado na abordagem biotecnológica proposta por Bugge *et al.* (2016). Ao optar pelo uso dos bioinsumos alternativamente, o produtor brasileiro segue um novo paradigma: os insumos químicos, mais dispendiosos, agora se tornam dispensáveis, com diminuição da dependência externa, o que implica em redução de custos na lavoura. Assim, há mais liberdade e autonomia no contexto regional e, conseqüentemente, há um valor agregado maior aos seus produtos e serviços, pois estaria alinhado com práticas mais sustentáveis.

3.5 Financiamento do Programa Nacional de Bioinsumos

De acordo com o Decreto nº 10.375, de 2020, uma das competências do MAPA, órgão coordenador do programa, é criar ambiente favorável para o financiamento de infraestrutura e de custeio, por meio da oferta de crédito e de acesso a instrumentos econômicos que beneficiem a produção e a utilização de bioinsumos (BRASIL, 2020).

Com isso, o Plano Safra 2020-2021 trouxe possibilidades de acesso a linhas específicas de financiamento de forma que agricultores e empresas possam recorrer a recursos financeiros

para aquisição e construção de instalações para a implantação ou ampliação de unidades de produção de bioinsumos na propriedade rural, para uso próprio (MAPA, 2021).

Uma das opções se dá por meio do Programa ABC – Agricultura de Baixo Carbono do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), em que produtores rurais (pessoas físicas ou jurídicas) e cooperativas podem recorrer à linha ABC Bioinsumos para instalarem ou ampliarem suas biofábricas a uma taxa de financiamento de 7% ao ano (BNDES, 2022).

Ainda, há o Pronaf Bioeconomia, que também é um programa do BNDES, em que agricultores e produtores rurais familiares, pessoas físicas, possuem acesso a financiamento com taxas de juros menores (prefixada de 3% ao ano) para mesma finalidade indicada anteriormente, entre outras relacionadas com práticas sustentáveis (BNDES, 2022).

A partir de dezembro de 2021, o BNDES ampliou as frentes de financiamento e aprovou crédito permanente ao setor de bioinsumos, com a intenção de fortalecer o desenvolvimento sustentável (BNDES, 2021). O BNDES afirma que um dos objetivos desse tipo de incentivo é reduzir a dependência externa dos insumos usados no campo, o que estaria alinhado com as perspectivas da Bioeconomia e do Programa Nacional de Bioinsumos.

Em consulta ao BNDES, por meio do canal Fala.BR, para ter acesso a dados acerca dos valores concedidos pelas linhas de financiamento especificamente para os produtores com a finalidade de implementação de unidades produtoras de bioinsumos para uso próprio (biofábricas), obtivemos um retorno em 28/03/2022. Na resposta, é declarado que, no âmbito do programa ABC Bioinsumos, não foram celebradas operações de crédito no período compreendido entre 01/01/2020 e 28/02/2022. Já quando se trata do Programa PRONAF Bioeconomia, a resposta obtida foi que apenas três operações foram contratadas no mesmo período, totalizando um montante de R\$ 123,7 mil, no entanto não souberam identificar se os valores foram destinados para investimentos em biofábricas mais especificamente, uma vez que essas informações ficam em posse das instituições financeiras repassadoras.

Há outros bancos, a exemplo do Banco do Brasil, que também ofertam crédito pela modalidade/produto ABC – Agricultura de Baixo Carbono e financiam projetos que adotam sistemas e técnicas de produção agropecuária mais sustentáveis (BANCO DO BRASIL, 2021). Essas iniciativas de fomento são uma demonstração da confiança dessas instituições em cultivos de bases mais sustentáveis que tendem a permitir que o Brasil se mantenha como um dos protagonistas mundiais do agronegócio.

Assim, tendo em vista que alguns dos objetivos do PNB são fomentar o desenvolvimento e a inovação em bioinsumos e incentivar a implementação de biofábricas,

espera-se que, cada vez mais, novos produtos, processos e tecnologias sustentáveis e alternativos sejam desenvolvidos e implementados.

A seguir, vamos falar então um pouco mais sobre as biofábricas e trazer aspectos legais, históricos, econômicos e de boas práticas de produção relacionados a elas.

CAPÍTULO 4 – Um Diagnóstico das Biofábricas

Neste capítulo, apresentamos as biofábricas, em especial as que realizam produção para uso próprio. Por meio de aplicação de questionário e pesquisa de campo, mapeamos e traçamos um diagnóstico das condições de funcionamento de uma amostra de biofábricas instaladas em propriedades que praticam o sistema on farm.

4.1 Biofábricas – Produção para uso próprio

Há algum tempo, mesmo antes da existência do PNB, os agricultores familiares já produziam bioinsumos em suas propriedades rurais. A produção de bioinsumos para uso próprio é a realizada pelo produtor rural para utilização na própria fazenda para a finalidade pretendida, sendo vedada a comercialização dos bioinsumos fabricados ali. Nos últimos anos, grandes produtores de *commodities* também passaram a produzir bioinsumos para uso próprio em seus estabelecimentos, tendo em vista a alta demanda por esse tipo de produto (CANAL RURAL, 2021).

Um outro fator que estimulou a produção nas próprias fazendas foi a possibilidade de isenção de registro quando o resultado da fabricação for exclusivo para uso próprio, sem fins comerciais. Essa abertura regulatória teve início em 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). No §8º do artigo 1º do Decreto 6.913, de 2009, ficou determinada a dispensa de registro dos produtos fitossanitários com uso aprovado para a agricultura orgânica produzidos exclusivamente para uso próprio. A partir deste Decreto, houve um crescimento significativo da produção de produtos de origem microbiológica nas fazendas, denominada também como produção *on farm* (SANTOS, DINNAS e FREIRE, 2020).

Com o advento do PNB, houve proposição de normativas para desobrigar de registro os bioinsumos fabricados para uso próprio, mesmo que seja para uso na agricultura convencional. Assim, o Decreto nº 10.833, de 07 de outubro de 2021, que alterou o Decreto nº 4.074, de 2002, estabeleceu que 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 (BRASIL, 2021). Com isso, fica nítido o incentivo desse tipo de produção própria tanto em propriedades com sistema de cultivo orgânico como em sistemas convencionais.

As biofábricas podem ser consideradas como uma importante ferramenta biotecnológica à disposição do PNB e possuem diversas vantagens para o produtor rural, como diminuição de custos de fabricação, armazenagem e transporte quando se compara à aquisição de produtos comerciais prontos (VIDAL, AMARAL, *et al.*, 2021).

Além disso, a produção própria de bioinsumos minimiza a dependência do produtor por insumos muitas vezes importados, sujeitos à variação cambial, que representam impacto direto no aspecto econômico do negócio. Dessa forma, há um fortalecimento da autonomia do setor produtivo (FARIA e WANDER, 2021).

Por outro lado, esse tipo de produção, também denominada *on farm*, se for realizada em condições operacionais inapropriadas, pode ocasionar problemas relacionados com geração de contaminantes, proliferação de microrganismos patogênicos, acidentes ambientais e até mesmo produtos ineficazes para a finalidade pretendida.

A credibilidade da tecnologia pode ser ameaçada caso a produção sem as devidas boas práticas resulte em um produto atenuado com uma concentração de microrganismos abaixo do que seria adequada para uso em campo, sem desempenhar a atividade esperada. Um exemplo é trazido por (GAZZONI e HUNGRIA, 2021) de uma experiência brasileira passada referente a um programa de uso do controle biológico para controle da lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatalis*, que utilizava baculovírus no seu combate. O programa estimulou o uso de *Baculovirus anticarsia* para o controle da lagarta da soja e foi utilizado em 2 milhões de hectares de soja no Brasil (MOSCARDI, SOUZA, *et al.*, 2011)

Inicialmente exitoso, o programa não utilizava inseticidas químicos, pois o vírus em questão é praga específico e altamente eficaz. Com isso, os próprios agricultores passaram a fabricar o inseticida de base biológica para aplicação na safra seguinte. No entanto, por falhas na produção e no controle de qualidade, não se obtinha a proporção de vírus suficiente para controlar a praga e essa foi uma das causas do final precoce desse programa. Assim, o programa foi vítima do seu próprio sucesso e a estratégia foi desacreditada (GAZZONI e HUNGRIA, 2021).

Ainda, a percepção equivocada de que, se algo é de origem natural, não há perigos envolvidos, pode gerar sérios problemas. Essa visão é trazida pelo *decreto* n. 658/21, o qual está em trâmite nas Casas Legislativas, e que ratifica o PNB e dispõe sobre a classificação, o tratamento

e a produção de bioinsumos por meio de produção própria (*on farm*) (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2021). Pelo texto inicialmente proposto, estaria autorizada a produção de bioinsumos em estabelecimento rural para uso próprio, sendo considerada atividade de risco leve ou irrelevante, observado o disposto na Lei nº 13.874, de 20 de setembro de 2019 (Lei de Liberdade Econômica).

No entanto, o Decreto 10.178, de 18 de dezembro de 2019, regulamentador da lei supracitada, que dispõe sobre os critérios e os procedimentos para a classificação de risco de atividade econômica, em seu art. 4º, estabelece que o órgão ou a entidade, para aferir o nível de risco da atividade econômica, considerará, no mínimo: I – a probabilidade de ocorrência de eventos danosos.

Tendo em vista a diversidade biológica e os critérios de biossegurança, caso não sejam seguidos os devidos requisitos de boas práticas de fabricação, é possível haver contaminação e promoção de eventos danosos tanto à saúde humana como ao meio ambiente. Para esse tipo de produção, segundo Nota Técnica da Anvisa (ANVISA, 2021), devem existir condições técnicas adequadas e um controle de qualidade condizente para evitar a multiplicação de espécies que não sejam efetivas para a finalidade proposta ou de espécies patogênicas e/ou geradoras de toxinas relevantes do ponto de vista da saúde humana.

Em um país de base agrícola tropical como o Brasil, a sanidade da produção é fundamental. Caso algum organismo indesejado se propague e contamine determinada produção, o impacto negativo dessa disseminação pode ser expressivo. Casos concretos são relatados na literatura, como o descrito por (SANTOS, DINNAS e FREIRE, 2020), em que, a fim de avaliar a qualidade microbiológica dos produtos, foram coletadas 12 amostras de 5 propriedades rurais diferentes na região do Vale do São Francisco em que há produção *on farm*. Após as análises, nenhuma das amostras continham a organismo alvo da multiplicação. Cerca de 84% das amostras apresentaram quantidade elevada de coliformes totais, dessas 75% foram positivas para coliformes termotolerantes, e 75% das amostras tiveram presença provável de *Salmonella* sp., que são organismos que representam perigo sanitário.

Como conclusão, ratificou-se o risco potencial para a saúde dos manipuladores e dos consumidores finais, além da baixa eficiência agrônômica dos organismos usados como fonte de inóculo do bioinsumo, caso as condições do sistema de multiplicação apresentem problemas quanto à qualidade microbiológica.

Outro exemplo é relacionado com a produção de *Bacillus thuringiensis* (Bt), bactéria amplamente usada como inseticida. Um estudo francês (BONIS, FELTEN, *et al.*, 2021) apontou associação entre esse microrganismo e casos de surtos alimentares. A pesquisa afirma

que o Bt foi detectado em 49 episódios de doenças por contaminação alimentar na França no período de 2007 a 2017; desses, 19 casos investigados detectaram apenas o Bt como provável agente causal. Como origem da contaminação, o estudo indicou que mais de 50% dos isolados de Bt foram identificados em vegetais crus. Os resultados levam à indicação do potencial patogênico dessa bactéria e da necessidade de um controle rigoroso das toxinas produzidas durante o processo de produção, pois caso se propague uma cepa de Bt que produza β -exotoxina, há riscos para a saúde humana, uma vez que essa toxina apresenta alta toxicidade para mamíferos.

Diversos outros estudos recentes, relatam casos de contaminação nas produções *on farm*. Lana *et al.* (2022), ao avaliar a qualidade microbiológica de inoculantes à base de *Bacillus* produzidos em sistema *on farm* no estado de São Paulo, identificaram a presença de *Enterococcus faecalis*, bactéria existente na microbiota intestinal de seres humanos e animais, e *Klebsiella pneumoniae* ou *K. quasipneumoniae*, bactérias patogênicas capazes de causar infecções graves nos seres humanos, além de apresentarem resistência significativa a diversos antibióticos.

Também é de Lana e colaboradores (2019) um estudo realizado com amostras de produtos à base de Bt coletadas em propriedades rurais que praticam fabricação *on farm* no estado de Goiás. Nessa publicação, os achados demonstraram ausência de controle e padronização na produção dos bioinsumos. Além disso, entre os resultados verificou-se que quase todas as colônias analisadas (97,5%) não foram identificadas como Bt, o que indicou que os microrganismos contaminantes foram mais agressivos no crescimento sob as condições de cultivo praticadas pelos produtores rurais. Esses contaminantes encontrados se referem a espécies de bactérias patogênicas como *Enterococcus faecium* e *E. faecalis*, as quais são causadoras de infecções septicemia, infecções do trato urinário, infecções de feridas, meningites e endocardites em humanos (LANA *et al.*, 2019).

Com base em tudo o que foi exposto, urge a necessidade de que essa atividade de fabricação de bioinsumos *on farm* seja devidamente regulamentada no intuito de evitar acidentes ambientais, problemas de saúde pública e de ineficácia dos produtos a serem aplicados em campo. A seguir, serão exploradas as condições adequadas de produção dos bioinsumos de forma a garantir sua qualidade e segurança.

4.2 Condições operacionais e parâmetros de qualidade das biofábricas

Nesta seção serão abordados pontos críticos de preocupação durante o processo de produção de bioinsumos, com especial atenção aos produtos à base de microrganismos, que merecem níveis maiores de controle e manejo. Esse esforço pode ser aproveitado quando da elaboração de um regulamento específico ou manual contendo os requisitos de boas práticas de fabricação.

O Decreto que institui o programa prevê a edição de um manual de boas práticas para as unidades produtoras de bioinsumos – as biofábricas, a serem fomentadas por todo o país (BRASIL, 2020). Ainda, entre as ações estruturantes está o estímulo ao desenvolvimento de manuais de boas práticas de produção, uso e aplicação de bioinsumos em parcerias com instituições públicas e privadas (MAPA, 2020).

Nesse sentido, há uma lacuna regulatória por assim dizer, uma vez que esse manual previsto ainda não fora lançado para subsidiar tecnicamente a fabricação dos bioinsumos nas biofábricas. É possível encontrar na bibliografia material técnico-teórico contendo orientações que se aplicam à fabricação de alguns tipos de bioinsumos, como o guia publicado pela Embrapa voltado para produção e controle de qualidade de produtos biológicos à base de *Bacillus thuringiensis* para uso na agricultura (MONNERAT, PRAÇA, *et al.*, 2018). No entanto, oficialmente, durante a implementação do programa, não há nenhuma publicação nesse sentido e que abarque outros tipos de bioinsumos.

Cabe aqui ressaltar uma Nota Técnica emitida pela Embrapa, veiculada em 17/11/2021, na qual são apresentados três princípios básicos a serem observados quando da produção de insumos biológicos por produtores na modalidade *on farm*:

- utilizar apenas microrganismos que constem das listas oficiais do MAPA, ou com especificação de referência, e que sejam adquiridos em bancos de germoplasma reconhecidos como oficiais pelo Ministério, a fim de garantir a confiabilidade da origem e a eficácia;
- existência de um cadastro dos estabelecimentos produtores de bioinsumos junto ao MAPA para possibilitar rastreabilidade em caso de eventuais problemas decorrentes da produção;
- necessidade de um responsável técnico habilitado e devidamente capacitado nas fazendas para a produção dos bioinsumos. (EMBRAPA, 2021).

Assim, para além dessas recomendações e orientações, um manual mais completo que contenha a previsão dos padrões mínimos de uma biofábrica se mostra imprescindível para, inclusive, possibilitar uma gestão dos riscos que perpassam pelos aspectos de saúde pública, segurança

dos alimentos e equilíbrio ambiental. Nessa pesquisa, vimos então sugerir tópicos mínimos a serem considerados quando da publicação de um futuro manual:

- a) Estrutura física adequada e de qualidade: seção em que devem ser detalhados os equipamentos básicos para a instalação de uma estrutura de produção;
- b) Meio de cultura e insumos;
- c) Identificação e caracterização do(s) microrganismo(s) com orientações sobre manutenção da coleção de trabalho;
- d) Metodologia de quantificação do microrganismo;
- e) Procedimento de controle de determinadas toxinas, conforme a espécie de microrganismo multiplicada;
- f) Procedimentos, metodologias, controle de qualidade e processo de produção bem descritos, definidos e estabelecidos.

4.3 Mapeamento das Biofábricas

É sabido que um dos objetivos estratégicos do programa é “*incentivar a implantação de biofábricas voltadas à produção de bioinsumos*”. No entanto, inexistente uma base de dados disponível, no âmbito do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), entidade coordenadora do Programa, que contemple os estabelecimentos rurais com biofábricas instaladas para produção de bioinsumos para uso próprio. Há apenas dados de estabelecimentos que produzem bioinsumos para fins comerciais, os quais são detentores de registro de produtos.

Pensando nisso, o Projeto de Lei nº 658, de 2021, ainda em tramitação, que dispõe sobre a classificação, tratamento e produção de bioinsumos por meio do manejo biológico *on farm*, traz como uma de suas proposições que o produtor rural deverá se cadastrar junto ao órgão estadual ou distrital de Agricultura para produzir bioinsumo que tenha microrganismo como princípio ativo para uso próprio (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2021). A própria Embrapa, na Nota Técnica mencionada na seção anterior, traz como uma das recomendações a necessidade de cadastro dos estabelecimentos produtores de bioinsumos para uso próprio junto ao MAPA, uma vez que se deve conhecer minimamente a realidade e as condições de fabricação desses insumos dentro das fazendas (EMBRAPA, 2021).

A ausência desse cadastro é, portanto, um empecilho ao conhecimento do funcionamento das biofábricas e o seu monitoramento. Conforme já dito aqui, é grande o vazio de informação sobre as biofábricas instaladas em propriedades que fabricam bioinsumos para uso próprio. Sendo assim, foi conduzida pesquisa descritiva com fins de mapear algumas

biofábricas e traçar um diagnóstico quanto a produção *on farm* hoje instaladas. Essa pesquisa parte, assim, de uma lacuna quanto à existência de banco de dados acerca das biofábricas existentes em estabelecimentos rurais que praticam esse tipo de produção *on farm*.

Dado o exposto, com fim de averiguar o alcance do objetivo estratégico do programa anteriormente mencionado, foi realizado um levantamento de modo a mapear onde estão localizadas as biofábricas, observar o comportamento do número de biofábricas instaladas e em *funcionamento* ao longo da implementação do programa e analisar as possíveis flutuações quantitativas nas diferentes regiões do nosso país.

Do ponto de vista metodológico, seguimos uma abordagem qualitativa. Para além dos achados numéricos de instalação de biofábricas, foi formulado e aplicado questionário (anexo I) de pesquisa para avaliar os benefícios e as dificuldades de se instalar uma biofábrica, entre outros aspectos. Além disso, uma pesquisa de campo junto a algumas biofábricas foi desempenhada para averiguar como se dá a produção *in loco* desses bioinsumos.

Dessa forma, este trabalho, quanto ao seu objetivo, se enquadra como descritivo, pois se faz necessário especificar os atributos e características do objeto em estudo, qual seja as biofábricas, com utilização de técnicas padronizadas para coletas de dados, como questionários e observações sistemáticas (GIL, 2008).

Como porta de entrada para coleta de dados, foi estabelecido contato com o Grupo Associado de Agricultura Sustentável (GAAS). Esse grupo possui cerca de 650 associados; vários deles lançam mão do uso de técnicas alternativas e sustentáveis na lavoura e propõem um novo modelo de agricultura com base em modelos regenerativos (GAAS, 2020).

De forma geral, os associados ao GAAS possuem grandes áreas de produção e já percebem o reflexo do uso de bioinsumos em detrimento dos insumos químicos na redução de custos, com manutenção da produtividade e melhoria das condições do solo (VIDAL, AMARAL, *et al.*, 2021).

Para fins de levantamento, foi aplicado um questionário (Anexo I) com perguntas divididas em seções para mapear onde estão localizadas as fazendas que praticam produção de bioinsumos *on farm*, como se dá essa fabricação e quais seriam os controles em processo, além de tentar captar a percepção desses produtores quanto ao PNB como intervenção pública e seus possíveis impactos.

O questionário foi direcionado exclusivamente aos produtores rurais que praticam fabricação própria (*on farm*) de bioinsumos, foi disponibilizado por um mês (de 14/02/22 a 14/03/22) e houve retorno de 27 respondentes. Observamos que como não houve caráter obrigatório para o preenchimento do formulário. Todavia, as informações coletadas foram

suficientes para extrairmos entendimentos e desdobramentos importantes sobre o que está acontecendo.

Com base nas respostas da primeira série de perguntas atinentes à identificação dessas propriedades, foi possível visualizar onde estão situadas essas biofábricas *on farm* ao longo do território brasileiro (Gráfico 1 e Tabela 1).



Gráfico 1. Distribuição das biofábricas entrevistadas com produção *on farm* pelo território brasileiro.

Tabela 1. Quantitativo de biofábricas por estado brasileiro.⁷

Estado	Quantidade de Biofábricas
AL	1
BA	1
DF	1
GO	4
MA	1
MG	6
MS	3
MT	1
PA	2
PR	1
RJ	1
RS	3
SP	4
TO	1

Considerando que uma das ações estruturantes do programa é o incentivo à implantação de biofábricas de bioinsumos em todo país, principalmente nas regiões norte, nordeste e centro-oeste (MAPA, 2020), era de se esperar um incremento real na quantidade de biofábricas, em especial nessas regiões que necessitam ainda mais de alternativas sustentáveis para produção agrícola, tendo em vista o déficit e a vulnerabilidade quanto à segurança alimentar em alguns estados. No entanto, observa-se pelo gráfico acima que ainda existe um vazio nas regiões norte e nordeste, considerando a amostra analisada. Situação essa que só pode ser sanada com um censo desses estabelecimentos, portanto, em larga escala.

Historicamente, existe uma disparidade socioeconômica nas regiões Norte e Nordeste do país, as quais merecem maior atenção e acompanhamento durante a implementação desse tipo de política pública, pois, como nos traz Vidal *et al.* (2021), é sabido que atualmente boa parte da produção de bioinsumos está concentrada no eixo sul-sudeste do Brasil.

Vale dizer que, entre os 27 respondentes, a maioria deles, 19, se enquadram nos moldes de produção da agricultura convencional. Quanto aos demais, dois são agricultores orgânicos e seis declararam estar em transição. Com isso, é possível constatar e corroborar o que a literatura diz sobre os bioinsumos serem de fato uma realidade no Brasil, para além do setor de agricultura orgânica que deu início a essa demanda (VIDAL, SALDANHA e VERISSIMO, 2020). A agricultura de base sustentável vem sendo realmente praticada pelos agricultores convencionais com clara manifestação de aumento dessa adoção.

⁷ O quantitativo total da tabela corresponde a 30 biofábricas, pois um dos produtores informou possuir 4 unidades produtoras de bioinsumos em fazendas localizadas em diferentes cidades.

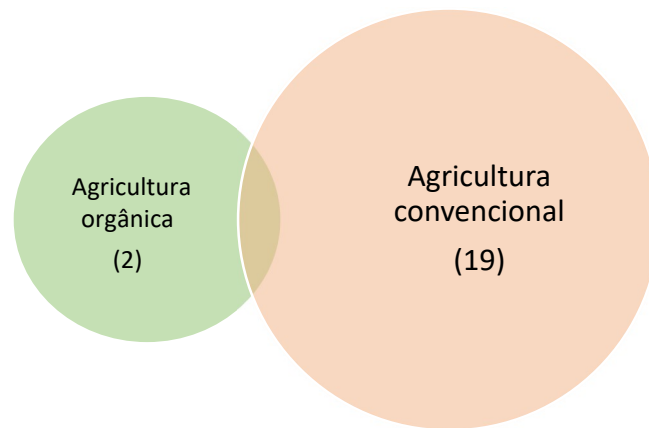


Gráfico 2. Categorização dos respondentes com base no sistema produtivo.

Não só o sistema de produção deve ser levado em consideração nessa análise, como também o tamanho das propriedades e da área cultivável em que bioinsumos são aplicados. Para tanto, foram feitas três perguntas que abrangem essa caracterização: “*Quantos hectares possui a propriedade rural?*”, “*Quantos hectares possui a área cultivada?*” e “*Qual é a extensão da área (em hectares) na qual os bioinsumos são aplicados?*”.

Quando se fala em tamanho e enquadramento de propriedade rural no Brasil, cabe dizer que a caracterização em pequeno, médio ou grande porte é definida por lei e possui algumas variáveis e parâmetros. Existe uma unidade denominada módulo fiscal e o seu conceito foi introduzido pela Lei nº 6.746/1979. Já a Lei nº 8.629/1993 utiliza o módulo fiscal como base para determinar que uma propriedade pequena tem de 1 a 4 módulos, uma média tem de 4 a 15 e a grande propriedade tem mais de 15. Ainda, a dimensão do módulo fiscal é variável e é definido para cada município, a depender de uma série de fatores (EMBRAPA, s.d.).

Com base nas respostas recebidas dos respondentes do questionário, pode-se dizer que a grande maioria – 74% – corresponde a grandes propriedades, 22% são propriedades de médio porte e 3,7%, de pequeno porte. Assim, verifica-se que, além de prevalecerem os agricultores convencionais nessa amostra, a maior parte também equivale a grandes propriedades. Ainda, 18 dos 27 produtores (66,6%) aplicam bioinsumos em área equivalente à toda a área cultivada informada. Tudo isso indica a tendência de uso dos bioinsumos por esse grupo de produtores.

Interpretação importante pode ser feita a partir da pergunta 6 do questionário “*Quando se deu o início das atividades da biofábrica?*”. Com base nas respostas recebidas, verifica-se que 48% das biofábricas on farm foram instaladas antes da publicação do Decreto, qual seja 26 de maio de 2020 (Gráfico 3).

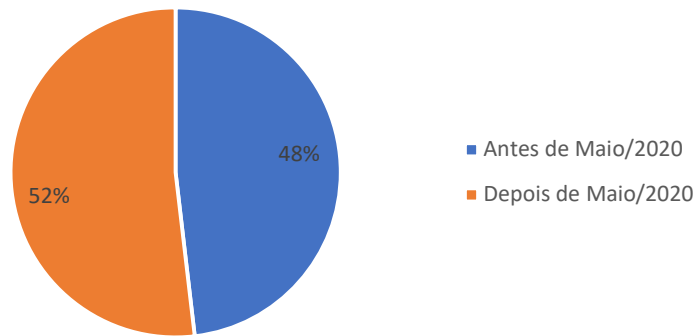


Gráfico 3. Data de início do funcionamento da biofábrica (*on farm*) considerando o marco da publicação do PNB.

Esse resultado nos permite dizer que mesmo antes do Decreto, alguns produtores já apostavam no uso de bioinsumos e implementaram a fabricação desses em suas propriedades, indicando que o movimento por uma agricultura mais sustentável já era uma tendência.

Para dar continuidade à caracterização das biofábricas em estudo, a seguinte pergunta foi feita “*Os bioinsumos produzidos na biofábrica são usados com qual finalidade?*”. A pergunta possuía diversas opções para marcação da resposta (podendo ser escolhida mais de uma opção) – Controle biológico de pragas e doenças, Biofertilizante, Bioinoculante, Promotor ou regulador de crescimento, Outra (em aberto).

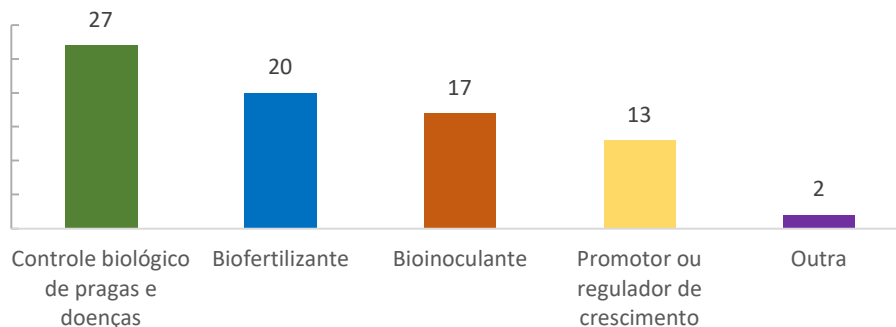


Gráfico 4. Diferentes finalidades de uso dos bioinsumos em campo.

Todos os produtores que responderam o questionário utilizam os bioinsumos fabricados para a finalidade de controle biológico de pragas e doenças, que é o uso mais clássico historicamente. Ainda, 74% dos respondentes usam bioinsumos para esse tipo de controle e para pelo menos mais algum outro uso, conforme respostas obtidas.

Como o segundo maior uso, de acordo com o gráfico 4 mostrado, vem o biofertilizante, que vai ao encontro do que traz a literatura sobre a sua crescente utilização. Segundo (SILVA, 2021), há um real interesse pelos biofertilizantes, pois os produtores acreditam que podem se

beneficiar com redução de custos ao adotá-los, quando se compara com fertilizantes sintéticos, e, conseqüentemente, contribuem para diminuir impactos ambientais negativos.

Ademais, o fato de os produtores utilizarem os bioinsumos para diversas funções, 70% deles para pelo menos três das opções apresentadas, ratifica que sua aplicação em campo pode ser sistêmica e benéfica.

Um outro importante questionamento feito aos produtores foi “Qual(is) espécie(s) de organismo(s) é(são) utilizado(s) como base para os bioinsumos fabricados?”. Em relação a essa questão, cabe salientar que a produção pode se dar a partir da replicação de produtos comerciais adquiridos no mercado, pela multiplicação de microrganismos obtidos em bancos de germoplasma ou por meio de pré-inóculos preparados e vendidos por empresas especializadas (EMBRAPA, 2021). Verificou-se que todos os produtores respondentes trabalham com mais de um microrganismo em sua fabricação própria. Entre as respostas, prevaleceu o uso de bactérias do gênero *Bacillus* e dos fungos *Beauveria bassiana* e *Metharizium anisopliae*, assim como os do gênero *Trichoderma*, organismos já amplamente usados em campo há alguns anos. Cabe já aqui apontar uma preocupação acerca da produção on farm com múltiplos microrganismos, o que será mais bem discutido à frente ao abordar os controles em processo necessários.

A próxima pergunta foi “*Os bioinsumos fabricados são aplicados em quais culturas agrícolas?*” para termos uma ideia em quais culturas esses produtos estão sendo usados. Ao tratar as respostas, verificamos que as culturas mais mencionadas pelos produtores são milho e soja, conforme pode ser visto pelo gráfico abaixo. Além dessas, há uma diversidade relativamente grande de aplicação, o que pode ser visto pela coluna da categoria “outras”, em que estão inseridas culturas como gergelim, aveia, cenoura, tomate, arroz, cevada, entre várias outras, citadas pelo menos uma vez nas respostas. Entre as frutíferas, encontram-se citros, morango e banana. Outras menos citadas, mas com expressividade nas menções, estão pastagens, cana-de-açúcar, feijão, trigo, sorgo e café.

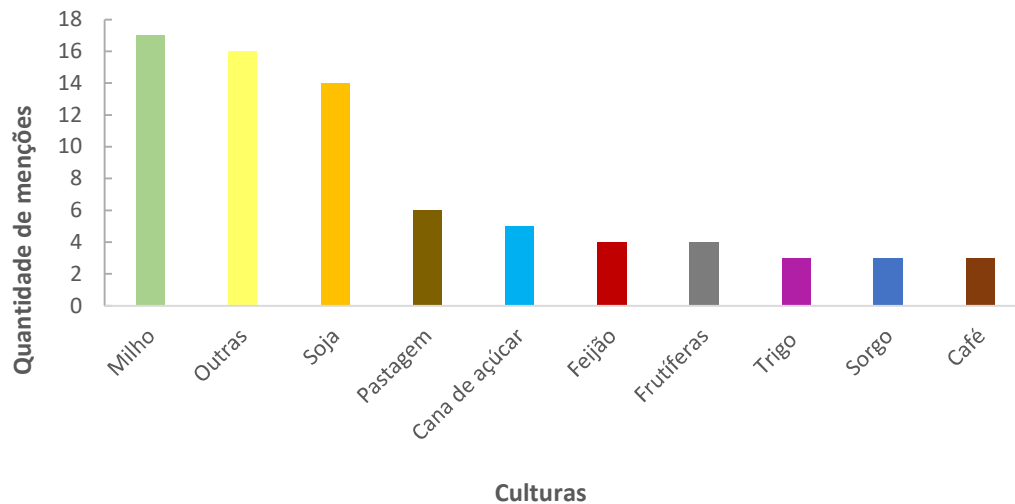


Gráfico 5. Culturas mencionadas pelos produtores nas quais são aplicados os bioinsumos.

A terceira seção do questionário contém perguntas que dizem respeito aos recursos humanos envolvidos nas biofábricas. Uma das perguntas foi “*Quantas pessoas estão envolvidas na produção dos bioinsumos?*” – 19 dos 27 respondentes, o que equivale a 70%, possuem apenas 1 ou 2 colaboradores destinados à produção. O restante das respostas apresentou variação entre 3, 4, 5 ou 7 pessoas envolvidas na fabricação dos bioinsumos.

Mais que a quantidade, nos interessou saber também acerca do processo de capacitação desses colaboradores, afinal a multiplicação de organismos envolve uma série de conhecimentos técnicos para que tudo saia conforme o esperado. Em resposta à pergunta “*Como foi o processo de capacitação dos colaboradores envolvidos na produção de bioinsumos?*”, a maioria indicou que recebeu treinamento por meio de parceiros, como o GAAS, Sebrae ou Embrapa, por consultoria ou assessoria técnica especializada contratada ou pela própria empresa fornecedora de equipamentos e inóculos. Ou seja, esse resultado nos mostra a preocupação em treinar com o mínimo de subsídio técnico o pessoal envolvido nas fábricas de bioinsumos *on farm*.

Outra questão importante tratou sobre haver um responsável técnico pela produção dos bioinsumos, princípio já recomendado pela Embrapa para essa finalidade. 21 dos 27 respondentes afirmaram ter um responsável técnico pela biofábrica. Dos quase 80% de produtores da nossa amostra que afirmaram possuir um responsável técnico, foi possível conhecer um pouco sobre a formação desse profissional com base nas opções de resposta apresentadas na próxima pergunta. Com isso, soubemos que 13 deles são engenheiros agrônomos, três são técnicos agrícolas, dois são biólogos e outros três indicaram outras formações. Ou seja, de forma geral, essas respostas indicam existir uma preocupação em

conferir essa responsabilidade a alguém habilitado de forma mais específica, o que é muito importante e demonstra uma prática a ser seguida.

Adentramos agora na quarta e importantíssima seção relacionada com os controles em processo da biofábrica, com foco nas preocupações que envolvem a segurança biológica. A fim de mapear os controles existentes durante a fabricação foi feita a seguinte pergunta “*Quais parâmetros são monitorados durante o processo de fabricação com fins de controle de qualidade da produção na biofábrica?*”, para a qual havia várias opções possíveis de serem marcadas – Temperatura, pH, Toxinas, Identificação do organismo, Concentração do microrganismo/teor do ingrediente ativo, Determinação de contaminantes e Outro (campo aberto). Inicialmente precisamos destacar 7 respostas das 27 que nos deixam em alerta. Duas das biofábricas procedem com controle de temperatura e pH, outras duas, somente de temperatura, uma delas faz apenas “controle visual”, outra “cor e odor” e, por último, tivemos uma resposta que indica nenhum controle realizado. Dessas, vamos destacar que a biofábrica que realiza apenas controle visual pratica multiplicação de organismos da mata, ou seja, não se sabe exatamente o que estaria sendo multiplicado. Multiplicar organismos encontrados na natureza sem a devida caracterização e conhecimento de sua virulência, da produção de possíveis toxinas relevantes e de demais características pode implicar em ameaças à saúde humana e ao meio ambiente (ANVISA, 2021).

Outro exemplo foi o produtor de uma biofábrica que respondeu realizar controle com base nos parâmetros de cor e odor – esse produtor indicou anteriormente na pergunta sobre quais organismos são base dos bioinsumos que utiliza o gênero *Bacillus*, o qual é bastante amplo, o gênero de fungos *Trichoderma*, e especificou outros com a espécie como *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana*. Assim, os controles dessa biofábrica podem ser muito superficiais tendo em vista a grande diversidade de microrganismos com que se trabalha nas instalações, havendo brecha para contaminações, falta de eficácia dos produtos, entre outras falhas.

Essas dificuldades de padronização do sistema de produção e de estabelecimento de medidas de controle de qualidade foram expostas em estudo de Valicente *et al.* (2018). Nele são apresentadas as consequências dessas fragilidades encontradas e, como resultado, em algumas amostras coletadas em propriedades do estado de Mato Grosso, foram detectadas contaminações por microrganismos do gênero *Microbacterium*, sendo que algumas espécies dele são resistentes a múltiplos antibióticos, e a prevalência de *Enterococcus casseliflavus* e *E. gallinarum*, o que é alarmante, pois estão associadas a quadros de endocardite e meningite em humanos (VALICENTE *et al.*, 2018).

Considerando a necessidade de se manter a qualidade dos organismos manipulados em uma biofábrica, de forma que eles estejam identificados e bem preservados, foi feita a pergunta “*Como é feita a manutenção/preservação do material biológico que serve como banco/coleção de trabalho para fabricação do bioinsumo?*”. Para nossa surpresa, com base nas respostas, alguns produtores parecem desconhecer o conceito de uma coleção de trabalho ou a importância desse tipo de manutenção. Tivemos respostas como “não há padrão” ou “não é feita”. Vários outros responderam somente manter em câmara fria ou refrigerado, sendo que os cuidados para se manter uma coleção de trabalho vão além disso.

Ainda, uma das preocupações ao se trabalhar com produtos à base de microrganismos é a possibilidade de haver contaminação biológica. Assim, fizemos a seguinte pergunta “*Quais são as medidas para evitar contaminação biológica durante o processo produtivo do bioinsumo?*”. Como já exposto neste trabalho, caso a produção seja realizada em condições inadequadas, um dos riscos mais sérios em decorrência é a proliferação de contaminantes e patógenos indesejáveis ao meio ambiente e à saúde humana. A grande maioria dos respondentes descreveu os cuidados dispensados à limpeza e desinfecção dos ambientes e dos equipamentos destinados à fermentação dos organismos. Alguns também indicaram cuidados quanto ao uso de EPI adequados, como luvas e máscara, além de haver entrada restrita no local de fabricação.

Por fim, a última pergunta dessa seção foi “*Caso seja detectada contaminação durante ou após a fabricação do bioinsumo, qual o protocolo a ser seguido?*”. A grande maioria indicou que o procedimento a ser tomado é o descarte, no entanto, não foram fornecidos mais detalhes sobre essa destinação, o que pode ser um ponto preocupante. Apenas duas respostas das 27 informaram que fazem uma análise para verificar o que teria causado o problema e procedem com as correções necessárias, além de direcionar o residual contaminado de forma diferenciada caso o contaminante seja um patógeno. Houve uma resposta que disse não ter padrão em caso de ocorrer um incidente de contaminação. Ainda, uma delas declarou não haver procedimento para tal, pois a análise do laboratório sempre chega após a utilização do bioinsumo. Ou seja, em caso de haver algum contaminante, esse já teria sido liberado para o ambiente e possíveis impactos negativos podem ser gerados a partir dessa ação.

Essa é uma questão séria e importante, pois, nesse pequeno espaço amostral, verifica-se que não existe, de forma geral, uma preocupação com o que deve ser feito em caso de contaminação e com os desdobramentos desse descarte, possivelmente inadequado, sem a devida verificação, investigação e realização de inativação microbiana nos casos necessários.

A fim de ratificar a importância dessas questões levantadas, trazemos aqui os resultados de um estudo de 2022 em que Bocatti e colaboradores realizaram análises de inoculantes à base

de *Bradyrhizobium spp.* e *Azospirillum brasilense* produzidos em sistema *on farm* que revelaram uma alta contaminação com organismos não-alvo. Foram coletadas 18 amostras de propriedades de cinco estados brasileiros diferentes. Após as devidas análises, pôde-se verificar que muitos dos bioinsumos não continham o organismo de interesse e, o que é pior, continham espécies potencialmente patogênicas para seres humanos, as quais foram dominantes durante a multiplicação em detrimento do microrganismo alvo. Os autores alertam sobre a importância de se assegurar procedimentos mínimos durante esse tipo de multiplicação de microrganismo de forma que o organismo de interesse prevaleça no meio de cultura utilizado (BOCATTI *et al.*, 2022).

Com a intenção de coletar percepções sobre como o Programa Nacional de Bioinsumos poderia ou não ter afetado a implementação das biofábricas, foi desenvolvida a Seção 5. A primeira pergunta consistia em saber quando da implementação/construção da biofábrica, quais foram os maiores desafios e obstáculos enfrentados. As seguintes opções, com possibilidade de mais uma marcação, foram apresentadas: Instalações/Estrutura física, Pessoal tecnicamente capacitado, Estabelecimento de protocolos/procedimentos do processo produtivo, Recursos financeiros, Não houve e Outra.

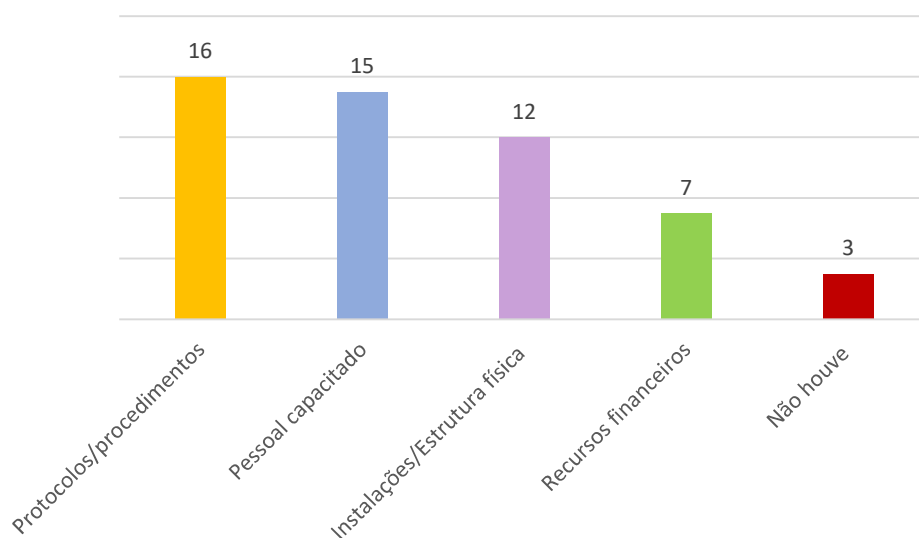


Gráfico 6. Frequência em que foram mencionados os desafios identificados para implementar uma biofábrica.

Com base no gráfico acima, pode-se verificar que as duas respostas mais frequentes foram relacionadas com as dificuldades em estabelecer os procedimentos do processo produtivo, a qual foi apontada 16 vezes, seguida de pessoal tecnicamente capacitado, para atuar na produção de bioinsumos – 15 menções. Essas respostas refletem a necessidade de mais ações de capacitação que tenham como escopo os bioinsumos e os seus processos produtivos, para além das iniciativas já realizadas pelo MAPA com parceiros.

E podemos ir além, pois essas questões, ao que tudo indica, não esbarram em problemas financeiros, já que somente sete dos 27 produtores apontaram esse tipo de desafio. O obstáculo talvez envolva a escassez de cursos ofertados na área ou dificuldade de acesso que, conseqüentemente, leva à falta de recursos humanos habilitados e lacunas de conhecimento no momento de estabelecer os protocolos e processos de fabricação dos bioinsumos.

Na tentativa de fazer uma relação entre a implementação do programa e a instalação das biofábricas, foi feita a seguinte pergunta “*O lançamento do Programa Nacional de Bioinsumos proporcionou melhorias ou vantagens no processo de implementação ou funcionamento da biofábrica? Se sim, quais?*”. Entre as respostas recebidas, várias foram as que disseram “não terem percebido diferença”, “não sentiram vantagens” ou, até mesmo, “não influenciou em nada”. Ao passo que, em algumas outras respostas, encontramos a percepção de que a existência do programa proporcionou “respaldo”, “legalização”, “regularização” ou “segurança jurídica” a essas atividades que estavam sendo realizadas, em muitos casos, até mesmo antes do programa.

Já quando se perguntou sobre o uso de linhas de financiamento, a exemplo das ofertadas pelo BNDES, para fins de aquisição e construção de instalações para implantação ou ampliação de unidades de produção de bioinsumos na propriedade rural para uso próprio, todas as propriedades responderam que não recorreram a esse tipo de recurso. Infere-se a partir disso que ou não se tem divulgado adequadamente a possibilidade de acesso a crédito para essa finalidade, ou o recorte da amostra estudada tem a peculiaridade de uma maior autonomia financeira de forma a não precisar recorrer a essa possibilidade de captação de recursos.

Por último, com a intenção de captar a visão dos produtores acerca do uso de bioinsumos e suas vantagens, foram elaboradas três perguntas. A primeira delas foi “*Caso já tenha sido realizado algum levantamento pela propriedade, qual seria a economia gerada por produzir o próprio bioinsumo em vez de adquirir o produto acabado comercial?*”. A maioria das respostas apontou para uma considerável economia gerada; um dos produtores declarou ter tido 200% de economia com a prática de fabricação *on farm* de bioinsumos. Os que não apontaram algum tipo de economia foi devido ao fato de não terem feito ainda esse levantamento por motivos de teste dos processos de multiplicação de organismos ou por ainda não ter fechado o ano agrícola.

Como segunda parte da pesquisa, outra técnica de coleta de dados usada foi a observação sistemática por meio de visita técnica *in loco* em algumas biofábricas instaladas para conhecer o estado da arte dos bioinsumos. Após algumas tentativas de contato com produtores e instituições para viabilizar essas visitas, houve êxito com a empresa Solubio e foram realizadas visitas a três biofábricas em março de 2022.

A Solubio é uma empresa especializada, que começou sua história antes mesmo do advento do PNB. Ela desenvolve tecnologia e fornece infraestrutura, insumos e assistência técnica para que o produtor rural possa fabricar seu próprio bioinsumo na fazenda (SOLUBIO, 2021).

Na tabela abaixo, foram sistematizadas algumas informações sobre as propriedades/biofábricas que conhecemos nessa ida a campo. Para preservar a identidade das propriedades, usamos a identificação por letras. Indicamos então o município em que estão localizadas, extensão da área e culturas agrícolas em que os são aplicados os bioinsumos produzidos e o tempo de funcionamento da biofábrica.

Tabela 2. Características das propriedades e biofábricas visitadas.

Propriedade	Localização	Extensão da área de aplicação (ha)	Culturas	Início das atividades da biofábrica
A	Cristalina-GO	1644	Milho doce, feijão e tomate	25/03/2020
B	Luziânia-GO	1000	Tomate, soja e milho doce	01/11/2021
C	Luziânia-GO	240	Soja, algodão e milho, sorgo	01/09/2020

A empresa fornece ao produtor contratante os pré-inóculos preparados, os meios de cultura a serem empregados e demais insumos necessários, além dos equipamentos/instalações. Todos os inóculos comercializados pela empresa são à base de bactérias, como, por exemplo, *Bacillus amilolyquefaciens*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Chromobacterium subtugae*, *Bacillus thuringiensis*, para as mais diversas finalidades em campo – seja controle de pragas, solubilização de fosfato, promoção de crescimento, biofertilizante, entre outras.

O sistema de produção é parcialmente fechado e automatizado, com painel e alertas, sendo possível o operador monitorar parâmetros como temperatura da calda, agitação e tempo de fermentação. A programação ou “receita” já está configurada a depender do tipo de inóculo usado e produto final pretendido.



Figura 7. Painel de controle da produção.

De forma geral, a estrutura física das biofábricas visitadas consiste em uma área destinada para recepção e armazenamento dos pré-inóculos e meios de cultura, seguida de área de multiplicação/fermentação e outra área com reservatórios onde ocorre a recirculação do fermentado e o armazenamento temporário, ambas refrigeradas, para então o produto a ser aplicado seguir para a lavoura em caminhões ou outros equipamentos, conforme representação esquemática na figura 8.

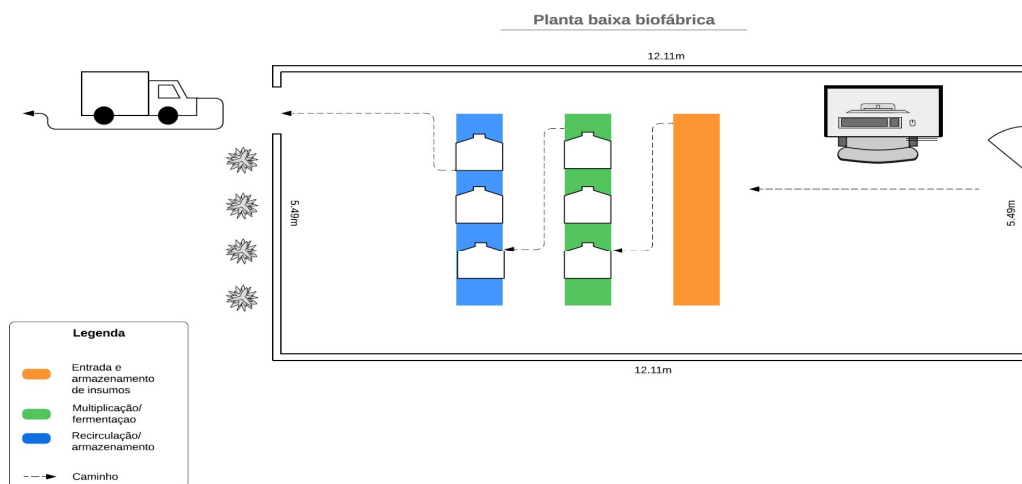


Figura 8. Planta baixa de uma biofábrica nos moldes das instalações visitadas (elaborada pela autora).



Figura 9. Área destinada ao armazenamento de insumos.



Figura 10. Tanques de fermentação em aço inoxidável com capacidade de 1000L cada em área refrigerada.



Figura 11. Tanques de fermentação em aço inoxidável com capacidade de 1500L cada.



Figura 12. Reservatórios de 1000L em inox para armazenamento/recirculação.

O colaborador da propriedade responsável pelas atividades de produção da biofábrica realiza a colocação manual do inóculo e insumos no tanque de fermentação por meio de abertura da tampa superior, a qual, segundo relatado, é higienizada com álcool antes do procedimento. A água que alimenta os tanques e é usada no processo de produção passa por filtragem antes da entrada, e os tanques também contêm filtro de ar. Os tanques são feitos de aço inoxidável, material sanitário, com capacidade de 1000 ou 1500L, a depender da demanda do produtor. A higienização dos tanques ocorre ao término de cada fermentação e antes do início de uma próxima, conforme protocolo estabelecido internamente.

Os manipuladores, durante o processo de produção, devem estar paramentados com jaleco e calçado dedicado para esse fim e utilizam EPIs, como luvas, toca e máscara facial, tudo a fim de evitar ou minimizar fontes de contaminação quando da fabricação.

Em visita à biofábrica C, uma medida sanitária importante verificada foram os cantos do piso arredondados, a fim de evitar depósito de possíveis contaminantes e facilitar a limpeza do ambiente.

Quanto ao controle de qualidade do produto final das biofábricas visitadas, os testes são realizados ou num laboratório próprio, como visto na propriedade A, ou externamente em uma central laboratorial da Solubio. No segundo caso, as amostras são coletadas em kit fornecido pela empresa e são recolhidas e enviadas para análise. Segundo relatado durante a visita, os seguintes testes são realizados: morfologia, coloração de Gram, contagem dos microrganismos, pH e temperatura. O limite mínimo de concentração recomendado para os bioinsumos produzidos, segundo os protocolos da empresa, é 10^7 unidades biológicas.



Figura 13. Laboratório de controle de qualidade da biofábrica A.

O laboratório de controle de qualidade visitado na biofábrica A conta com equipamentos como microscópio para análise de morfologia bacteriana, estufa para crescimento em placa, autoclave para esterilização de material, fluxo laminar para manipulação, entre outros.

No entanto, durante a visita nos foi declarado que o bioinsumo produzido é liberado em campo mesmo antes da obtenção dos resultados dos testes conduzidos. Além disso, para as três biofábricas, não são realizados ensaios para verificação de contaminantes e/ou pureza do bioinsumo fabricado.



Figura 14. Vista externa de biofábrica em sistema de contêiner instalada na fazenda C.

Por fim, a figura 14 apresenta a vista externa de uma biofábrica instalada em sistema de contêiner, que é uma das possibilidades de estrutura física entre as biofábricas instaladas. Durante a visita, nos foi informado que essa é uma maneira mais rápida e econômica para o produtor que quer testar a implantação de bioinsumos nas lavouras e funcionaria como um projeto piloto.

Com os resultados desta pesquisa, foi possível observar que a problemática da segurança biológica nas biofábricas certamente tem um senso de urgência quanto ao seu tratamento pelas autoridades públicas e à adoção de mecanismos e procedimentos de segurança por parte dos produtores. Portanto, as biofábricas precisam ser cadastradas para serem acompanhadas, principalmente quanto a seu funcionamento de modo que se diminuam os riscos à saúde coletiva, e o Estado possa desenhar políticas públicas adequadas para as situações encontradas. Dessa forma, para fins de contribuição e atendimento ao que estabelecem os incisos IX e XIII do artigo 3º do Decreto instituidor do PNB, finalizamos este trabalho com uma proposta de desenho de sistema de monitoramento para as biofábricas *on farm*, apresentada no próximo capítulo, que foi elaborada tomando como base parte dos achados deste capítulo.

CAPÍTULO 5 – Desenho de um sistema de monitoramento das biofábricas

Considerando que o Decreto nº 10.375, de 2020, no seu inciso XIII do artigo 3º estabelece que uma das competências do órgão coordenador do programa é “*monitorar e acompanhar os resultados alcançados e subsidiar as etapas de revisão e de redirecionamento do Programa, conforme indicadores previamente estabelecidos*”, este capítulo visa contribuir para construção desse processo. Uma vez que ainda não há indicadores nem um sistema estruturado para esse fim, dada a complexidade inerente de tal construção, propomos um modelo formal de monitoramento em torno das biofábricas, tomando por base os dados coletados durante essa pesquisa, que acreditamos poderá dar suporte às ações dos gestores do PNB.

O desenho de um sistema de monitoramento que propomos tem como base os estudos de políticas públicas sob a ótica da teoria dos sistemas. Segundo Rodrigues & Boullosa (2014), um sistema de monitoramento permite ao sujeito-observador um conhecimento mais profundo do objeto monitorado, seja ele um outro sistema, uma ação ou um programa de governo, abarcado pelo monitoramento pretendido. Assim, um sistema de monitoramento permite em suas saídas observar quais lacunas e desvios que levam a incertezas quanto a eficácia dos instrumentos de política pública que atuam sobre essa realidade interpretada. Para que tais incertezas possam ser assumidas e tratadas condizentemente e não sejam descartadas, conforme geralmente a visão racional instrumental faz, a análise do objeto deve considerar a complexidade do objeto desde o início (BOULLOSA, PERES e BESSA, 2021).

Ainda segundo Boullosa e Rodrigues (2014), um sistema de monitoramento é um processo avaliativo continuado em que a lógica de observação permanece a mesma pelo intervalo de tempo definido, ou seja, o olhar é fixo e a matriz de significados é a mesma. Nosso propósito é então complementar os estudos do capítulo 4 ao propor um modelo de observação das alterações nos padrões de comportamento e resposta esperados no objeto avaliado, ou seja, as biofábricas, criando as condições para se emitir alertas em situações necessárias (BOULLOSA e RODRIGUES, 2014).

Portanto, pretendemos que o monitoramento seja uma atividade contínua de observação da evolução dos níveis de biossegurança das biofábricas com atenção a um risco de saúde coletiva como um fenômeno provável, dadas as respostas de nossa pesquisa. Portanto, o

objetivo é identificar comportamentos, propriedades ou atributos visando explicar o fenômeno do crescimento da implantação de biofábricas para produção *on farm* em todo o país e sermos capazes de reproduzi-lo por simulação, ainda que de forma limitada, se possível, para uma futura intervenção, pressupondo aprendizado nesse processo de entrada de dados e observação dos resultados de saída do sistema. Para tanto, também segundo Rodrigues & Boullosa (2014), é necessária uma etapa prévia de identificação das características (atributos) e comportamento do objeto, como feito nas seções anteriores em relação às biofábricas, a fim de prospectar as dimensões relevantes e realizar uma descrição mais assertiva.

Partindo do tratamento de dados obtidos durante essa pesquisa, serão propostos alguns indicadores e um desenho de sistema de monitoramento cujo objeto são as biofábricas produtoras de bioinsumos para uso próprio. Com esse recorte e atenção especial às citadas biofábricas, esse sistema possibilitará rastreabilidade de eventuais problemas sanitários, ambientais e ocupacionais, o que proporcionará credibilidade ao setor e garantia de alimentos seguros à população.

Dado o exposto, apresentamos aqui as variáveis referentes ao funcionamento das biofábricas consideradas como as mais relevantes para a elaboração de indicadores. São elas:

- (1) Identificação do organismo utilizado como base para produção do bioinsumo;
- (2) Possíveis contaminantes representados por patógenos humanos e microrganismos indesejáveis. Para fins de limites/alertas, existem quantidades aceitáveis para estar presente nos produtos e há meios de cultivo apropriados para sua detecção (MONNERAT, MONTALVÃO, *et al.*, 2020).
- (3) Concentração adequada para garantir eficácia do bioinsumo. É uma variável complexa, pois depende do microrganismo e a cepa utilizada. Devem ser realizados estudos de eficácia e acompanhamento em campo para definir essa concentração.

A partir dessas variáveis, como indicadores, então, são propostos os seguintes:

(1) Bioinsumo com organismo identificado (Ioi)

Esse é um indicador binário, em que as respostas a serem obtidas são:

Ioi = SIM: ensaio de identificação realizado e organismo-alvo detectado.

Ioi = NÃO: ensaio de identificação realizado e organismo-alvo não detectado.

A unidade de medida desse indicador dependerá de qual é o tipo de organismo cultivado, que pode ser uma bactéria, um fungo, entre outros, além do estado físico/apresentação do bioinsumo

(líquido, pó, etc...). Alguns exemplos são: UFC⁸/g, conídios viáveis/mL. Como providências em caso de não atendimento desse parâmetro, o produtor deve proceder com o descarte adequado do produto.

(2) Índice de contaminação presente no bioinsumo (Icb)

Aqui, alguns parâmetros indicativos de contaminação que são consenso no âmbito da microbiologia e as respectivas concentrações máximas aceitáveis representam o conteúdo desse indicador. Monnerat (2020) nos apresenta uma tabela que servirá de referência para balizar nossos limites e alertas.

Tabela 3. Microrganismos contaminantes, limites aceitos e meios de cultura indicados para condução do ensaio de detecção. Fonte: Monnerat (2020)

Microrganismo	Especificação	Meio de cultura
Coliformes termotolerantes	≤500 UFC	Ágar Bile Cristal-Violeta Vermelho Neutro
<i>Escherichia coli</i>	≤400 UFC	Ágar MacConkey
Enterococos	≤ 50 UFC	Ágar Confirmatório para Enterococos
Estreptococos	0	Agar Seletivo para Estreptococos
Salmonella	0	Ágar Verde-Brilhante
Fungos	0	Ágar Sabouraud 4%

Se Ic desobedecer a qualquer uma das condições constantes da tabela acima, o produto está reprovado, o que significa emissão de alerta para tomada de medidas. Observar que o parâmetro “fungos” se aplica aos bioinsumos à base de bactérias. Caso seja verificada a presença de contaminação no bioinsumo, esse deverá ser submetido a processo de inativação biológica do material com posterior descarte devido para o ambiente.

(3) Índice de eficácia do bioinsumo (Ie)

Como já exposto, a concentração mínima do organismo usado no bioinsumo para alcançar sua respectiva eficácia em campo pode variar. Dessa forma, uma vez estabelecida essa concentração por meio de estudos, a regra do índice consistirá em:

Ie - se \geq [concentração mínima], produto liberado para uso.

Ie - se $<$ [concentração mínima], emissão de alerta.

Como providências em caso de não atendimento desse parâmetro, o produtor deve proceder com o descarte adequado do produto.

⁸ *UFC = Unidades Formadoras de Colônia

(4) Capacidade de gestão (Igest)

Esse indicador visa averiguar como é a capacidade de controle interno por parte do fabricante para que sejam tomadas as medidas necessárias em caso de desvios aos limiáres estabelecidos - uma espécie de autoinspeção por parte do produtor de bioinsumos. Portanto, esse é um indicador multidimensional. Assim, é proposto um *check-list* contendo diversos aspectos a serem observados pelo produtor de forma a avaliar sua capacidade de fabricar e disponibilizar em campo um bioinsumo seguro.

Tabela 4. Proposta de *check-list* para produção de um bioinsumo seguro.

Itens	Sim	Não	N/A
1. Infraestrutura/instalações adequadas	()	()	()
2. Área adequada para armazenamento dos insumos usados na produção	()	()	()
3. Metodologia de identificação do microrganismo a ser multiplicado descrita em procedimento	()	()	()
4. Metodologia de quantificação do microrganismo a ser multiplicado descrita em procedimento	()	()	()
5. Procedimento estabelecido para controle de toxinas e contaminantes	()	()	()
6. Procedimento de limpeza/asepsia dos equipamentos	()	()	()
7. Procedimento de assepsia do pessoal envolvido na manipulação (lavagem de mãos, EPI's...)	()	()	()
8. Processo de produção definido e descrito em procedimento	()	()	()
9. Controles em processo definidos e descritos em procedimento	()	()	()
10. Procedimento de controle de qualidade do produto final	()	()	()
11. Em caso de contaminação, procedimento descrito a ser seguido	()	()	()

12. Em caso de problemas na produção, investigação da causa-raiz e tomada de medidas corretivas (procedimento)	()	()	()
13. Pessoal envolvido na produção devidamente capacitado tecnicamente	()	()	()
14. Existência de responsável técnico pela produção	()	()	()

Para que o produtor de bioinsumo seja considerado hábil tecnicamente e capaz de fabricar um bioinsumo minimamente seguro, todos os itens deste *check-list* devem ser atendidos. A partir dos indicadores acima descritos e do modelo de sistema de monitoramento apresentado por Rodrigues & Boullosa (2014), propomos um desenho de sistema para acompanhar o grau de segurança biológica dos processos de produção de bioinsumos em biofábricas *on farm*.

Para esses autores, um sistema de monitoramento mínimo (SM) é definido por

$SM = (\kappa, \Lambda, I, A, B, \Pi)$, onde

κ = o conhecimento de referência (κ) do nosso sistema, que se trata do conhecimento-base sobre o fenômeno observado que temos como uma constante conhecida. Então, dado tudo que foi exposto até aqui durante esta pesquisa, temos que:

$\kappa 1$ = ausência de padronização dos processos produtivos de bioinsumos;

$\kappa 2$ = ausência de regulamentação específica ou manual referente às boas práticas de fabricação de bioinsumos;

$\kappa 3$ = nível de contaminação biológica dos bioinsumos potencialmente alta;

$\kappa 4$ = ausência do organismo pretendido (ativo) no produto final (bioinsumo);

$\kappa 5$ = ausência de base de dados (cadastro) acerca das biofábricas *on farm* instaladas pelo território brasileiro;

$\kappa 6$ = não instituição do Observatório Nacional de Bioinsumos, destinado à coleta, à sistematização e à divulgação de dados anuais sobre tendências de mercado, produção e consumo de bioinsumos.

Na sequência, para definição de limiares (Λ), é esperado que os produtores sejam capazes de produzir bioinsumos seguros e eficientes com base em todos os aspectos até aqui estudados. Assim, uma vez desobedecidos os critérios de segurança e/ou qualidade anteriormente descritos, alertas devem ser emitidos. Ou seja, caso o bioinsumo não contenha o organismo-

alvo pretendido na fermentação ou contaminações em níveis acima do preconizado sejam detectadas, serão disparados alertas para fins de monitoramento e tomada de medidas cabíveis.

Os indicadores (I) do nosso sistema serão “Bioinsumo com organismo identificado (Ioi)”, “Índice de eficácia do bioinsumo (Ie)”, “Índice de contaminação presente no bioinsumo (Ic)” e “Capacidade de gestão (Igest)”, os quais já foram caracterizados anteriormente neste capítulo. Assim, propomos os seguintes alertas (A) para sistema de monitoramento:

$A_1 = I_{oi} \rightarrow$ ensaio de identificação realizado e organismo-alvo não detectado.

$A_2 = I_e < [\text{concentração mínima}]$

$A_3 = I_c \rightarrow$ se desobedecida qualquer uma das condições constantes da tabela 3

$A_4 = I_{gest} \rightarrow$ não atendimento de parâmetros do check-list (tabela 4)

Por linha de base (B), entendida como o primeiro levantamento de dados a partir da observação do objeto, assumimos valores correspondentes a “zero”, uma vez que ainda não os possuímos. Durante esta pesquisa, apenas foi possível conhecer características da estrutura de uma amostra de biofábricas, e não tivemos acesso a dados de produção, como por exemplo, identificação ou quantificação dos microrganismos multiplicados.

Por último, temos o componente “pontos de avaliação/controle” (II) que se refere a um fenômeno verificado em um determinado instante (t) de leitura. Em outras palavras seriam pontos de medição “fotografados” em tempos diferentes, o que pode ser considerado no nosso sistema como os controles em processo e os controles de liberação do bioinsumo. Assim, partindo dos parâmetros definidos, alguns pontos de controle seriam:

- (1) Medição de pH, temperatura e outros parâmetros a serem controlados durante o processo produtivo, sendo equivalente ao t_1 . O t_1 pode ser desmembrado caso o processo de produção padronizado pelo produtor estabeleça medições em tempos diferentes durante a fabricação.
- (2) Identificação do microrganismo pretendido multiplicado no t_2 , sendo esse ao final da produção do bioinsumo.
- (3) Quantificação para verificar a concentração mínima atingida pelo organismo-alvo para liberação do bioinsumo em campo no t_2 .

Verificação de contaminantes – metabólitos relevantes ou organismos patógenos indesejados, no t_2 .

Após a estruturação desse nosso desenho, seguem algumas simulações tomando valores hipotéticos acerca da produção de uma biofábrica fantasia de forma a gerar gráficos

informativos para um monitoramento, visando testar o modelo e como forma de aprendizagem para um futuro sistema real construído com base em tecnologia da informação.

A Biofábrica BSX seria produtora *on farm* de um bioinsumo à base de *Bacillus subtilis* para controle de pragas em campo. Os gráficos exemplificativos a seguir apresentam os controles relativos a 5 lotes produzidos em datas diferentes.

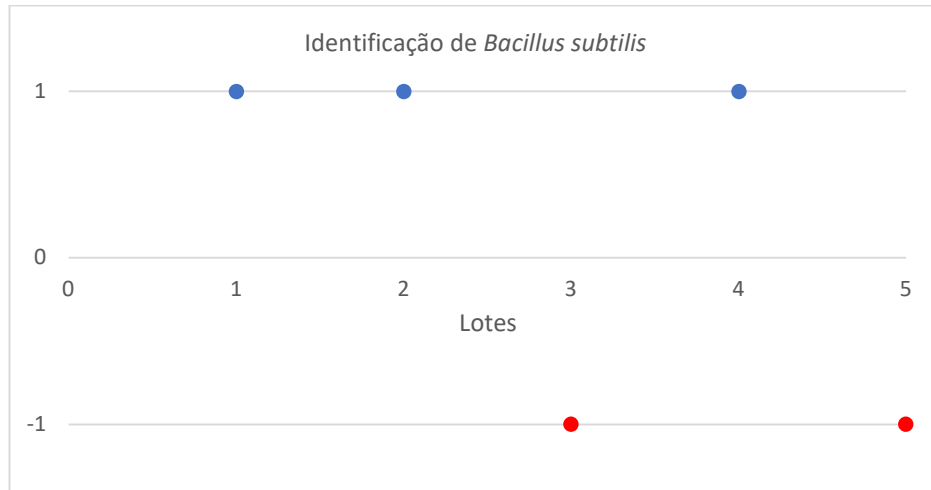


Gráfico 7. Exemplificação de monitoramento dos resultados do ensaio de identificação do microrganismo multiplicado no bioinsumo produzido.

O organismo deve ser identificado para saber se a multiplicação se deu com o organismo pretendido. Como temos aqui um indicador binário, caso a identificação proceda como esperado, temos a sinalização em azul acima do eixo x. Caso o organismo não seja encontrado no bioinsumo, temos os pontos abaixo do eixo x com indicativo de alerta (lotes 3 e 5). Considerando a concentração esperada de *B. subtilis* no produto, nesse caso, o produtor teria estabelecido em seus procedimentos internos uma concentração mínima de 1×10^6 UFC/mL do produto. Existindo os controles, o gráfico a seguir seria gerado para fins de monitoramento, no qual o ponto em vermelho (lote 4) abaixo da concentração mínima desejada não estaria em conformidade para liberação em campo, uma vez que não demonstraria eficácia. Os lotes 3 e 5 não possuem correspondência gráfica pois na verificação de identificação já foram rejeitados por não conter *B. subtilis*.

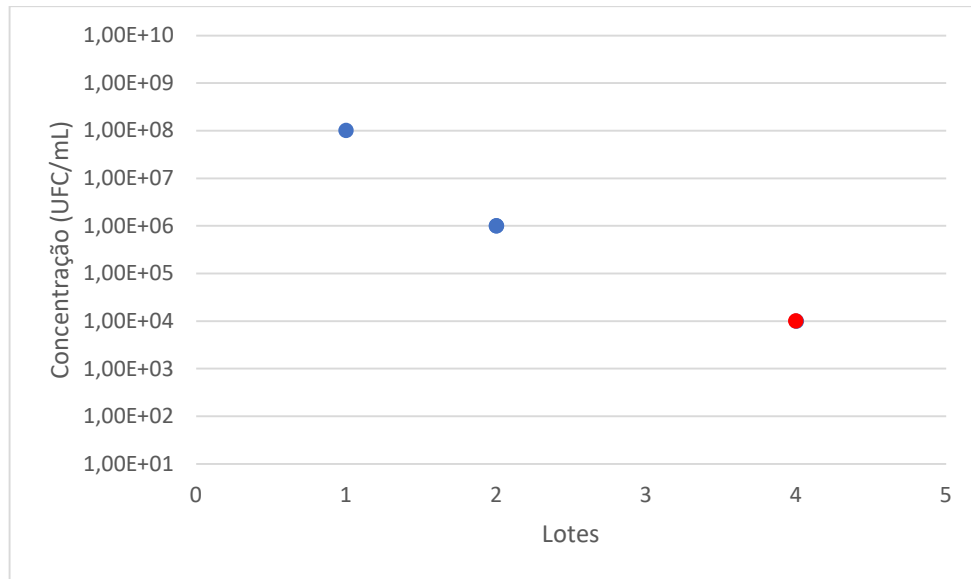


Gráfico 8. Exemplicação de monitoramento dos resultados do ensaio de quantificação do microrganismo multiplicado no bioinsumo produzido.

Esse exercício cabe para todos os outros pontos de controle dentro do sistema de monitoramento pensado. E, para todos os casos, em havendo desvios aos limiares estabelecidos, tomada de medidas são cabíveis e correções devem ser implementadas para que a produção de um bioinsumo seja conduzida dentro das expectativas.

A proposta do sistema proposto acima tem como base o modelo cibernético em que a retroação de suas saídas deve alimentar suas entradas (BERTALANFFY, 1977). Na prática, é preciso construir um sistema de informação a ser preenchido pelas autoridades fiscalizadoras que constatariam as situações expressas nas variáveis declaradas. Os indicadores são avaliados e as providências junto com os alertas seriam expedidos em um painel de indicadores.

6. Conclusão

O desafio de consolidar uma agricultura mais sustentável é pauta presente nas maiores e mais importantes arenas de discussão mundiais envolvendo os mais diversos setores – questões climáticas, saúde humana, biodiversidade, segurança alimentar, conservação ambiental, e tantos outros. O Brasil, como grande produtor e exportador de alimentos, figura entre os principais atores nesse cenário internacional, e o nosso governo tem um papel crucial na promoção de políticas públicas a fim de proporcionar segurança e soberania alimentar ao povo brasileiro.

Nesse contexto, a presente pesquisa promoveu uma iniciativa inédita de levantamento em torno das biofábricas *on farm*, entendido aqui como um potencial instrumento dessa mudança de chave quanto às práticas agropecuárias. Portanto, é preciso saber onde estão as biofábricas, como produzem, em que dimensão podem favorecer o produtor e o consumidor, entre outros aspectos. Além do que, esse trabalho também propôs um parâmetro avaliativo para o Programa Nacional de Bioinsumos já que as biofábricas é um de seus instrumentos para as quais propusemos um modelo formal de sistema de monitoramento.

Dadas as contribuições e achados deste trabalho, constatamos que a disseminação da fabricação e do uso de bioinsumos é premente. A preocupação com o não fornecimento de fertilizantes, por exemplo, importados da Rússia para o Brasil, decorrente da Guerra deflagrada contra a Ucrânia, é uma clara demonstração do quão complexo é um país ficar dependente do contexto político-econômico externo para garantir insumos necessários à agricultura, setor chave da nossa economia. Esse é mais um argumento que fortalece o discurso da necessidade de investimentos e incentivo à produção interna de insumos, mais especificamente dos bioinsumos, para garantir autonomia nacional nesse quesito.

Além disso, o próprio consumidor demanda cada vez mais alimentos saudáveis e livres de resíduos contaminantes. Isso impacta na forma como se organizam as cadeias produtivas e repercute direta e indiretamente na dinâmica do produtor e dos locais de venda na ponta. Uma política de incentivo aos bioinsumos, tal qual o PNB, claramente demonstra alinhamento com as tendências mercadológicas atuais.

Cabe o esforço de pensar em estratégias baseadas nas ciências comportamentais (OECD, 2019) a fim de acionar os gatilhos necessários do público-alvo para viabilizar as ações pretendidas e promover intervenções de forma a otimizar os resultados do Programa.

Considerando alguns desses conceitos, inferimos que as normas sociais podem ter grande influência na adoção pelo setor produtivo de práticas alternativas às convencionais. Culturalmente, há uma percepção de que os produtos biológicos, além de caros, possuem pouca eficácia agrônômica. No entanto, uma vez que um agricultor vizinho obtenha o conhecimento e o discernimento necessários para investir esforços no uso dos bioinsumos, essa atitude pode influenciar os demais a tomarem essa iniciativa e isso se tornar um padrão a ser desejado e servir como referência, a partir do momento que o *feedback* for diferente daquele que era o senso comum.

Outros pontos a serem trabalhados na implementação dessas intervenções são a aversão à perda e ao risco. Há que se considerar a tendência dos indivíduos a serem mais afetados pelas perdas do que pelos ganhos. Assim, quanto maior a segurança acerca do custo-benefício de lançar mão de técnicas sustentáveis, mais chances há de ser exitosa essa decisão. Em documento da União Europeia (2017) acerca dos desafios econômicos encarados pela agricultura, foi exposto que os produtores gostam de ter a segurança de que a opção por inovações tecnológicas em campo irá gerar retorno suficiente, e assim essa garantia se converte em influência na tomada de decisão.

No entanto, é preciso cautela, pois a ausência de regulamentação para as biofábricas/produção *on farm* e de parametrização dos processos produtivos pode refletir em queda de qualidade dos bioinsumos e na geração de efeitos negativos para a saúde humana e para o meio ambiente. Assim como propostas legislativas de regulamentação para o tema devem ser criteriosamente avaliadas e revistas antes de qualquer publicação, uma vez que inadequações normativas acarretariam insegurança regulatória e aumento dos riscos sanitários e ambientais.

Tendo em vista os achados dessa pesquisa e os resultados de outros estudos publicados, se faz primordial que orientações melhor definidas sejam disponibilizadas para que os produtores tenham segurança ao praticarem a produção de bioinsumos *on farm*, pois o que hoje se vê é uma baixa capacidade de controle.

Os riscos decorrentes de uma fabricação sem o devido controle de qualidade e monitoramento são preocupantes. O mote da biodiversidade em prol da agricultura pode se transformar de oportunidade em problemas, tanto de saúde coletiva como de descrédito de tecnologias consolidadas e promissoras para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

A questão de segurança biológica, que seria apenas um aspecto a ser analisado, se tornou a principal preocupação no decorrer deste trabalho. Mesmo entre os grandes produtores, verificamos fragilidades na produção de bioinsumos que colocam em xeque o potencial

brasileiro de seguir liderando essa temática no cenário mundial, ainda que nosso país reúna todas as condições favoráveis para tal.

Problemas com contaminações nos produtos advindos de lavouras em que são aplicados bioinsumos produzidos sem boas práticas podem, por exemplo, implicar negativamente nas exportações brasileiras a partir do momento em que haja testagem e reprovação segundo os parâmetros de controle do país importador. Os bioinsumos devem, de fato, ser bem manejados a fim de refletir os seus benefícios com baixo risco.

Para tanto e pensando em trabalhos futuros, para que seja possível monitorar as biofábricas quanto aos aspectos levantados com os indicadores propostos aqui, é urgente a existência, minimamente, de um cadastro dos produtores que praticam produção de bioinsumos *on farm* a fim de rastrear as não conformidades que venham a causar acidentes sanitários, ambientais e/ou ocupacionais.

Para além desse cadastro, a publicação do manual de boas práticas de fabricação voltado para as unidades produtoras de bioinsumos é crucial para que sejam efetivas as atividades de monitoramento a serem conduzidas.

Por fim, visto que compete ao órgão coordenador do programa monitorar e acompanhar os resultados alcançados e subsidiar as etapas de revisão e de redirecionamento do Programa, conforme indicadores previamente estabelecidos, essa pesquisa pode contribuir para o alcance dessa competência, embora haja alguns limites quanto a saber se a situação encontrada em nossa amostra se alastra por todo país, o que requer um recenseamento em larga escala que poderia ser um complemento, por exemplo, do censo agropecuário.

7. Limitantes da pesquisa

Podemos descrever aqui alguns fatores que foram limitantes para esta pesquisa. O primeiro deles, já anteriormente citado, é a ausência de um cadastro nacional dos produtores de bioinsumos *on farm*. Essa lacuna promoveu uma dificuldade em localizar as biofábricas instaladas para a finalidade pretendida neste estudo. Acessar esse público foi algo mais difícil do que se imaginava. Houve muitos contatos, diversos deles sem sucesso, com várias entidades, universidades, institutos e associações para que pudéssemos chegar nessa amostra estudada. Não conseguimos, por exemplo, conhecer mais sobre biofábricas instaladas em propriedades de pequenos produtores e/ou produtores orgânicos, por conta dessa difícil penetrabilidade.

Quanto à amostra, apesar do ineditismo do diagnóstico realizado, podemos dizer também que ela não é passível de ser generalizada, uma vez que não temos real noção do universo amostral para afirmarmos sobre a sua significância.

O acesso aos dados dos produtores de bioinsumos também foi, de certa forma, limitado por questões de proteção das informações e política interna das instituições que gentilmente nos possibilitaram aplicar o questionário e realizar as visitas.

Referências

- ABREU, L. S. D.; LAMINE, C.; BELLON, S. Trajetórias da agroecologia no Brasil: entre movimentos sociais, redes científicas e políticas públicas. In: _____ **Congresso Brasileiro de Agroecologia, 6.; Congresso Latino-Americano de Agroecologia, 2.** Curitiba: [s.n.], 2009. p. 01892-01896.
- ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. D. **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas.** Brasília -DF : Embrapa Informação Tecnológica, v. Volume 1 - Produção e produtividade agrícola, 2008.
- ALVES, E. R. D. A.; CONTINI, E.; GASQUES, J. G. **Evolução da Produção e Produtividade da agricultura brasileira.** [S.l.]: EMBRAPA, 2008. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/153552/1/Evolucao-da-producao.pdf>>. Acesso em: agosto 2022.
- ALVES, E. R. D. A.; SOUZA, G. D. S. E.; MARRA, R. Papel da Embrapa no desenvolvimento do agronegócio. In: TEIXEIRA, E. C.; PROTIL, R. M.; LIMA, A. L. R. **A contribuição da ciência e da tecnologia para o desenvolvimento do agronegócio.** Viçosa: UFV: Suprema, 2008. p. 125-172. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/149382/1/Papel-da-Embrapa-no-desenvolvimento-.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2022.
- ALVES, E.; CONTINI, E.; HAINZELIN, E. Transformations de l'agriculture brésilienne et recherche agronomique. **Cahiers Agricultures**, 14, 2005. 19-24. Disponível em: <<https://agritrop.cirad.fr/525140/>>.
- ANVISA. **Nota Técnica n. 4/2021/SEI/GEAST/GGTOX/DIRE3/ANVISA.** Brasília: [s.n.], 2021.
- ARAÚJO, A. C. M. D.; GOUVEIA, L. B. Uma Revisão Sobre Os Princípios da Teoria Geral Dos Sistemas. **Estação Científica - Juiz de Fora**, n. 16, p. 14, Dezembro 2016.
- ARIAS, D. et al. **Agriculture productivity growth in Brazil: recent trends and future prospects.** [S.l.]: World Bank Group Agriculture, 2017.
- BANCO DO BRASIL. Agricultura de Baixo Carbono. **Agronegócio**, 2021. Disponível em: <[https://www.bb.com.br/pbb/pagina-inicial/agronegocios/agronegocio---produtos-e-servicos/credito/investir-em-sua-atividade/agricultura-de-baixo-carbono-\(abc\)#/](https://www.bb.com.br/pbb/pagina-inicial/agronegocios/agronegocio---produtos-e-servicos/credito/investir-em-sua-atividade/agricultura-de-baixo-carbono-(abc)#/)>. Acesso em: 11 mar. 2022.
- BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral de Sistemas.** Petrópolis: Vozes, 1977.
- BETTIOL, W. **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. 341 p.
- BNDES. BNDES aprova crédito permanente ao setor de bioinsumos, fortalecendo desenvolvimento sustentável. **BNDES O banco nacional do desenvolvimento**, 2021. Disponível em:

<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes-aprova-credito-permanente-ao-setor-de-bioinsumos-fortalecendo-desenvolvimento-sustentavel/!ut/p/z0/tY_BTsMwDIafhUOOUaJRGBwrNgmxTVxAgrlMbutthsbuErfA2xNVnLlxs2V_n3-74PYuMEx0AiVh6>. Acesso em: 10 mar. 2022.

BNDES. Programa ABC. **BNDES - O Banco Nacional do Desenvolvimento**, 2022. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/programa-abc>>. Acesso em: 10 mar. 2022.

BNDES. Pronaf Bioeconomia. **BNDES O banco nacional do desenvolvimento**, 2022. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/pronaf-bioeconomia>>. Acesso em: 10 mar. 2022.

BOCATTI, C. R. et al. Microbiological quality analysis of inoculants based on *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense* produced “on farm” reveals high contamination with non-target microorganisms. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 53, p. 267-280, 2022.

BONIS, M. et al. Comparative phenotypic, genotypic and genomic analyses of *Bacillus thuringiensis* associated with foodborne outbreaks in France. **PLoS ONE**, v. 16(2), n. e0246885, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246885>>.

BOULLOSA, R. Por uma mirada ao revés nas políticas públicas: apresentação de um percurso de pesquisa. **Pensamento & Realidade**, v. 28, n. 3, 2013.

BOULLOSA, R. D. F.; PERES, J. L. P.; BESSA, L. F. M. Por Dentro do Campo: uma Narração Reflexiva dos Estudos Críticos em Políticas Públicas. **Revista Organizações & Sociedade**, v. 28(97), p. 306-332, 2021.

BOULLOSA, R. D. F.; RODRIGUES, R. W. Avaliação e Monitoramento em Gestão Social: Notas Introdutórias. **Revista Interdisciplinar de Gestão Social**, v. 3, p. 145-176, set/dez 2014. ISSN 3.

BRASIL. Lei n. 7.802, de 11 de julho de 1989. 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 r, Diário Oficial da União, 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17802.htm>. Acesso em: 27 out. 2021.

BRASIL. Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991. **Dispõe sobre a política agrícola**, Brasília, 1991. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18171.htm>. Acesso em: 04 fev. 2022.

BRASIL. Decreto nº 2.519, de 16 de março de 1998. In: _____ **Promulga a Convenção sobre Diversidade Biológica, assinada no Rio de Janeiro, em 05 de junho de 1992**. [S.l.]: [s.n.], 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2519.htm>. Acesso em: 21 fev. 2022.

BRASIL. Decreto n. 4.074, de 4 de janeiro de 2002. **Regulamenta a Lei n. 7.802, de 11 de julho de 1989**, Brasília, 04 Janeiro 2002.

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 n. 7.802, de 11 de julho de 1989**, 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6913.htm>. Acesso em: 02 fev. 2022.

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, Diário Oficial da União, 13 mai 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Programa Nacional de Bioinsumos é lançado e vai impulsionar uso de recursos biológicos na agropecuária**, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/programa-nacional-de-bioinsumos-e-lancado-e-vai-impulsionar-uso-de-recursos-biologicos-na-agropecuaria-brasileira>>. Acesso em: 02 out. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Mapa bate recorde de registros de defensivos agrícolas de controle biológico**, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-bate-recorde-de-registros-de-defensivos-agricolas-de-controle-biologico>>. Acesso em: 17 jan. 2021.

BRASIL. Plano Plurianual 2020-2023. **Plano Plurianual 2020-2023**, 2020-2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/planejamento-e-orcamento/plano-plurianual-ppa>>. Acesso em: 04 fev. 2022.

BRASIL. Decreto nº 10.833, de 7 de outubro de 2021. **Altera o Decreto n. 4.074, de 04 de janeiro de 2002**, 2021. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/decreto/d10833.htm>. Acesso em: 02 fev. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Novos produtos de baixo impacto para o controle de pragas têm registro publicado**, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/novos-produtos-de-baixo-impacto-para-o-controle-de-pragas-tem-registro-publicado>>. Acesso em: 26 jan. 2022.

BRASIL. Resolução nº 1, de 5 de agosto de 2021. **Institui Grupo de Trabalho do Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos no âmbito do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento com a finalidade de propor o marco regulatório específico para bioinsumo**, Brasília, 17 ago. 2021.

BUGGE, M. M.; HANSEN, T.; KLITKOU, A. What is the bioeconomy? A review of the literature. *Sustainability*, v. 8, n. 691, 2016.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. PL 658/2021. **Dispõe sobre a classificação, tratamento e produção de bioinsumos por meio do manejo biológico on farm; ratifica o Programa Nacional de Bioinsumos e dá outras providências**, 2021. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2271161>>. Acesso em: 02 fev. 2022.

CAMPOS, A. CHBAGRO, 2021, 2020. Disponível em: <<https://blog.chbagro.com.br/cenario-atual-e-futuro-do-mercado-de-controle-biologico>>. Acesso em: 08 jun. 2021.

CANAL RURAL. Produção de insumos biológicos é tema de debate na Câmara. **CANAL RURAL**, 2021. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/noticias/bioinsumos-e-tema-de-debate-na-camara/>>. Acesso em: 25 fev. 2022.

CNA. Panorama do agro. **A Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil**, 2021. Disponível em: <<https://cnabrasil.org.br/cna/panorama-do-agro>>. Acesso em: 29 Agosto 2022.

CODEX ALIMENTARIUS. Antimicrobial Resistance. **Codex Alimentarius - International Food Standards**, S.I. Disponível em: <<https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/thematic-areas/antimicrobial-resistance/en/>>. Acesso em: 21 Agosto 2022.

CONDRAF. **Plano Nacional de Desenvolvimento Rural Sustentável e Solidário**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2014.

DESSERT, F. J.; HURLE, J. B.; BAVEL, R. V. Behavioural factors affecting the adoption of sustainable farming practices: a policy-oriented review, v. 46 (3), p. 417–471, 2019.

DIAKOSAWAS, D.; FREZAL, C. Bio-economy and the sustainability of the agriculture and food system: Opportunities and policy challenges. **OECD Food, Agriculture and Fisheries**, Paris, n. 136, 2019.

DYE, T. R. **Understanding public policy**. 15. ed. [S.l.]: Pearson, 2017.

EMBRAPA. **Fome zero e agricultura sustentável: contribuições da Embrapa**. Embrapa. Brasília, DF, p. Carlos Alberto Barbosa Medeiros. [et al.], editores técnicos. 2018.

EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF: [s.n.], 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+-+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829>>. Acesso em: 07 set. 2021.

EMBRAPA. **Controle Biológico de Pragas na Agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2020.

EMBRAPA. **Notícias**, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/66275700/embrapa-divulga-recomendacoes-tecnicas-sobre-a-producao-de-bioinsumos-on-farm>>. Acesso em: 22 mar. 2022.

EMBRAPA. Embrapa - Esclarecimentos Oficiais. **Produção de microrganismos para uso próprio na agricultura (on-farm) - Esclarecimentos Oficiais**, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/esclarecimentos-oficiais/-/asset_publisher/TMQZKu1jxu5K/content/nota-tecnica-producao-de-microrganismos-para-uso-proprio-na-agricultura-on-farm-?inheritRedirect=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.embrapa.br%2Fesclarecimentos-oficiais%2F>. Acesso em: 22 mar. 2022.

EMBRAPA RECURSOS GENÉTICOS E BIOTECNOLOGIA. EMBRAPA. **O que é segurança biológica?**, 2005. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355163/1994475/fold06-16_segBiologica.pdf/a0dec193-b91d-4ca6-8d70-1a1b121c7270>. Acesso em: 21 Agosto 2022.

EMBRAPA. Código Florestal. **Módulos Fiscais**, s.d. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/codigo-florestal/area-de-reserva-legal-arl/modulo-fiscal>>. Acesso em: 15 maio 2022.

EMBRAPA. Controle Biológico. **Portal Empraba**, S.I. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-controle-biologico/sobre-o-tema>>. Acesso em: 14 mar. 2022.

EUROPEAN Commission. **Economic challenges facing EU agriculture. Directorate-General for Agriculture and Rural Development**, 2017. Disponível em: <https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/eco_background_final_en.pdf>. Acesso em: 07 Setembro 2021.

EUROPEAN COMMISSION. **Economic challenges facing EU agriculture**. European Commission. [S.l.]. 2017.

FARIA, R. D. S.; WANDER, A. E. Bioeconomia e agronegócio brasileiro - perspectivas e desafios do Programa Nacional de Bioinsumos. In: GIACOBBO, D. G.; FROTA, L. M.; (ORG.) **Agro: O Papel do Agronegócio Brasileiro nas Novas Relações Econômicas Mundiais**. Rio de Janeiro: Synergia, v. 1, 2021. Cap. 10, p. 164-177.

GAAS. Grupo Associado de Agricultura Sustentável. **Quem Somos**, 2020. Disponível em: <<https://www.grupoagrisustentavel.com.br/quem-somos/>>. Acesso em: 22 fev. 2022.

GAZZONI, D. L.; HUNGRIA, M. Produção on-farm de bioinsumos. **Revista Cultivar**, p. 56, Outubro 2021.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GLIESSMAN, S. Transforming food systems with agroecology. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, 40, n. 3, 2016. 187-189.

GOULET, F. Biological inputs and agricultural policies in South America: between disruptive innovation and continuity. **Perspective - The CIRAD policy brief**, Montpellier, v. 55, Maio 2021.

GOULET, F. Characterizing alignments in socio-technical transitions. Lessons from agricultural bio-inputs in Brazil. **Technology in Society**, 65, 2021.

GOVERNO de São Paulo. **Programa de inovação e transferência de tecnologia em controle biológico (PROBIO)**, 2020. Disponível em: <<http://www.biologico.sp.gov.br/page/probio>>. Acesso em: 17 Janeiro 2021.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica**. 5. ed. New York: Mc Graw Hill, 2011.

HOWLETT, M.; RAMESH, M.; PERL, A. **Studying public policy: policy cycles and policy subsystems**. 4. ed. Canadá: Oxford University Press, 2020.

IPEA. CENAS – BIOECONOMIA: MOLDANDO O FUTURO DA AGRICULTURA. In: _____ **Brasil 2035: cenários para o desenvolvimento**. Brasília: Ipea : Assecor, 2017. p. 320.

IPEA. **Cadernos ODS – ODS 2 - Fome zero e agricultura sustentável**. IPEA. Brasília. 2019.

JANNUZZI, P. D. M. Mapa de Processos e Resultados como instrumento de especificação de pesquisas de avaliação e sistemas de indicadores de monitoramento de programas. In: _____ **Cadernos de Estudos - DESENVOLVIMENTO SOCIAL EM DEBATE**. Brasília: [s.n.], v. 27, 2016. p. 42-54.

JANUZZI, P. D. M. Avaliação de programas públicos no Brasil: considerações sobre complexidade, valores públicos e critérios avaliativos. **ANPAD**, 2021.

JORGE, D. M.; SILVA, F. A.; SOUSA, I. M. M. Regulamentação da pesquisa e do registro de produtos de controle biológico. In: _____ **Controle Biológico de Pragas da Agricultura**. 1. ed. Brasília: [s.n.], 2020. Cap. 14, p. 454-481.

JORGE, D. M.; SOUZA, C. A. V. D. O papel da regulamentação dos produtos de origem biológica no avanço da agroecologia e da produção orgânica no Brasil. In: SAMBUICHI, R. H. R., et al. **A política nacional de agroecologia e produção orgânica no Brasil: uma trajetória de luta pelo desenvolvimento rural sustentável**. Brasília-DF: Ipea, 2017. p. 229-253.

KAMIYAMA, A. **Cadernos de Educação Ambiental - Agricultura Sustentável**. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, v. 13, 2014. Disponível em: <<http://arquivo.ambiente.sp.gov.br/cea/2014/11/13-agricultura-sustentavel1.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2022.

LANA, U. G. D. P. et al. **Avaliação da qualidade de biopesticidas à base de Bacillus thuringiensis produzidos em sistema “on farm”**. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas. 2019.

LANA, U. G. D. P. et al. **Avaliação da qualidade de inoculantes à base de Bacillus para promoção de crescimento de plantas produzidos em sistema on farm**. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, p. 27. 2022. (ISSN 1679-0154).

LOPES, C. A. É possível produzir alimentos para o Brasil sem Agrotóxicos? **Ciência e Agricultura**, São Paulo, v. 69, n. 4, p. 52-55, out/nov 2017.

MAGALHÃES, D. M. et al. Semioquímicos no Controle de Pragas. In: ELIANA MARIA GOUVEIA FONTES, M. C. V.-I. **Controle biológico de pragas da agricultura**. Brasília-DF: Embrapa, 2020. Cap. 13, p. 510.

MAPA. Programa Nacional de Bioinsumos – Nota Técnica, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/material-para-imprensa/pt/release-04-programanacionalbioinsumos>>. Acesso em: 02 Janeiro 2021.

MAPA. Fomento e Crédito para Bioinsumos. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/o-programa/fomento-e-credito-para-bioinsumos>>. Acesso em: 10 mar. 2022.

MAPA. Bioinsumos. **Bio-inputs enhance sustainability of agricultural production in Brazil**, S.I. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/material-para-imprensa/en/bio-inputs-enhance-sustainability-of-agricultural-production-in-brazil.pdf>>. Acesso em: 26 setembro 2022.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Espelho do Monitoramento 2020 - PPA 2020 – 2023**. [S.l.]. 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Agrotóxicos na ótica do Sistema Único de Saúde. Relatório Nacional de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos.** Ministério da Saúde. Brasília. 2018. (v. 1 t. 2).

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. **Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica – Planapo: 2016-2019.** Câmara Interministerial de Agroecologia e Produção Orgânica. Brasília, DF. 2016.

MONNERAT, R. et al. **Produção e controle de qualidade de produtos biológicos à base de Bacillus.** Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Brasília-DF, p. 34. 2018.

MONNERAT, R. et al. **Produção e controle de qualidade de produtos biológicos à base de bactérias do gênero Bacillus para uso na agricultura.** Brasília - DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2020. 46 p.

MOORE, M. H. **Criando Valor Público - Gestão Estratégica no Governo.** Rio de Janeiro: Letras & Expressões, v. 1, 2003.

MORAES, R. F. D. **AGROTÓXICOS NO BRASIL: PADRÕES DE USO, POLÍTICA DA REGULAÇÃO E PREVENÇÃO DA CAPTURA REGULATÓRIA.** Brasília : Rio de Janeiro: IPEA, 2019.

MORIN, E. **Cultura de massas no século XX: o espírito do tempo.** Rio de Janeiro: Forense-Universitária, 1977.

MOSCARDI, F. et al. Baculovirus pesticides: present state and future perspectives. In: AHMAD, L.; AHMAD, F.; PICHTEL, J. **Microbes and microbial technology agricultural and environmental applications.** London: Springer, 2011. p. 415-445.

MUELLER, B.; MUELLER, C. **The Economics of the Brazilian Model of Agricultural Development.** Oxford Rd, Manchester, M13 9PL: International Research Initiative on Brazil and Africa (IRIBA) - School of Environment, Education and Development, The University of Manchester, 2014.

MUELLER, B.; MUELLER, C. The political economy of the Brazilian model of agricultural development: Institutions versus sectoral policy. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, v. 62, p. 12-20, 2016.

OECD. **Tools and ethics for applied Behavioural Insights: the BASIC Toolkit.** OECD Publishing. Paris. 2019.

POZZETTI, V. C.; FERREIRA, M. J. N.; SILVA, A. S. Bioeconomia: A Economia do Futuro, sob a Ótica dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. **Percursos - ANAIS DO X CONBRADEC**, Curitiba, v. 06, n. 37, p. 346-363, 2020.

RODRIGUES, R. W. S.; BOULLOSA, R. **Uma Visão Conceitual da Atividade de Monitoramento e Sua Aplicação na área Social.** SEGET - XI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Gestão do conhecimento para a sociedade. Rio de Janeiro: [s.n.]. 2014.

SANTOS, A. F. D. J.; DINNAS, S. S. E.; FREIRE, A. QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE BIOPRODUTOS COMERCIAIS MULTIPLICADOS ON FARM NO VALE DO SÃO FRANCISCO: DADOS PRELIMINARES. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Jandaia-GO, v. 17, n. 34, p. 429, 2020.

SILVA, A. C. M. D. BIOFERTILIZANTES: ESTUDO DE OPINIÃO, TENDÊNCIA DAS PESQUISAS E LEGISLAÇÃO BRASILEIRA, Brasília, p. 79, 2021.

SIMONATO, J.; GRIGOLLI, J. F. J.; OLIVEIRA, H. N. D. Controle biológico de insetos-praga na soja. In: LOURENÇÃO, A. L. F., et al. **Tecnologia e produção: Soja 2013/2014**. Maracaju, MS: Fundação MS, 2014. Cap. 8, p. p. 178-193.

SOLUBIO. Solubio. **Solubio**, 2021. Disponível em: <<https://www.solubio.agr.br/>>. Acesso em: 30 mar. 2022.

THEROND, O. et al. A new analytical framework of farming system and agriculture model diversities. A review. **Agron. Sustain. Dev.**, v. 37, 2017.

VALICENTE, F. H. et al. Riscos à produção de biopesticida à base de *Bacillus thuringiensis*. **Circular Técnica**, Sete Lagoas, n. 239, p. 20, 2018.

VIDAL, M. C. et al. Bioinsumos: a Construção de um Programa Nacional pela Sustentabilidade do Agro Brasileiro. **Economic Analysis of Law Review**, Brasília, 12, n. 3, Set-Dez 2021. 557-574. Disponível em: <<https://portalrevistas.ucb.br/index.php/EALR/article/view/12811>>. Acesso em: 22 fev. 2022.

VIDAL, M. C.; HELLO, F. A.; MADEIRA, N. R. Segurança alimentar e alimentação saudável para todos. In: MEDEIROS, C. A., et al. **Fome Zero e Agricultura Sustentável**. 1. ed. Brasília: EMBRAPA, 2018. p. 25-32.

VIDAL, M. C.; SALDANHA, R.; VERISSIMO, M. A. A. Bioinsumos: o programa nacional e a sua relação com a produção sustentável. In: DIEGO MEDEIROS GINDRI, P. A. B. M. M. A. A. V. (). **Sanidade vegetal: uma estratégia global para eliminar a fome, reduzir a pobreza, proteger o meio ambiente e estimular o desenvolvimento econômico sustentável**. 1. ed. [S.l.]: [s.n.], 2020. p. 382-409.

WEISS, C. H. **Evaluation: Methods for Studying Programs and Policies**. 2a. ed. [S.l.]: Prentice Hall, 1997.

WEISS, C. H. Have we learned anything new about the use of Evaluation? , Vol. 19, No. 1, 1998, pp. 21-33. **American Journal of Evaluation**, v. 19, n. 1, p. 21-33, 1998.

Anexo I

Questionário – Biofábricas – Produção *On Farm*

Seção 1 - Identificação da Propriedade Rural e da Biofábrica

1. Qual o nome da propriedade rural?
2. Onde se localiza a propriedade rural/biofábrica? (Cidade/UF)
3. A biofábrica está instalada em propriedade rural com qual sistema de produção? (é possível marcar ambas as alternativas caso estejam em transição)
 - (a) Agricultura orgânica
 - (b) Agricultura convencional
4. Quantos hectares possui a propriedade rural?
5. Quantos hectares possui a área cultivada?

Seção 2 – Caracterização da Biofábrica

6. Quando se deu o início das atividades da biofábrica?
7. Os bioinsumos produzidos na biofábrica são usados com qual finalidade? (mais de uma opção pode ser marcada)
 - (a) Controle biológico de pragas e doenças
 - (b) Biofertilizante
 - (c) Bioinoculante
 - (d) Promotor ou regulador de crescimento
 - (e) Outra
8. Qual(is) espécie(s) de organismo(s) é(são) utilizado(s) como base para os bioinsumos fabricados?
9. Os bioinsumos fabricados são aplicados em quais culturas agrícolas?
10. Qual é a extensão da área (em hectares) na qual os bioinsumos são aplicados?

Seção 3 – Recursos Humanos da Biofábrica

11. Quantas pessoas estão envolvidas na produção dos bioinsumos?
12. Como foi o processo de capacitação dos colaboradores envolvidos na produção de bioinsumos?
13. Há um responsável técnico pela produção dos bioinsumos?
 - (a) Sim
 - (b) Não
14. Qual a formação do responsável técnico pela produção dos bioinsumos?
 - (a) Engenheiro agrônomo
 - (b) Técnico Agrícola
 - (c) Biólogo
 - (d) Tecnólogo em Agroecologia
 - (e) Outra

Seção 4 – Controle dos Processos da Biofábrica

15. Quais parâmetros são monitorados durante o processo de fabricação com fins de controle de qualidade da produção na biofábrica? (mais de uma opção pode ser marcada)
 - (a) Temperatura
 - (b) pH
 - (c) Toxinas
 - (d) Identificação do organismo

- (e) Concentração do microrganismo/teor do ingrediente ativo
 - (f) Determinação de contaminantes
 - (g) Outro
16. Como é feita a manutenção/preservação do material biológico que serve como banco/coleção de trabalho para fabricação do bioinsumo?
 17. Quais são as medidas para evitar contaminação biológica durante o processo produtivo do bioinsumo?
 18. Caso seja detectada contaminação durante ou após a fabricação do bioinsumo, qual o protocolo a ser seguido?

Seção 5 - O Programa Nacional de Bioinsumos e a Biofábrica

19. Quando da implementação/construção da biofábrica, quais foram os maiores desafios e obstáculos enfrentados? (mais de uma opção pode ser marcada)
 - (a) Instalações/Estrutura física
 - (b) Pessoal tecnicamente capacitado
 - (c) Estabelecimento de protocolos/procedimentos do processo produtivo
 - (d) Recursos financeiros
 - (e) Não houve
 - (f) Outra
20. O lançamento do Programa Nacional de Bioinsumos proporcionou melhorias ou vantagens no processo de implementação ou funcionamento da biofábrica? Se sim, quais?
21. Linhas de financiamento/concessão de crédito foram usados em algum momento da implantação ou durante o funcionamento da biofábrica? (exemplo: Plano SAFRA/BNDES)

Seção 6 - Impacto do Uso de Bioinsumos

22. Caso já tenha sido realizado algum levantamento pela propriedade, qual seria a economia gerada por produzir o próprio bioinsumo em vez de adquirir o produto acabado comercial?
23. O uso de bioinsumos interferiu na produtividade da lavoura? Em caso positivo, qual porcentagem de ganho?
24. Houve maior procura pelos produtos comercializados uma vez que o mercado consumidor tenha tomado conhecimento do uso de bioinsumos em detrimento de produtos agrotóxicos químicos?