

Desafios e estratégias no desenvolvimento dos bioinsumos para controle biológico no Brasil

RESUMO

O artigo tem por objetivo identificar estratégias de apoio ao desenvolvimento dos bioinsumos para controle biológico no Brasil. Essas tecnologias são apontadas como ferramentas importantes no processo de redução do uso de agrotóxicos na produção agrícola e de seus impactos socioeconômicos e ambientais negativos. Dessa forma, encontra apoio das discussões teóricas sobre a mudança tecnológica na agricultura para caracterizar e detectar oportunidades e estratégias de desenvolvimento do segmento. Os resultados destacam o avanço do registro de produtos para o controle biológico, porém concentrado em poucos ingredientes ativos e alvos, associado à limitada demanda, evidenciando a importância de legislação específica para os bioinsumos, o fomento a construção e transferência do conhecimento e o direcionamento de esforços para regionalização da produção desses insumos, vinculando pequenos e médios empreendimentos, visando o atendimento das demandas da agricultura local e nichos de mercado.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologias biológicas. Inovação. Agricultura. Fitossanidade. Ciência, Tecnologia e Sociedade. Sustentabilidade.

Gillyene Bortoloti

Instituto Biológico (IB), São Paulo,
São Paulo

gillyenebiologa@gmail.com

Renata Martins Sampaio

Instituto de Economia Agrícola (IEA),
São Paulo, São Paulo

rmsampaio@sp.gov.br

INTRODUÇÃO

A busca por práticas de produção mais sustentáveis na agricultura é motivada por diferentes questionamentos e impulsionam o desenvolvimento de novas tecnologias e formas de organizar e realizar as produções agrícolas. Esse contexto é pontuado pelo comportamento do consumidor, a segurança alimentar e nutricional, pelos desdobramentos das mudanças climáticas e da perda da biodiversidade. As soluções colocadas são pautadas em tecnologias biológicas exploradas em segmentos econômicos dominados por regimes sociotécnicos estabelecidos em bases distintas. Como exemplo dessa colocação, está o controle biológico, um nicho tecnológico, no padrão dominante dos agrotóxicos químicos (BUAINAIN et al., 2021; GOULET; HUBERT, 2020).

Os bioinsumos para controle biológico, inseridos no mercado de insumos agrícolas, representam tecnologias biológicas que fazem uso de microrganismos, como fungos e bactérias, e macrorganismos, como vespas e ácaros, dentre outros inimigos naturais, ingredientes ativos, para controlar pragas e doenças nas produções agrícolas. Essas tecnologias possuem características que promovem a sustentabilidade ao reduzir os impactos do intenso uso de agrotóxicos químicos, porém, enfrentam desafios em seu desenvolvimento. Um desses desafios está relacionado à cultura dos produtores, que estão habituados à aplicação de agrotóxicos e carecem de transferência de tecnologia e conhecimento sobre o uso de tecnologias biológicas. Além disso, são importantes questões relacionadas à disponibilidade, qualidade, transporte e armazenamento dos bioinsumos, bem como suas conexões com as estruturas regulatórias (PARRA et al., 2024).

Apesar dos desafios, o mercado brasileiro de bioinsumos para controle biológico vem experimentando a expansão do registro de produtos e sua comercialização. AgroRevenda (2024) aponta que, no Brasil, as vendas de insumos agrícolas biológicos se destacaram, crescendo 67% na safra 2021/22 e alcançando R\$ 2,9 bilhões. Na última edição do estudo "FarmTrak Biológicos" da Kynetec, durante a safra 2022/23, os bioinsumos para controle biológico movimentaram US\$ 827 milhões no país, um aumento de 52% em relação ao ciclo de produção anterior.

Esse cenário de desafios e resultados promissores é permeado pela criação, em 2020, do Programa Nacional de Bioinsumos (PNB) que tem por objetivo aproveitar o potencial da biodiversidade brasileira e ampliar a oferta de bioinsumos para a agropecuária nacional (BRASIL, 2020). Para o controle biológico, as diretrizes do programa envolvem o fomento à ciência, tecnologia e inovação para a disponibilização de novas tecnologias, produtos, processos, serviços, conhecimento e informações. Também é colocado o fomento ao desenvolvimento, produção dos bioinsumos, e a revisão dos aspectos regulatórios e conceituais relacionados. Esses objetivos e ações posicionam as questões condutoras do estudo, quais fatores podem ser observados na construção e condução do PNB? Que oportunidades podem ser exploradas?

Dessa forma, este artigo propõe-se a identificar estratégias para o desenvolvimento dos bioinsumos para controle biológico no Brasil, partindo de

abordagens teóricas sobre a mudança tecnológica na agricultura e suas interações entre ciência, tecnologia e sociedade, apresenta a metodologia, discute resultados e trata das conclusões.

ESTRUTURA CONCEITUAL E METODOLÓGICA

Essa seção posiciona a evolução da discussão sobre mudança tecnológica na agricultura, integrando diversas abordagens teóricas e realidades empíricas. O objetivo é ampliar a compreensão dos fatores que influenciam a adoção e o desenvolvimento de bioinsumos, considerando não apenas aspectos técnicos, mas também dimensões sociais e subjetivas, explorando conceitos e a metodologia do estudo.

Mudança tecnológica na agricultura

A mudança tecnológica está intrinsecamente ligada aos processos de inovação e suas características sistêmicas, envolvendo uma perspectiva histórica sobre como esses processos afetam a dinâmica das sociedades, organizações e competitividade dos setores econômicos. A inovação é moldada por escolhas sociais através do debate político, socioeconômico e socioambiental, bem como pela avaliação tecnológica e seu uso, determinando a natureza e extensão de seus benefícios (DOSI; SOETE, 2022). Portanto, a compreensão da inovação exige uma análise que vá além dos aspectos técnicos, integrando diversas influências e consequências que permeiam o desenvolvimento e a adoção de novas tecnologias.

Essas subjetividades complementam a compreensão da importância de integrar essa perspectiva na discussão sobre bioinsumos para controle biológico. A partir das últimas décadas do século XX a busca por entender as complexas relações entre ciência, tecnologia e sociedade promoveram estudos e o desenvolvimento científico e tecnológico mais consciente e responsivo às necessidades e valores sociais. A subjetividade, estudada em diferentes frentes, considera as dimensões afetivas e cognitivas do desenvolvimento humano como centrais para a adoção de novas tecnologias. Assim, a aceitação e o uso de tecnologias agrícolas são influenciados não apenas por questões técnicas e econômicas, mas também pelas percepções, valores e conhecimentos dos agricultores (CORTINHAS; DIAS, 2023; MORENO-RODRÍGUEZ; PINO, 2023; OLIVEIRA, 2023).

Ao considerar a mudança tecnológica e seus diferentes aspectos a ciência no setor agropecuário brasileiro tem desempenhado papel importante que não apenas impulsiona o crescimento econômico, mas também transforma o conhecimento em um ativo estratégico para o desenvolvimento tecnológico e socioeconômico. A sinergia entre teorias e estudos empíricos sobre a adoção tecnológica na agricultura oferece uma compreensão mais profunda dos desafios e oportunidades associados à inovação, abrangendo não apenas questões de produtividade e custos, mas também aspectos relacionados à difusão do conhecimento e à promoção do desenvolvimento sustentável (RODRIGUEZ; COSTA, 2020).

A sustentabilidade depende da combinação e uso adequado dos recursos naturais, do trabalho e das tecnologias empregadas nos sistemas de produção. As escolhas e caminhos trilhados pelos produtores, agroindústrias, consumidores, gestores públicos dentre outros determinam a maneira como ocorre produção, processamento e consumo dos produtos agrícolas. Da mesma forma, incorrem nos custos de produção, nos impactos ambientais, na qualidade nutricional dos alimentos e na configuração de uma agricultura sustentável capaz de impulsionar econômico e social das comunidades rurais (ALCANTARA, 2020).

Nesse sentido, a mudança tecnológica incorpora contextos sociais específicos, influenciados por valores, perspectivas e necessidades dos diversos atores envolvidos. Assim, a sustentabilidade e a eficiência na produção agrícola não são determinadas exclusivamente por avanços técnicos, mas também pela maneira como esses avanços são integrados às práticas sociais e culturais dos agricultores. A adoção de novas tecnologias, a mudança ou transição tecnológica, como o uso de bioinsumos para controle biológico, é mediada pelas percepções e conhecimentos dos produtores, os quais são moldados por suas experiências, tradições e pelo contexto socioeconômico em que estão inseridos.

Essas características estão no estudo de Fiszbein (2022) que explora a transição tecnológica na agricultura de produção diversificada, ressaltando a importância das habilidades e capacidades para desenvolver diversas produções e incorporar conhecimentos variados. Esta interação é mais acentuada em sistemas diversificados em comparação com os baseados em especialização, afetando diretamente a habilidade do produtor em integrar novos conhecimentos aos já existentes. Essa capacidade de adaptação e inovação é crucial para enfrentar os desafios e aproveitar as oportunidades no contexto agrícola contemporâneo. O processo de mudança tecnológica é moldado pela transição impulsionada por mecanismos que promovem ou restringem essa evolução, como a transferência de tecnologia e a extensão rural.

Outra realidade investigada está no trabalho de Vermunt et al. (2022), que examinaram a adoção da agricultura inclusiva da natureza, abordagem que integra práticas agrícolas com a conservação da biodiversidade, na produção holandesa de leite. Os autores destacam que esta abordagem, combinada com o uso de bioinsumos para controle biológico, representa inovações na gestão agrícola e na aplicação de tecnologias com potencial para combater o declínio da biodiversidade nas terras agrícolas. O estudo indica, ainda, cinco fatores que impedem a mudança tecnológica nessas circunstâncias: incentivos econômicos inadequados, limitações na perspectiva de ação dos produtores, falta de visão compartilhada sobre a mudança, lacunas no conhecimento específico sobre a tecnologia e seus benefícios, e resistência do regime sociotécnico dominante.

A análise dos regimes sociotécnicos dominantes e da transição tecnológica na Perspectiva *Multi-level*, foi trabalhada por Goulet (2021), ao analisar a adoção dos bioinsumos no Brasil. Os resultados posicionam essas tecnologias como um nicho tecnológico no amplo domínio do uso de agrotóxicos químicos. Essa condição está atrelada a um conjunto de entidades heterogêneas que

reúnem fatores econômicos, tecnológicos, políticos, sociais e culturais, tornando os regimes dominantes robustos e estáveis. No entanto, esses regimes podem sofrer abalos quando o nicho tecnológico está desenvolvido o suficiente para propor e alicerçar a mudança, impulsionada por pressões externas e pela adaptação interna, em especial, dos produtores.

A discussão sobre a mudança tecnológica na agricultura motiva abordagens e esforços para capturar e analisar as motivações e resultados individuais e coletivos. Características do mercado, perspectivas de desenvolvimento e os desafios dos bioinsumos para controle biológico serão delineados aqui para proporcionar uma compreensão detalhada sobre as dinâmicas e implicações da inovação tecnológica nesse segmento dos insumos agrícolas.

Metodologia

Para atingir o objetivo de identificar estratégias para o desenvolvimento dos bioinsumos para controle biológico no Brasil, a pesquisa foi conduzida em duas etapas, sendo a primeira iniciada como posição preparatória para a construção e realização da segunda etapa. Dessa forma, a primeira explorou características do mercado brasileiro de bioinsumos para controle biológico, por meio da coleta e análise de informações secundárias considerando três conjuntos de informações e métodos.

O primeiro buscou apoio em pesquisa documental para reunir informações sobre o marco regulatório brasileiro em que insere a pesquisa, experimentação, produção, registro, comercialização e uso dos bioinsumos para controle biológico, reunindo informações sobre as principais normas, leis e instruções que regulam as diferentes atividades relacionadas aos bioinsumos.

Na sequência o segundo conjunto de informações explora a base de dados organizada e disponibilizada pelo Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio da plataforma Agrofit que reúne dados sobre o registro de produtos fitossanitários no Brasil. Para tanto, trabalhou as informações catalogadas como produtos formulados e nas suas categorias associadas à classe agrônômica, aos ingredientes ativos e empresas registrantes, tratando, particularmente os totais e os percentuais em cada item de análise. Essa base de informações foi coletada em janeiro de 2022.

O terceiro e último conjunto de dados trabalhados nessa etapa reúnem informações consolidadas e disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) relacionadas às vendas de ingredientes ativos presentes na formulação dos bioinsumos para controle biológico, compreendendo o período de 2014 a 2020.

Os resultados alcançados com as três fases da primeira etapa subsidiaram a segunda etapa que identificou oportunidades e possíveis estratégias para superação de obstáculos para o desenvolvimento dos bioinsumos para controle biológico no Brasil.

A condução dessa etapa encontrou apoio no método conhecido como RAAIS, do termo em inglês em *Rapid Appraisal of Agricultural Innovation Systems*. Esse método tem como alicerce a coleta de informações com base no conhecimento e experiência acumulados sobre o tema abordado por agentes atuantes em diferentes aspectos do tema em estudo. Esses agentes são alinhados nas seguintes categorias: *stakeholders*, partes interessadas nos produtos; os *researchers*, pesquisadores envolvidos em atividades científicas e tecnológicas e *policymakers*, agentes que formulam, aplicam e fiscalizam as estruturas de regulação (SCHUT et al., 2015; EICHLER et al., 2020; LUNA; GUIMARÃES; 2021).

Para a identificação desses agentes sociais adotou-se como critério a participação de pelo menos um representante para cada categoria, em procedimento que incluiu a busca em documentos relacionados aos colegiados e comitês associados ao marco regulatório, em centros de pesquisa e em representações de segmentos de produção. O convite realizado aos agentes identificados teve como conduta a seleção por meio de amostragem por conveniência (LUNA; GUIMARÃES, 2021).

As entrevistas de caráter anônimo, realizadas em ambiente virtual durante o mês de janeiro de 2022, foram conduzidas por roteiro composto de cinco questões construídas a partir dos resultados alcançados na execução da primeira etapa dessa pesquisa. As respostas foram registradas e compiladas tomando como ponto aglutinador os conteúdos convergentes e também os divergentes. Cabe destacar que a abordagem foi realizada através de convite enviado por e-mail e também no ambiente das redes sociais, dirigida a um total de catorze indivíduos dos quais cinco concordaram em participar da pesquisa.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para apresentar os resultados alcançados foram organizadas duas subseções com conteúdo alinhado aos objetivos específicos propostos. Assim, são apresentados, inicialmente, os resultados sobre as estruturas regulatórias e dimensões relacionadas à comercialização dos bioinsumos para controle biológico. Depois são exploradas as opiniões dos especialistas apontando oportunidades e estratégias para o controle biológico no Brasil.

Regulação e mercado dos bioinsumos para controle biológico

A regulação brasileira voltada aos produtos fitossanitários está inserida na Lei 7.802/1989, conhecida como a Lei dos Agrotóxicos, e responsável por regradar desde a pesquisa até a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins. A inclusão dos bioinsumos para controle biológico nesse ambiente regulatório ocorreu através do Decreto 4.074/2002, atualizado pelo Decreto 10.833/2021 regulamentando essas biotecnologias no contexto dos produtos fitossanitários no Brasil (PLANALTO, 1989; PLANALTO, 2021).

A Lei dos Agrotóxicos tem em sua estrutura elementos construídos a partir de características das tecnologias químicas. O padrão agroquímico remonta aos anos 1960 e aos pacotes tecnológicos então conduzidos por meio de incentivos financeiros e fiscais destinados ao desenvolvimento da grande produção agrícola e agroindustrial, combinando máquinas, cultivares, fertilização e fitossanidade apoiadas em tecnologias químicas. Dessa forma, o controle biológico e suas características distintas do padrão agroquímico demandam ferramentas regulatórias que nem sempre estão previstas na legislação vigente e regulamentada. Tal cenário vem sendo trabalhado a partir de aportes especiais para acomodar as particularidades das tecnologias biológicas (JORGE; SOUZA, 2017).

Dentre os diferentes aportes específicos para ajustar a legislação aos construtos dos bioinsumos para controle biológico, estão além dos decretos de inclusão dessas tecnologias na lei e o de criação do PNB, uma ampla gama Atos e Instruções Normativas Conjuntas (INC), a exemplo, da que estabelece norma específica para registro de **semioquímicos**, INC nº 1, dos **macrobiológicos** na INC nº 2, dos **microbiológicos**, INC nº 3, todas do ano de 2006 e, dos **bioquímicos** na INC nº 32, em 2005 (GOVERNO FEDERAL, 2020).

Os esforços e avanços na construção regulatória dos bioinsumos tem deixado lacunas, a exemplo de situações como o registro de produtos à base de extratos vegetais que podem ser inseridos tanto na INC nº 1, no caso de óleos essenciais que estimulam respostas específicas de alguns insetos, quanto na INC nº 32, derivados de substâncias químicas, de ocorrência natural ou idêntica a ela, cujo mecanismo de ação não seja tóxico, o que exige uma análise caso a caso. Dessa forma, as limitações presentes deixam espaço para a insegurança em processos de desenvolvimento tecnológico, registro e comercialização desses produtos.

Embora detectados desafios regulatórios, os bioinsumos para controle biológico vem experimentando a expansão no registro de produtos e incrementando a oferta desses insumos agrícolas ao produtor. Conforme a Figura 1, os resultados apontam 5.583 produtos fitossanitários registrados no Brasil, sendo 3.213 produtos formulados e o restante classificado como produtos técnicos. Do total de produtos formulados, 439 são bioinsumos para controle biológico que, adicionados aos feromônios, totalizam 485 registros, 15% do total.

Figura 1 Registro de produtos fitossanitários no Brasil, por classe agrônômica, totais e percentuais de participação dos bioinsumos para controle biológico

Classe agrônômica	Total por classe	% Biológicos
Acaricidas	202	15%
Acaricida microbiológico	36	
Agente de controle biológico	63	100%
Ativador de planta	1	-
Bactericida	23	21%
Bactericida microbiológico	6	
Cupinicida	34	-
Feromônio	46	100%
Formicida	28	-
Fungicida	667	9%
Fungicida microbiológico	65	
Herbicida	953	-
Inseticida	704	23%
Inseticida fumigante	9	
Inseticida microbiológico	219	
Moluscicida	2	-
Nematicida	29	63%
Nematicida microbiológico	50	
Regulador de Crescimento	74	-
Protetor de sementes	2	-
Total geral de bioinsumos	485	15%

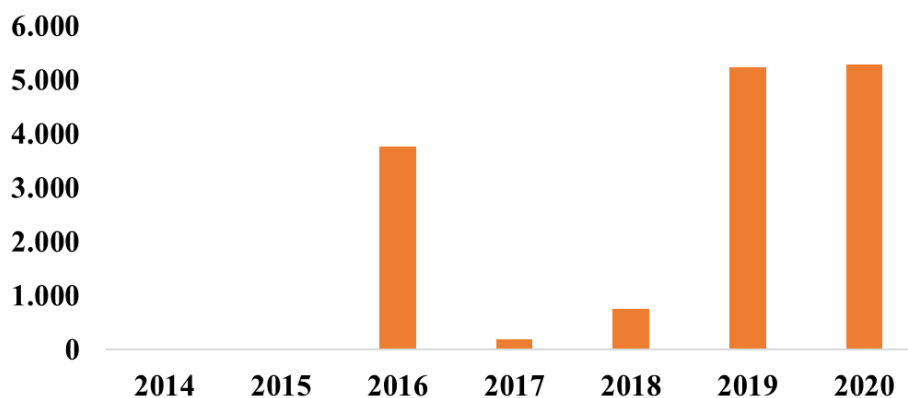
Fonte: Elaborada a partir de AGROFIT, janeiro de 2022.

Quando observada a composição dos produtos formulados registrados foi possível notar a concentração das formulações dos bioinsumos para controle biológico em poucos ingredientes ativos, com destaque para os microrganismos, especialmente, o fungo *Beauveria bassiana*, presente em 11% dos inseticidas microbiológicos e, as bactérias *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus subtilis*, ingrediente ativo de 24% dos nematicidas. Já para os macrorganismos são destaques as vespas *Cotesia flavipes* e *Trichogramma pretiosum*, opções direcionadas para o controle de pragas a exemplo, da cigarrinha *Deois flavopicta* e a lagarta-do-algodão, *Helicoverpa armigera*, indicando limitação na oferta de opções para controle de outras pragas. Em se tratando dos principais registrantes de bioinsumos para controle biológico, as dez principais empresas, juntas, representam em torno de 40% dos produtos registrados, sendo a Koppert na primeira posição, com 31 produtos, e a TOPBIO na décima posição, com 12 produtos (AGROFIT, 2022).

Com relação aos relatórios de venda de ingredientes ativos disponibilizados pelo IBAMA, é pontuado o predomínio de microrganismos, especialmente presente na exportação, com o registro de 5.000 KG comercializados em 2019, um aumento de 591% em comparação ao registro em 2018 (Figura 2). Nesse contexto os nematicidas, tem destaque como 63% do total de produtos formulados atrelados aos bioinsumos para controle biológico. Por outro lado, quando considerados os ingredientes ativos químicos,

aqueles destinados à formulação de herbicidas ocupam a primeira posição respondendo por 30% das vendas totais em toneladas de ingredientes ativos.

Figura 2 Histórico das vendas de microbiológicos para exportação



Fonte: Elaborado a partir de Ibama (2022)

O caminho percorrido na primeira etapa de pesquisa permitiu posicionar os desafios da regulação pontuados a partir da formatação de instrumentos normativos, externos à lei em vigência, na tentativa de adaptar o marco regulatório às características dos bioinsumos para controle biológico. Outro resultado posiciona a oferta de produtos registrados formulados a partir de poucos ingredientes ativos e direcionados ao controle de reduzido número de pragas e doenças, os alvos. A concentração também foi notada no número de empresas que atuam no segmento, assim como a comercialização restrita e dirigida aos microrganismos.

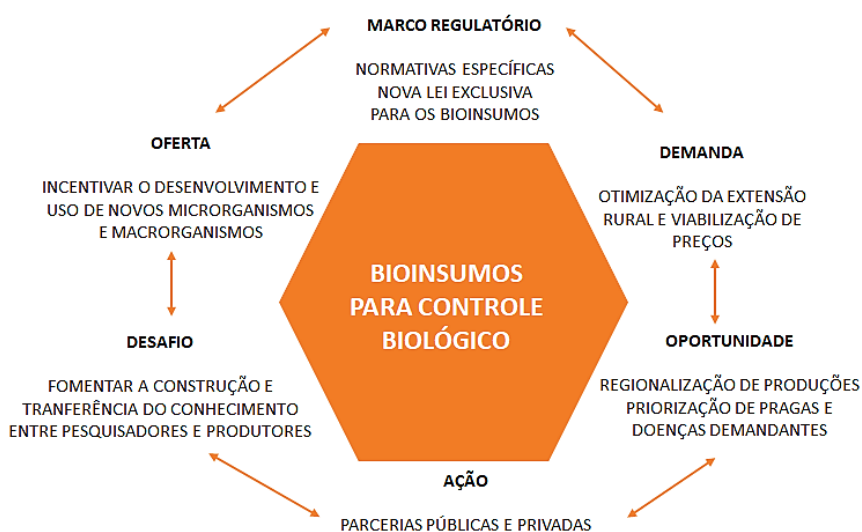
Esses achados foram o alicerce para a elaboração do roteiro composto por cinco tópicos de discussão que conduziu a segunda etapa de pesquisa com o objetivo de identificar oportunidades e estratégias para fomentar o desenvolvimento dos bioinsumos para controle biológico no Brasil.

Oportunidades e estratégias para o controle biológico

O processo de identificação de oportunidades e estratégias contou com a participação, por meio de teleconferência, de *stakeholder* da área de produção agrícola, vinculada à Confederação Nacional da Agricultura (CNA). Para o grupo dos *researchers*, foram duas participações, sendo uma vinculada ao Departamento de Entomologia e Acarologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq) da Universidade de São Paulo (USP), atuante em pesquisa com macrorganismos e, o outro participante, vinculado ao Instituto Biológico, da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, atuante em pesquisa com microrganismos. Por fim, a participação de dois *policymakers*, do Conselho Estratégico do PNB, que coordena ações e estratégias de implantação e execução dos objetivos do programa.

Os resultados foram organizados conforme a ordem dos questionamentos e a partir da identificação e tratamento da convergência das opiniões coletadas e apontamento de opiniões divergentes e diferenciadas. As sentenças consolidadas são apresentadas na infografia contida na Figura 3 e discutidas na sequência.

Figura 3 Infografia da associação de ideias centrais detectadas entre as repostas aos questionamentos quanto ao marco regulatório; oferta; demanda; desafios; oportunidades e ações voltadas aos bioinsumos



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

O primeiro conteúdo apresentado aos participantes abordou o marco regulatório, posicionando a inclusão dos bioinsumos para controle biológico na regulação vigente a partir de decretos e instruções normativas na busca por tratar das especificidades, distintas dos agrotóxicos. Na opinião dos entrevistados mesmo com importantes iniciativas realizadas, a estrutura normativa, dificilmente conseguirá acompanhar o crescimento do mercado e que o caminho está na construção de nova lei específica para regular e garantir a qualidade na comercialização dos bioinsumos, tratando macrorganismos e microrganismos de forma isolada de outros produtos naturais, a exemplo, de extratos e óleos essenciais.

Na sequência foi solicitada a opinião dos participantes sobre os aspectos que condicionam o registro de bioinsumos para controle biológico caracterizado pela concentração em poucos produtos, especialmente, na classe de inseticidas microbiológicos e poucos ingredientes ativos, como o fungo *Beauveria bassiana*, e as vespas *Cotesia flavipes*. As repostas indicaram que tal realidade decorre da semelhança e condições existentes das especificações de referência para esses organismos, que torna mais fácil e rápido o processo de registro de microrganismos, principalmente dentre alguns fungos e bactérias já bem descritos na literatura científica e também, amplamente conhecidas as suas características de produção e uso. Dentre as ações que poderiam modificar tal cenário foram mencionadas: a revisão de exigências para novos ingredientes

ativos, principalmente, quanto à toxicologia de ingredientes ativos derivados da mesma espécie comercializada; e a construção de instrumentos de incentivo às atividades de pesquisa e desenvolvimento voltadas a microrganismos e macrorganismos de interesse agropecuário para incremento da oferta e demanda por novos ingredientes ativos.

O terceiro ponto explorado buscou a opinião dos participantes sobre os aspectos relacionados à demanda limitada pelo controle biológico mesmo diante do amplo panorama de discussão sobre a sustentabilidade na agricultura que favorece novas tecnologias, como os bioinsumos. As opiniões posicionaram que o agricultor não tem conhecimento suficiente sobre o uso do controle biológico e a tendência será aplicá-lo com as mesmas estratégias e técnicas adotadas para o produto químico gerando resultados limitados. Da mesma forma, não pagará mais em relação ao produto químico/sintético. Quanto à indústria, mesmo com a existência de alternativas para pragas e doenças, o fator impeditivo está nas técnicas de produção do bioinsumo em larga escala e na competitividade econômica.

Cabe ainda pontuar que durante as entrevistas, ficou expressa a falta de oferta de biológicos para pequenas culturas, mesmo diante da existência de estudos sobre a efetividade de ingredientes, a exemplo de parasitoides para diversos tipos de pulgões em diferentes culturas, porém, não avança, pois a produção do biológico não é economicamente viável em comparação aos agrotóxicos químicos. Apesar disso, foi possível observar a tendência de incorporação de novos produtos biológicos pelas grandes empresas em razão da demanda pela sustentabilidade, empresas, que predominam no mercado de agrotóxicos.

A quarta questão tratou da importância da organização, convergência e expansão de investimentos e esforços nas atividades de pesquisa e desenvolvimento voltadas ao controle biológico e de quais áreas e temas deveriam ser priorizados. Os participantes destacaram que é fundamental que órgãos públicos criem parcerias com as empresas, a exemplo de consórcios. As parcerias entre empresas, universidades e instituições de pesquisa devem ser direcionadas ao avanço de áreas de produção em massa, formulação, embalagens, sistemas de aplicação ou processos adequados e de fácil aplicação, com produção competitiva e barata. As soluções devem ser direcionadas às pragas-chave em cultivares, especialmente, de alimentos frescos, como hortaliças e frutas, vinculadas a atividades mais comuns entre pequenos e médios produtores.

Nesse processo, a divulgação e a extensão rural junto aos produtores são de fundamental importância, pois essa é uma grande lacuna em um mercado que avança rapidamente em novas tecnologias, pois parte dos produtores ignora a existência de tais técnicas e tecnologias. Por isso há necessidade de treinamento, além da inserção de temas relacionados ao controle biológico, nas atividades de pesquisa em técnicas de produção dos bioinsumos para alcance de escala produtiva e competitividade econômica de modo mais efetiva nos currículos das faculdades, para que esses profissionais transmitam a informação de forma correta aos agricultores.

Por fim, a quinta intervenção abordou quais desafios, oportunidades e tendências que podem ser destacados para o futuro do controle biológico no Brasil e se essas frentes seriam distintas para as grandes e pequenas culturas. Os participantes, de modo geral indicaram que os maiores desafios estão relacionados quanto à aceitação dos produtores aos processos produtivos, assim como, do incremento nas atividades de pesquisa e desenvolvimento visando o estabelecimento de processos de produção que tornem o preço final competitivo em comparação aos agrotóxicos químicos, o que também terá impacto na barreira concorrencial já consolidada por essa indústria.

Dentre as oportunidades está a construção de modelo de pequenas empresas, descentralizadas e dispostas a atender a nichos de mercado, ou seja, a regionalização de produções seria mais favorável ao segmento dos biológicos. Esse modelo pode ser pautado no estabelecimento de *startups*, pequenas empresas e sistemas em que o próprio agricultor possa produzir, a produção *on farm*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O apoio das construções teóricas sobre a mudança tecnológica na agricultura e sobre as interações entre ciência, tecnologia e sociedade mobilizaram aportes com o objetivo de identificar estratégias de apoio ao desenvolvimento dos bioinsumos para controle biológico no Brasil, em contexto marcado pelo domínio sociotécnico dos agrotóxicos químicos ou sintéticos.

Os resultados alcançados posicionam ambiente fitossanitário brasileiro com ações significativas na promoção da inclusão dos bioinsumos para controle biológico na legislação que trata dos agrotóxicos. Essas ações ocorrem por meio de normativas específicas e da adaptação de instrumentos para acomodar as características dos bioinsumos. Ao mesmo tempo, o registro de produtos biológicos avança concentrado em poucos ingredientes ativos e limitações na adoção dessas tecnologias pelos produtores, associadas à falta de conhecimento, desconfiança em contra ponto ao domínio no uso das tecnologias químicas.

Para superar esses desafios, os resultados apontam necessidade de elaborar marco regulatório específico para bioinsumos, fomentar atividades de pesquisa e transferência de conhecimento junto aos produtores. Essas ações devem considerar a regionalização e a integração entre iniciativas públicas e privadas em incentivo ao atendimento de necessidades das produções locais, especialmente aquelas exploradas por pequenos e médios produtores, reduzindo custos e promovendo a qualidade e eficiência dos bioinsumos para controle biológico.

Essas estratégias são colocadas como fundamentais para construir uma estrutura sociotécnica alternativa que reúna diversas frentes de investigação e resultados científicos capazes de promover sustentabilidade no controle de pragas e doenças agrícolas. Dessa forma, os resultados corroboram e contribuem para a execução do PNB que além da discussão regulatória e dos incentivos às atividades de pesquisa e inovação, também enfatiza as iniciativas

de educação e transferência de conhecimento, construídas a partir de crenças e valores dos agricultores e de seus locais e territórios de produção.

O caminho percorrido destaca a importância da inter-relação entre aspectos tecnológicos, socioeconômicos e regulatórios nos processos de mudança tecnológica, especialmente no que diz respeito à transição entre diferentes padrões tecnológicos. Sendo assim, abre espaço para futuros estudos que investiguem as realidades regionais brasileiras no desenvolvimento de bioinsumos e seus contextos socioeconômicos e culturais, pode promover o desenvolvimento sustentável e eficiente dos bioinsumos no Brasil.

Challenges and strategies in the development of bio inputs for biological control in Brazil

ABSTRACT

The article aims to identify strategies to support the development of bio inputs for biological control in Brazil. These technologies are identified as important tools in the process of reducing the use of pesticides in agricultural production and their negative socioeconomic and environmental impacts. In this way, it finds support from theoretical discussions on technological change in agriculture to characterize and detect opportunities and development strategies in the segment. The results highlight the advance in the registration of products for biological control but concentrated on few active ingredients and targets, associated with limited demand, highlighting the importance of specific legislation for bio inputs, the promotion of the construction and transfer of knowledge, and the targeting of efforts to regionalize the production of these inputs, linking small and medium enterprises, aiming to meet the demands of local agriculture and market niches.

KEYWORDS: Biological technologies. Innovation. Agriculture. Plant health. Biotechnology. Sustainability.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

REFERÊNCIAS

ALCANTARA, Isabela Romanha de. **Fatores de produção, agricultura e desenvolvimento econômico regional no Brasil**. 2020. 124 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2020.

AGROFIT, Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. **Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)**, 2022. Disponível em: <https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 27/05/2022.

AGROREVENDA. **Kynetec anuncia estudo inédito ‘Panorama de Bioinsumos’!** 13 de maio de 2024. Disponível em:<<https://agrorevenda.com.br/destaques/kynetec-anuncia-estudo-inedito-panorama-de-bioinsumos/>>. Acesso em: 16/05/2024.

BUAINAIN, A. M.; CAVALCANTE FILHO, P. G. C.; CONSOLINE, L. O ECOSISTEMA DE INOVAÇÃO NA AGRICULTURA BRASILEIRA: ENTRE O PROTAGONISMO DE INSTITUIÇÕES PÚBLICAS E PRIVADAS. **Anais do 59º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER) & 6º Encontro Brasileiro de Pesquisadores em Cooperativismo (EBPC)**. Brasília (DF) UnB, 2021. Disponível em: www.even3.com.br/Anais/soberebpc2021/343791-O-ECOSSISTEMA-DE-INOVAÇÃO-NA-AGRICULTURA-BRASILEIRA--ENTRE-O-PROTAGONISMO-DE-INSTITUIÇÕES-PÚBLICAS-E-PRIVADAS>. Acesso em: 26/04/2022.

BRASIL. Decreto n.º 10.375, de 26 de abril de 2020. Institui o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 27 maio 2020. Seção 1, p. 105. 2020.

CORTINHAS, Maristela Sobral; DIAS, Maria Sara de Lima. A intersecção entre a teoria da subjetividade e o campo da Ciência Tecnologia e Sociedade. **Revista Tecnologia e Sociedade**, 2023, 19.58: 1-17. DOI: 10.3895/rts.v19n58.16462.

DOSI, G.; SOETE, L. On the syndemic nature of crises: A Freeman perspective. **Research Policy** 51. 104393. 2022.

EICHLER, Sarah E., et al. Rapid appraisal using landscape sustainability indicators for Yaqui Valley, Mexico. **Environmental and Sustainability Indicators**, 2020, 6: 100029. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665972720300118>>. Acesso em: 24/10/2021.

FISZBEIN, M. Agricultural Diversity, Structural Change, and Long-Run Development: Evidence from the United States. **American Economic Journal**:

Macroeconomics, 2022, 14(2): 1–43. Disponível em: <<https://doi.org/10.1257/mac.20190285>>. Acesso em: 12/07/2022.

GOULET, Frédéric; HUBERT, Matthieu. Making a Place for Alternative Technologies: The Case of Agricultural Bio-Inputs in Argentina. **Review of Policy Research**. 37. 535-555. 10.1111/ropr.12384. 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/342139364_Making_a_Place_for_Alternative_Technologies_The_Case_of_Agricultural_Bio-Inputs_in_Argentina>. Acesso em: 28/04/2022.

GOULET, F. Characterizing alignments in socio-technical transitions. Lessons from agricultural bio-inputs in Brazil. *Technology in Society*, V. 65, maio 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101580>>. Acesso em: 08/07/2022.

GOVERNO FEDERAL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Notícias. **Marco regulatório**. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/o-programa/marco-regulatorio-1>>. Acesso em: 28/04/2022.

IBAMA. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. **Relatórios de comercialização de agrotóxicos**. 2022. Disponível em: <http://ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>>. Acesso em: 15/03/2022.

JORGE, D. M.; SOUZA C. A. V. de. O PAPEL DA REGULAMENTAÇÃO DOS PRODUTOS DE ORIGEM BIOLÓGICA NO AVANÇO DA AGROECOLOGIA E DA PRODUÇÃO ORGÂNICA NO BRASIL. 2017. **Repositório do IPEA**. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8810/1/O%20Papel%20da%20regulamenta%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 23/10/ 2021.

LUNA, Luan Costa de; GUIMARÃES, Gilda Lisbôa. O que Livros Didáticos de Matemática Propõem para a Aprendizagem de Amostragem? **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, v. 35, p. 815-839, 2021.

MORENO-RODRÍGUEZ, Andrei Steeven; PINO, José Claudio Del. Propostas didáticas com enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS): Rumo à coerência epistemológica do trabalho docente. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, 2023, 22.1.

NAVA, D. E. Documentos 208. Controle biológico de insetos-praga em frutíferas de clima temperado: uma opção viável, mas desafiadora. Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, 2007, 20 p. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/15435318.pdf>>. Acesso em: 24/10/2021.

OLIVEIRA, A. M. et al. Controle biológico de pragas em cultivos comerciais como alternativa ao uso de agrotóxicos. **Revista Verde**, Mossoró, v. 2, n. 1, p. 1-9, 2006.

OLIVEIRA, Maysa Leal de. Leituras CTS da Ciência e da Modernidade. **Revista Tecnologia e Sociedade**, 2023, 19.57: 55-73. DOI: 10.3895/rts.v19n57.16352.

OLIVEIRA-FILHO, E. C.; FARIA, M. de R.; CASTRO, M. L. M. P de. **Regulamentação de produtos biológicos para o controle de pragas agrícolas**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Documents (INFOTECA-E), 2004.

PARRA, José Roberto Postali, et al. **Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira**. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2024.

PLANALTO. **DECRETO Nº 10.833, DE 7 DE OUTUBRO DE 2021**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/decreto/D10833.htm>. Acesso em: 22/01/2022.

PLANALTO. **LEI Nº 7.802, DE 11 DE JULHO DE 1989**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7802.htm>. Acesso em: 22/01/2022.

RODRIGUES, Manoel Gonçalves; DA COSTA, Fernando José Pereira. Ciência, tecnologia e inovação no segmento agropecuário no Brasil. **Revista Brasileira de Administração Científica**, 2020, 11.3: 155-166.

SCHUT, Marc, et al. RAAIS: Rapid Appraisal of Agricultural Innovation Systems (Part I). A diagnostic tool for integrated analysis of complex problems and innovation capacity. **Agricultural Systems**, 2015, 132: 1-11. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X14001115>>. Acesso em: 23/09/2021.

STERN, M. O., AYRES, R. U., & SHAPANKA, A. A Model for Forecasting the Substitution of One Technology for Another. **Technological Forecasting and Social Change**, 7(1), 57-79. 1975.

VERMUNT, N.W. et al. Five mechanisms blocking the transition towards 'nature-inclusive agriculture: A systemic analysis of Dutch dairy farming. **Agricultural Systems**, 195, 103280. 2022.

Recebido: 01/08/2022

Aprovado: 05/06/2024

DOI: 10.3895/rts.v20n60.15792

Como citar:

BORTOLOTTI, Gillyene; SAMPAIO, Renata Martins. Desafios e estratégias no desenvolvimento dos bioinsumos para controle biológico no Brasil. *Tecnol. Soc., Curitiba*, v. 20, n. 60, p.291-307, abr./jun., 2024. Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/15792>

Acesso em: XXX.

Correspondência:

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

