

Demandas tecnológicas: os bioinsumos para controle biológico no Brasil

Gillyene Bortoloti¹
Renata Martins Sampaio²

RESUMO

Esse artigo tem por objetivo identificar características da participação dos bioinsumos para controle biológico no contexto fitossanitário brasileiro, explorando a agenda de debates sobre o modelo regulatório e o desenvolvimento de tecnologias em controle biológico. No Brasil, os agroquímicos formam o conjunto de tecnologias dominantes no controle de pragas e doenças das lavouras, porém, na última década, o controle biológico vem tomando espaço. Nesse cenário pautado por regimes tecnológicos distintos e imersos em pontos de contato, o desenvolvimento das tecnologias biológicas enfrenta obstáculos sociotécnicos. Dessa forma, são discutidos os argumentos tratados na legislação brasileira, posicionando-se as características dos produtos de origem química e biológica, e sendo analisadas informações relacionadas ao registro e consumo desses insumos agrícolas. Os resultados alcançados apontam que, ao longo dos anos, os órgãos reguladores têm procurado construir na legislação aportes para acomodar o registro dos bioinsumos para controle biológico, a exemplo do Decreto nº 4.074/2002, e também elaborar políticas de incentivo como o Plano Nacional de Bioinsumos, lançado em 2020. Além disso, foi possível observar o incremento concentrado no total de registros dos bioinsumos entre o consumo irregular dessas tecnologias, expondo, assim, a limitação das ações colocadas e a necessidade de integração das informações relacionadas a esse mercado.

Termos para indexação: agroquímicos, MIP, mudança tecnológica, regimes tecnológicos.

Technological demands: bioinputs for biological control in Brazil

ABSTRACT

This article aims to identify characteristics of the participation of bioinputs for biological control in the Brazilian phytosanitary context, exploring the agenda of debates on the regulatory model and the development of technologies in biological control. In Brazil, agrochemicals constitute the set of dominant technologies for the control of pests and diseases in crops, but in the last decade, biological control has been gaining ground. In this scenario, guided by distinct technological regimes, which are immersed in points of contact, the development of biological technologies faces socio-technical obstacles. Thus, the arguments dealt with in Brazilian legislation are discussed, the characteristics of products of chemical and biological origin are located, and information related to the registration and consumption of these agricultural inputs are analyzed. The results achieved show that, over the years, regulatory bodies have sought to build in contributions in the legislation to adapt the registration of bioinputs for biological control, such as the

¹ Bacharela em Ciências Biológicas, doutoranda em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio, bolsista Fapesp, Treinamento Técnico pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA), Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (Apta), São Paulo, SP. E-mail: gillyenebiologa@gmail.com

² Administradora de empresas, doutora em Política Científica e Tecnológica, pesquisadora científica do Instituto de Economia Agrícola (IEA), Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (Apta) e docente do Programa de Pós-Graduação em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio do Instituto Biológico (IB/Apta), São Paulo, SP. E-mail: rmsampaio@sp.gov.br

Ideias centrais

- Marco regulatório dos agrotóxicos e os bioinsumos para controle biológico.
- Tecnologias fitossanitárias biológicas na agricultura sustentável.
- Regimes sociotécnicos e os nichos tecnológicos.
- Expansão da oferta de bioinsumos para controle biológico e demanda inconsistente.

Recebido em
01/06/2021

Aprovado em
14/06/2021

Publicado em
20/05/2022



This article is published in Open Access under the Creative Commons Attribution licence, which allows use, distribution, and reproduction in any medium, without restrictions, as long as the original work is correctly cited.

decree named Decreto nº 4.074/2002, and also to develop incentive policies such as the national plan for bioinputs, launched in 2020. In addition, it was possible to observe the increase concentrated in the total number of bioinput records among the irregular consumption of these technologies, thus exposing the limitation of the actions taken and the need to integrate information related to this market.

Index terms: agrochemicals, IMP, technological change, technological regimes.

INTRODUÇÃO

No plantio de cultivares existem diversos métodos para o controle de pragas e doenças. As plantas, naturalmente, oferecem respostas a determinados ataques de insetos e doenças. Porém, quando não mais possuem proteção, ou mesmo na inexistência desta, outras medidas são necessárias. Entre os métodos alternativos de controle fitossanitário temos, com eficiências variáveis, o manejo preventivo, melhoramento genético, e o controle cultural, mecânico, físico, biológico e químico, sendo este último o mais difundido na agricultura brasileira. Esses métodos, quando empregados com base no Manejo Integrado de pragas (MIP), conduzido por meio da determinação dos níveis de tolerância e monitoramento das populações infestantes para tomada de decisão, são pautados no conhecimento da biologia e ecologia da cultura e de suas pragas, e caracterizam um conjunto de estratégias mais sustentáveis. Essa diversificação de estratégias de manejo é importante para a maior eficiência e controle, sendo, portanto, necessário integrar os métodos de controle (Oliveira & Brighenti, 2018).

No Brasil, a chamada Lei dos Agrotóxicos regula o desenvolvimento tecnológico, o registro, a comercialização e o uso dos insumos fitossanitários, químicos e biológicos, aqui agroquímicos e bioinsumos para controle biológico (Moraes, 2019). O Brasil sempre se caracterizou como um grande mercado consumidor de agrotóxicos, que contribuiu para o excedente da balança comercial durante todo o período de 1975 a 2007, em que o País se posicionou entre os seis maiores mercados de agrotóxicos do mundo. Esse segmento é criticado no Brasil pelo fato de agrotóxicos serem ainda pautados pelos ditames da Revolução Verde, baseados no uso intensivo de agroquímicos, nos quais a prioridade do incremento da produção sobrepõe-se à preservação da saúde humana e do meio ambiente. Isso vem ao encontro de uma lógica primário-exportadora à qual o país tem-se reorientado na última década (Pelaez et al., 2010, 2012, 2015; Pelaez & Mizukawa, 2017).

Tais colocações são percebidas também no entendimento da comercialização e uso dos agroquímicos vinculado à modernização da agricultura, ganhos em produtividade e aumento da oferta de alimentos, e também ao reconhecido impacto negativo ou externalidades negativas do seu uso intensivo prejudicial à saúde dos trabalhadores, produtores, consumidores e, igualmente, ao meio ambiente mediante a contaminação do solo, da água e do ar, além da alta nos custos de produção. Nesse contexto, os bioinsumos para controle biológico são colocados como tecnologias importantes para a redução do amplo uso dos agroquímicos, com resultados importantes para mitigar as questões sociais, ambientais e econômicas mencionadas (Moraes, 2019).

Conforme Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020 (Brasil, 2020a), os bioinsumos são processos e tecnologias de origem animal, vegetal e microbiana destinados ao uso na produção, armazenamento e beneficiamento em sistemas de produção agropecuários, aquáticos e de florestas plantadas, de forma a interferir positivamente no crescimento, desenvolvimento e mecanismo de resposta de animais, plantas e microrganismos, sendo substâncias derivadas por processos físico-químicos e biológicos. Entre esses produtos têm destaque os inoculantes, biofertilizantes, produtos para nutrição vegetal e animal, defensivos biológicos, associados ao controle biológico, e fitoterápicos, além de outros produtos que agem no crescimento, desenvolvimento e mecanismos de respostas no metabolismo de animais, plantas e microrganismos.

O desenvolvimento e adoção dessas tecnologias em controle biológico têm enfrentado desafios importantes. Parra (2014) indica 11 desafios para esses bioinsumos, entre eles o fato que a legislação atual, elaborada com base na realidade de uso das tecnologias agroquímicas, configura uma frente a ser discutida e ajustada. Dessa forma, este artigo tem por objetivo identificar características da participação dos bioinsumos para controle biológico no contexto fitossanitário brasileiro, explorando

a agenda de debates sobre o modelo regulatório e o desenvolvimento de tecnologias em controle biológico. Para tanto, inicia com a apresentação do controle fitossanitário no Brasil, avança para a caracterização do sistema de regulação dos agrotóxicos e afins e analisa o cenário de registro e comercialização dos bioinsumos para controle biológico.

CONTROLE FITOSSANITÁRIO DE PRAGAS E DOENÇAS NO AGRONEGÓCIO E SUAS TECNOLOGIAS

A indústria de defensivos agrícolas teve seu início firmado pela modernização da agricultura no pós-Segunda Guerra, com base no uso intensivo de insumos químicos, biológicos e mecânicos, sendo o uso de agroquímicos mais expressivo. A princípio, no Brasil, o registro de substâncias agrotóxicas era regulamentado pela Defesa Sanitária Vegetal de 1934, a qual facilitou os registros de agroquímicos mesmo diversas substâncias tendo sido banidas pelas legislações de países desenvolvidos, como os Estados Unidos e a União Europeia. Considerada pouco rigorosa e por sua defasagem, sofreu alterações significativas em 1978 e ficou em vigor até 1989, quando foi instituída a Lei dos Agrotóxicos (Pelaez et al., 2010, 2012, 2015; Pelaez & Mizukawa, 2017).

Em meados da década de 1970, a indústria brasileira de agrotóxicos foi consolidada pela constituição de um parque industrial de insumos para a agricultura com instalação de unidades fabris no País e a configuração de pacotes tecnológicos da Revolução Verde. Esse processo acompanhou o subsídio de créditos agrícolas para estimular a grande produção resultante da política de substituição de importações atrelada à redução dos custos, isenções de impostos para agroquímicos, esferas agroindustriais, empresas de maquinários e de insumos industriais para uso agrícola, como tratores e fertilizantes químicos. Porém, nas décadas de 1980 e 1990 houve uma grande transformação decorrente de uma crise macroeconômica que se instalou, modificando o cenário que era, outrora, da política de substituição de importações e de crédito agrícola abundante para uma política mais recessiva voltada ao controle dos gastos públicos (Moreira, 2000; Pelaez et al., 2010, 2012, 2015; Jorge & Souza, 2017; Pelaez & Mizukawa, 2017).

Todas essas ações influenciaram o regime sociotécnico vigente pautado nos agroquímicos. O conceito de mudança entre regimes tecnológicos remete ao questionamento de como ocorrerá essa transição tecnológica. O termo transição significa um processo de mudança gradual e contínua do caráter estrutural de uma sociedade. Sendo o conjunto de mudanças conectadas que se reforçam mutuamente com diferentes áreas, como tecnologia, economia e comportamento, dependerá da adoção de uma norma tecno-econômica que permita alcançar a máxima eficiência, rentabilidade e sua difusão, facilitando o entendimento mútuo entre diferentes agentes que participam da atividade, desde os produtores até os consumidores e governos (Bermudez Rodriguez, 2018).

Um regime tecnológico inclui conhecimentos construídos com base em aspectos sociais, políticos, infraestrutura, padrões de consumo, crenças e valores culturais, científicos e tecnológicos. Esse conjunto sociotécnico forma um regime tecnológico dominante e estável, provavelmente difícil de modificar, pois são necessárias modificações profundas tanto do lado da oferta quanto da demanda em um processo de longo prazo, o que dificulta a criação de inovações radicais entre regimes distintos, como é o caso dos bioinsumos para controle biológico em contraponto aos agroquímicos. Portanto, para ocorrer uma transição, é importante haver nichos tecnológicos em setores em que a dinâmica inovativa ainda baixa não permite competir de imediato e em condições equivalentes nos principais mercados ocupados pelo regime tecnológico dominante (Geels, 2005; Bermudez Rodriguez, 2018).

Quanto a isso, os bioinsumos para controle biológico vêm experimentando uma trajetória de desenvolvimento e adoção longa, duradoura e discreta nos processos de produção agrícola. Segundo Parra (2014), desde o século III, os chineses vêm usando formigas no controle de pragas em pomares de citrinos (*Citrus* spp.). Oliveira-Filho et al. (2004) destacam que os agricultores colocavam ninhos

da formiga *Oecophylla smaragdina* F. nas laranjeiras para protegê-las contra outros insetos, especialmente na supressão de vários lepidópteros e pragas.

Quando considerada a eficácia, o controle biológico fica em evidência em 1888 na Universidade da Califórnia, Estados Unidos da América (EUA), quando entomologistas utilizaram a joaninha *Rodolia cardinalis* (Mulsant, 1850) (Coleoptera: Coccinellidae), importada da Austrália, para o controle da cochonilha *Icerya purchasi* (Maskell, 1878) (Hemiptera: Monophlebidae); logo, em 1889, com resultados positivos, a Califórnia se consagrou internacionalmente como berço do controle biológico (Jorge & Souza, 2017).

No Brasil, o controle biológico tem como marco o primeiro registro de importação de um inimigo natural para controle de pragas em 1921. Essa iniciativa contou com a aplicação sem sucesso da vespa parasita *Encarsia berleseii* (Foerster, 1878) (Hymenoptera: Aphelinidae) no controle da cochonilha-branca do pessegueiro – *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni Tozzetti, 1886) (Hemiptera: Diaspididae) –, espécie importada dos EUA (Nava, 2007; Brasil, 2019).

Cabe ressaltar, conforme Parra (2014), que em 1939, no Brasil, o DDT (Diclorodifeniltricloroetano) atingiu o seu pico no uso massivo que se estendeu até a década de 1960. Nesse período e contexto foi lançado o importantíssimo livro da Rachel Carson, Primavera Silenciosa³, creditado ao lançamento do movimento ambientalista, pois alertava sobre os impactos do uso de agrotóxicos no meio ambiente. Também foi feita crítica à indústria química pela disseminação da desinformação (Carson, 1969). Porém, ainda na década 1950, foi publicado pela primeira vez um artigo sobre inativação do vírus do mosaico do fumo por filtração de culturas de *Trichoderma* sp., de autoria de um pesquisador do Instituto Agrônomo, Reinaldo Foster (Foster, 1950; Bettiol & Morandi, 2009).

Para a construção do ambiente de desenvolvimento tecnológico atual, foram importantes algumas iniciativas como: a primeira reunião brasileira sobre controle biológico de doenças de plantas realizada em Piracicaba, SP em 1986, o primeiro produto comercial de *Trichoderma viride* para controle de *Phytophthora cactorum* em macieira, em 1987, a primeira sessão exclusiva de apresentação oral de trabalhos sobre controle biológico de doenças de plantas no Congresso Brasileiro de Fitopatologia (XXV) em Gramado, RS, em 1992, a primeira publicação do Ibama sobre registro e avaliação ambiental de agentes microbianos empregados na defesa fitossanitária, em 1997, assim como o registro de marcas comerciais de produtos contendo agentes de controle biológico de fitopatógenos, e a estruturação de cursos de pós-graduação com temas e disciplinas voltados ao controle biológico de doenças de plantas (Laurentino & Costa, 2004; Silva, 2006; Bettiol & Morandi, 2009; Domiciano, 2017). Mais recentemente, destaca-se o projeto para determinação de metodologias e avaliação de qualidade dos produtos biológicos para controle de doenças de plantas, em 2009, e o Programa Nacional de Bioinsumos, lançado em 2020.

No Brasil, a recente dinâmica direcionada à agricultura pelo controle de pragas e doenças em sistemas de produção sustentáveis deixa em evidência desafios importantes para o desenvolvimento e ampliação do uso das tecnologias biológicas. Porém, Parra (2014) relaciona desafios que envolvem diferentes frentes de debates. Entre eles estão: a cultura do produtor associada ao costume com a aplicação de agroquímicos e à não familiaridade com outras tecnologias como o controle biológico. Isso implica a necessidade de ações de transferência de tecnologia que incorporem a transmissão de conhecimento técnico e científico em combinação com os fatores de produção, por meio de serviços de extensão rural, o monitoramento de pragas em que a inexistência de métodos e técnicas para grandes áreas figura como um obstáculo, assim como o modelo de regulação que pauta o tratamento igualitário para tecnologias distintas, acarretando o estabelecimento de legislação própria para os bioinsumos para controle biológico.

De acordo com Jorge & Sousa (2017), a regulação atual é objeto de variações e especificidades que acarretam dificuldades para a expansão da utilização de insumos biológicos como os bioinsumos

³ Esse livro documentou os efeitos deletérios de pesticidas no ambiente; entre outras críticas, Rachel menciona os efeitos do DDT, como a diminuição da espessura das cascas de ovos, que resultava em problemas reprodutivos e em morte de aves.

para controle biológico, e a falta de orientação clara sobre os trâmites do registro, o custo dos estudos exigidos e o alto valor das taxas de registro⁴, que podem afetar a dinâmica do registro desses produtos. Além disso, há os aspectos tecnológicos como o tempo de prateleira ou formulação que permita a sua estocagem na revenda e logística.

METODOLOGIA

A metodologia proposta apoia-se em estudo exploratório que toma como base duas frentes de pesquisa. A primeira frente é a discussão da legislação por meio de revisão bibliográfica e documental pautada especialmente na investigação dos construtos e desdobramentos da lei de agrotóxicos e do decreto de inserção do controle biológico, assim como da especificação de referência para os orgânicos, um passo importante no registro e comercialização dos bioinsumos para controle biológico.

A segunda frente de investigação está voltada à exploração de informações divulgadas por órgãos oficiais na busca por delinear as características da oferta e da demanda presentes no ambiente de comercialização dos bioinsumos para controle biológico, portanto, fundamentais para a construção de marcos regulatórios capazes de acomodá-las. Essa frente foi conduzida por meio de duas etapas de pesquisa.

A primeira trabalha informações secundárias disponibilizadas pelo Mapa por meio do sistema oficial de cadastro dos agrotóxicos, produtos técnicos e afins, o Agrofit (2021), instituído em 2015 e vinculado à Coordenação Geral de Agrotóxicos e Afins. A plataforma online de consulta pública organiza informações de todos os produtos agrotóxicos, componentes e afins registrados para uso no Brasil. Para a presente pesquisa foram reunidas informações coletadas a partir dos relatórios de produtos formulados e da busca por classe agrônômica dos produtos para controle fitossanitário registrados na seguinte seleção: acaricida, acaricida microbiológico, agente de controle biológico, bactericida, bactericida microbiológico, cupinicida, feromônio, formicida, fungicida, fungicida microbiológico, herbicida, inseticida, inseticida fumigante, inseticida microbiológico, moluscicida, nematicida e nematicida microbiológico. No recorte dos bioinsumos para controle biológico também foram coletadas informações sobre os principais ingredientes ativos presentes na formulação dos produtos, assim como reunidas as principais empresas detentoras dos registros. Os procedimentos colocados foram realizados durante a segunda quinzena de abril de 2021, conforme Agrofit (2021).

Para a segunda etapa, que caracteriza a demanda por produtos fitossanitários, foram coletadas informações disponibilizadas pelo Ibama (2021), que organiza e divulga dados sobre as vendas de ingredientes ativos que possuam no mínimo três empresas detentoras do registro, preservando assim o sigilo comercial sobre a comercialização de agrotóxicos, seus componentes e afins no Brasil. Essas informações foram trabalhadas por meio de boletins anuais no recorte do histórico de comercialização de agrotóxicos e afins no período de 2009 a 2019⁵, e da série da produção nacional, importação, exportação e vendas detalhadas por ingrediente ativo do ano de 2019. Para os bioinsumos para controle biológico, a pesquisa reuniu os ingredientes ativos relacionados aos semioquímicos, feromônios, e microbiológicos para o período de 2014 a 2019, conforme série divulgada em Ibama (2021). Todas as etapas da segunda frente de investigação tiveram apoio do *MS Office – Excel* no tratamento das informações, que também contou com a construção de indicadores.

⁴ Aqui também tem destaque o desconhecimento por parte dos agricultores, que exige um acompanhamento bem próximo do cliente por parte das empresas produtoras e não dá margem a grandes investimentos iniciais, como os exigidos para o registro.

⁵ O histórico disponibilizado tem início no ano de 2000, porém, não fornece informações para os anos de 2007 e 2008; sendo assim, optou-se por tratar as informações a partir do ano de 2009.

LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DOS AGROTÓXICOS E AFINS

A legislação brasileira para produtos fitossanitários se encontra apoiada na Lei nº 7.802/1989, conhecida como a Lei dos Agrotóxicos (Brasil, 1989), sendo responsável por reger desde a pesquisa até a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins. O Decreto nº 4.074/2002 (Brasil, 2002) regulamenta os bioinsumos para controle biológico relacionados à mencionada Lei, que, em suma, trata os agrotóxicos e o controle biológico sob mesmas condições. Contudo, segundo Jorge & Souza (2017), em virtude da peculiaridade intrínseca dos bioinsumos para controle biológico, os órgãos reguladores, ao longo dos anos, têm conseguido construir na legislação aportes especiais para eles, que os diferencia por meio do Decreto nº 4.074/2002. Este define que a avaliação dos pleitos de registro de produtos de baixa toxicidade e periculosidade deve ser priorizada.

Entre as discussões sobre a legislação estão aquelas que destacam o processo de registro dos fitossanitários. Bressan (2015), em sua análise sobre a Lei dos Agrotóxicos, destaca alguns pontos interessantes. Entre eles destaca-se o artigo quarto, referente ao registro de pessoas físicas e jurídicas que sejam prestadoras de serviços na aplicação de agrotóxicos. Nota-se que, entre os usuários, temos produtoras, exportadoras, importadoras, comercializadoras e prestadoras de serviço que apliquem o agrotóxico, seus componentes e afins; porém, o agricultor (usuário mais comum) não é citado, portanto, não necessita de registro; esse detalhe pode, por exemplo, incentivar, em especial, a aquisição de bioinsumos ou investimento na montagem de biofábricas e das conhecidas produções *on farm*.

O artigo terceiro da Lei dos Agrotóxicos, composto por seis parágrafos (§1º a §6º), segundo Bressan (2015), consiste na obrigação do registro dos agrotóxicos, seus componentes e afins em que, de acordo com definição do art. 2º desta Lei (sobre as definições dos agrotóxicos e afins e dos componentes), só poderão ser produzidos, exportados, importados, comercializados e utilizados se registrados previamente em órgão federal, conforme as diretrizes e exigências dos órgãos federais responsáveis pelos setores da saúde, do meio ambiente e da agricultura.

No artigo nono, composto por quatro incisos (I a IV), estão definidas as competências da União, como legislar, analisar, controlar, e fiscalizar o comércio e a produção desses insumos, sendo um sistema estruturado em tripartite, com unanimidade para registro de agrotóxicos, composto por três ministérios: o Ministério da Saúde, com a avaliação toxicológica, o Ministério do Meio Ambiente, com a avaliação ecotoxicológica, e o Ministério da Agricultura, com a avaliação da eficácia agrônômica. É importante pontuar que o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) trata da parte ambiental – analisa os laudos ecotoxicológicos; o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) avalia a parte de eficiência agrônômica e emite o certificado de registro; e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) emite os laudos toxicológicos. Muitos desses estudos e laudos são criticados por Jorge & Souza (2017) por serem ainda bastante caros, o que pode tornar proibitiva, para empresas ou produtores menores, a sua regularização.

Nesse ponto é importante ressaltar que os registros de agroquímicos são realizados por cultura, e os bioinsumos para controle biológico por alvo biológico. Conforme o Ato nº 6, de 23 de janeiro de 2014, no registro de agentes de controle microbiológico não constará a indicação de cultura, sendo autorizado o uso desse produto para controle de alvos biológicos indicados em qualquer cultura, tornando facultativa a indicação na bula e rótulos para a eficiência agrônômica comprovada para as culturas em que o produto for testado. Isso também se aplica para o registro de semioquímicos, conforme o Ato nº 7, de 12 de março de 2010, em que, para os semioquímicos utilizados em programas de monitoramento populacional com armadilhas ou coleta massal da espécie-praga com armadilhas, desde que não aplicados sobre frutos ou partes da planta a serem consumidos e sejam os únicos ingredientes ativos presentes, não constará a indicação de cultura, ficando autorizado o uso do produto para controle dos alvos biológicos indicados em qualquer cultura na qual ocorrem. (Brasil, 2020b, 2020c).

Outro avanço está na reclassificação toxicológica dos produtos existentes no mercado. A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 294, de 29 de julho de 2019 (Anvisa, 2019), atualiza os critérios de avaliação e de classificação toxicológica dos produtos no Brasil. Nessa RDC, foram

ampliadas de quatro para cinco as categorias da classificação toxicológica e foi incluído o item “não classificado”, relacionado a produtos de baixíssimo potencial de dano, como, por exemplo, os produtos de origem biológica.

O registro de bioinsumos os classifica como produtos biológicos e é baseado em normativas específicas. Seu registro é classificado em três categorias – agentes microbiológicos de controle, agentes biológicos de controle e semioquímicos –, publicadas em forma de quatro normativas que regulamentam algumas categorias de produtos de origem biológica a partir de 2005 (Jorge & Souza, 2017; Anvisa, 2020).

Na Instrução Normativa Conjunta (INC) nº 1, de 23 de janeiro de 2006, os produtos semioquímicos são caracterizados por substâncias químicas que evocam respostas no comportamento e fisiologia de organismos receptores com a finalidade de detectar, monitorar e controlar as atividades de organismos vivos, conhecidos como feromônios e aleloquímicos (Jorge & Sousa, 2017; Anvisa, 2020).

Para os agentes de controle biológico, também chamados de macrorganismos, a INC nº 2, de 23 de janeiro de 2006, determina que sejam considerados organismos vivos naturais ou manipulados geneticamente que controlem outros organismos considerados nocivos, podendo ser: inimigos naturais (parasitoides, predadores e nematoides entomopatogênicos) e de Técnica de Inseto Estéril (TIE), para supressão ou irradiação de pragas, com ressalva para a exclusão de agentes microbiológicos de controle que forem manipulados por engenharia genética e produtos provenientes de outros países com a regulamentação específica relativa aos requisitos quarentenários (Jorge & Sousa, 2017; Anvisa, 2020).

No caso de agentes microbiológicos de controle, a INC nº 3, de 10 de março de 2006, considera-os como os microrganismos vivos naturais e resultantes de técnicas de introdução natural de material hereditário, exceto organismos derivados de modificações por engenharia genética (Anvisa, 2020).

O tratamento das especificidades de outros bioinsumos para o controle biológico, não contempladas pela Lei dos Agrotóxicos e pelas INCs, tem deixado lacunas, a exemplo de situações como o enquadramento do 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, de 26 de outubro de 2005, que trata dos produtos bioquímicos (substâncias químicas, de ocorrência natural ou idêntica a ela, cujo mecanismo de ação não seja tóxico), o que exige uma análise caso a caso.

Em relação à INC nº 32 sobre os produtos bioquímicos, na normativa não está bem definido o seu mecanismo de ação não tóxico, podendo gerar a interpretação de que uma substância que não tenha mecanismo de ação tóxica para a praga-alvo possa ser considerada, portanto, como um produto de origem biológica para controle biológico, ou seja, um bioquímico. Mas, tomando como exemplo o ingrediente ativo abamectina (conhecido como agroquímico), esta pode ser considerada, nesse aspecto, também como um bioquímico, por se tratar de uma substância natural, produzida por meio de um processo de fermentação. É parecida a forma utilizada na obtenção do álcool, porém, é um ingrediente ativo tão tóxico que em 2008 entrou na lista de agrotóxicos cujas autorizações serão reavaliadas pela Anvisa (Jorge & Souza, 2017).

Segundo Jorge & Souza (2017), quanto à perspectiva toxicológica, o fato de um produto ser bioquímico não representa por si só uma vantagem para a saúde, embora esses insumos de origem vegetal possam apresentar vantagens ambientais, tais como: biodegradabilidade não se aplicaria às técnicas de controle biológico. Ainda assim, esse modelo é citado como uma das categorias de produtos de origem biológica, utilizados em práticas sustentáveis, porque tem sido utilizado para o registro de alguns derivados vegetais. Esse é um exemplo de adaptação de registro diante de uma lacuna regulatória para os casos dos derivados vegetais, sendo então sugerida uma regulamentação mais específica para essa classe de ingrediente cuja discussão segue inconclusiva há mais de três anos.

Além dessas Instruções Normativas (INs), são estabelecidos Atos como o nº 88, de 12 de dezembro de 2019 (Brasil, 2020b), que trata da alteração do pós-registro de produto fitossanitário com uso aprovado para agricultura orgânica. Entre as seis orientações para alteração de registro (pós-registro), há alguns destaques vinculados a sua especificação de referência e recomendações agrônômicas: as inclusões, exclusões e alterações da classe de uso de alvos biológicos, no caso de alteração de especificação, são automáticas, sem ser necessária a apresentação de solicitação de pós-registro. O titular do registro de produto formulado com base em especificação de referência, quando da sua alteração, deverá efetuar as alterações relativas aos alvos biológicos, à indicação de uso e à classe de uso, no prazo de 180 dias após a publicação da especificação de referência alterada.

Após as alterações, a rotulagem dos produtos formulados deverá ser atualizada no Mapa. Todos os alvos biológicos descritos na especificação de referência deverão constar na indicação de uso em rótulo e bula do produto e, por fim, a lista atualizada das especificações de referência publicadas ficará disponível para consulta eletrônica. Com relação à INC nº 1, de 18 de abril de 2013, que altera a formulação para as particularidades do Fitorg do Ato nº 88, o destaque é para o parágrafo único, sobre a avaliação das alterações de formulação ser necessária quando os ingredientes considerados inertes e aditivos requeridos estiverem inscritos no Sistema de Informação de Componentes (SIC); além da definição, no artigo 10, sobre a isenção de estudos toxicológicos e ecotoxicológicos para os pleitos de alteração de formulação que enquadrarem em algumas situações como a exclusão de componentes e alterações de classe toxicológica de I para II (Brasil, 2020c).

A INC nº 16, de 18 de maio de 2017, estabelece especificações para a elaboração de rótulos e bulas de agrotóxicos e afins pelas empresas titulares de registro, bem como as diretrizes para a inserção de dados e documentos no Mapa. Nessa instrução tem destaque o inciso II, que afirma que, na bula de agentes biológicos de controle, agentes microbiológicos de controle, produtos semioquímicos e produtos fitossanitários com uso aprovado para a agricultura orgânica, deverão constar apenas os alvos biológicos aprovados, sendo facultada a indicação das culturas agrícolas, diferentemente dos outros ingredientes ativos tóxicos, que devem ser mencionados em relação às culturas em que seja comprovada eficácia (Brasil, 2020c).

No Ato nº 6, de 23 de janeiro de 2014, referente à recomendação por alvo biológico para agente microbiológico, destaca-se a segunda orientação, em que, para o registro de agentes microbiológicos de controle, não constará a indicação de cultura, autorizando o uso do produto para controle dos alvos biológicos indicados em qualquer cultura na qual ocorram, com exceção para os casos em que houver restrições pelos órgãos competentes. Também temos as formulações para os ingredientes ativos aprovados para uso emergencial, como a inclusão da mosca-da-carambola e da grama no Ato nº 69, de 11 de setembro de 2013, com a inclusão do alvo biológico *Bactrocera carambolae* (mosca-da-carambola) nas indicações de uso dos agrotóxicos formulados à base de metileugenol, malationa e espinosade, para uso no programa nacional de controle da mosca-da-carambola; e, renovada por período de 24 meses, a permissão de uso emergencial de agrotóxicos à base de fosfeto de alumínio em cargas de castanha-de-caju aprovadas; assim como a inclusão da grama como um subtipo da cultura pastagem, incorporando-se a todos os alvos biológicos (Brasil, 2020c).

A ampliação do marco regulatório pautado na lei dos agrotóxicos, por meio de instruções e atos normativos voltados aos bioinsumos para controle biológico e suas particularidades em relação aos agroquímicos, evidencia que mesmo diferentes tratamentos e a busca por criar instrumentos regulatórios, que nem sempre acomodam o controle biológico de forma satisfatória, deixam espaço para o conflito de interesses. Moraes (2019) argumenta que a regulação de agrotóxicos depende, por vezes, do poder de grupos que ganham e que perdem com a regulação. De forma geral, essas regulações não são produzidas e executadas por órgãos de Estado que são neutros politicamente. As regulações resultam da influência relativa de grupos organizados em que teremos, por um lado, a preocupação com a saúde e meio ambiente, para os que defendem a diminuição do uso dos agrotóxicos com mudanças pontuais na lei; e, por outro, o beneficiamento para aqueles que buscam a flexibilidade na legislação para o registro e uso dos agrotóxicos. Além disso, em Pelaez et al. (2010, p.43) destaca-se que esse conflito de interesses não está “apenas entre agentes reguladores e empresas reguladas, mas também

entre as próprias empresas, em função da sua capacidade de adaptação aos critérios mais rígidos de registro de substâncias tóxicas”.

Esses elementos oferecem espaço para estudos que possam contribuir para a construção de instrumentos regulatórios que promovam o equilíbrio entre interesses sociais, econômicos e ambientais. É perceptível que no Brasil, mesmo com algumas ações específicas na legislação para o uso de bioinsumos, por meio de avanços nas efetivas INCs e Atos, a participação em discussões com a sociedade e comunidade científica gera oportunidades de desenvolvimento para essa área. Cabe aqui destacar a iniciativa de criação do Programa Nacional de Bioinsumos (PNB), lançado em maio de 2020, que tem, entre suas ações, a discussão do marco regulatório e o incentivo ao desenvolvimento dessas tecnologias por meio da participação de diferentes atores reunidos em comitês e comissões, a exemplo do Conselho Estratégico do Programa Nacional e a Gestão Estratégica Nacional, incluindo, além do controle biológico, os biofertilizantes e os bioinsumos para a produção animal.

OFERTA: O REGISTRO DE BIOINSUMOS PARA CONTROLE BIOLÓGICO

Esta seção apresenta e discute os resultados alcançados com o tratamento das informações disponibilizadas pelo Mapa com base na plataforma Agrofit. A busca realizada com base no relatório de produtos formulados reuniu informações de 17 das 24 classes de produtos fitossanitários registrados para comercialização no Brasil. Nesse recorte foram recuperadas informações de 2.852 produtos registrados; desse total, os agroquímicos classificados como os herbicidas representam 31%, seguidos dos inseticidas, com 22%, e dos fungicidas, com 21,4%. Nessas classes vinculadas aos agroquímicos estão os acaricidas, com 195 produtos, os nematocidas, com 31 registros, e os bactericidas, com 23 (Tabela 1).

Na seleção dos bioinsumos para controle biológico, têm destaque os inseticidas microbiológicos, com 185 produtos registrados ou 6% do total de produtos aqui relacionados, seguidos dos agentes de controle biológico, que somam 58 produtos registrados. A reunião dos registros de produtos biológicos em suas diferentes classes – acaricida microbiológico, agente de controle biológico, bactericida microbiológico, feromônio, fungicida microbiológico, inseticida microbiológico e nematocida microbiológico – representa em torno de 15% do total de informações coletadas ou 415 produtos registrados. Embora ainda distantes do padrão agroquímico predominante, os bioinsumos para controle biológico têm apresentado expansão. De acordo com Mapa (Brasil, 2020c), em 2019, o mercado de bioinsumos para controle biológico movimentou R\$ 675 milhões, 15% superior ao resultado registrado em 2018, e, na média de registros anuais, houve aumentos com uma variação de 3 para 11 produtos.

O avanço do registro de produtos para controle biológico foi intensificado durante os anos de 2020 e 2021, especialmente em relação a ingredientes ativos como fungos, e bactérias e vírus, os microrganismos, relacionados principalmente aos nematocidas, inseticidas, acaricidas, fungicidas e bactericidas microbiológicos. Cabe ainda destacar os macrorganismos associados aos agentes de controle biológico. Nesse universo, para os inseticidas microbiológicos, a classe com maior número de produtos registrados para controle biológico, os dois principais ingredientes ativos estão presentes em 61% dos produtos registrados. Dessa forma, o fungo *Metarhizium anisopliae* compõe 31% dos produtos, e a cepa IBCB 425 está incorporada em 89% dos produtos formulados com base nesse fungo.

Por outro lado, o fungo *Beauveria bassiana* é ingrediente ativo de 30% dos inseticidas microbiológicos, e em 70% do total está a cepa IBCB 66, do Instituto Biológico (IB), Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (Apta), Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SAA). Os outros 24% dos produtos registrados têm como principais ingredientes ativos o *Bacillus thuringiensis*, com 18% do total, e o *Baculovirus spodoptera*, com 6% do total, apontando, assim, que 85% dos inseticidas microbiológicos registrados são formulados com base nos quatro ingredientes ativos aqui mencionados. Esses resultados corroboram as discussões trabalhadas em Bortoloti et al. (2019).

Tabela 1. Produtos fitossanitários formulados e registrados no Brasil, totais, por classes agronômicas.

Classe	Nº de registros
Acaricida	195
Acaricida microbiológico	26
Agente de controle biológico	58
Bactericida	23
Bactericida microbiológico	04
Cupinicida	26
Feromônio	46
Formicida	22
Fungicida	612
Fungicida microbiológico	50
Herbicida	882
Inseticida	635
Inseticida fumigante	09
Inseticida microbiológico	185
Moluscicida	02
Nematicida	31
Nematicida microbiológico	46
Total	2.852

Fonte: Agrofit (2021).

Para os fungicidas microbiológicos, prevalecem dois ingredientes ativos – o *Trichoderma harzianum* e o *Bacillus amyloliquefaciens* –, que, juntos, estão presentes em 72% dos produtos registrados nessa classe e são seguidos pelo fungo *Trichoderma asperellum* e pela bactéria *Bacillus subtilis*. É importante pontuar que diferentes ingredientes ativos podem compor o mesmo produto. Para os agentes de controle biológico, tem destaque a vespa *Cotesia Flavipes*, ingrediente ativo de 62% dos produtos classificados, e os fungos *Trichogramma pretiosum* e *Trichogramma galloi*, que estão em 31% dos produtos registrados nessa classe.

Quando considerados os principais registrantes, para os inseticidas microbiológicos são destaques empresas como Ballagro, Agbitech, Simbiose, Vittia, Koppert e Mitsui; para os fungicidas microbiológicos, estão posicionadas empresas como Ballagro, Vittia, Simbiose, Agrivalle e Biotrop; já os agentes de controle biológico são registrados com maior representatividade por Koppert e Promip. Essas empresas, juntas, representam em torno de 40% dos produtos registrados, relacionados ao controle biológico.

DEMANDA: AS VENDAS DE BIOINSUMOS PARA CONTROLE BIOLÓGICO

Por meio da coleta de informações relacionadas às vendas de ingredientes ativos que participam da formulação dos agroquímicos e também bioinsumos para controle biológico, foi possível posicionar a evolução do consumo desses produtos. Nessa etapa é importante pontuar que as informações sobre os agrotóxicos e afins são disponibilizadas pelo Ibama a partir do ano de 2000. Porém, a série é interrompida nos anos de 2007 e 2008; sendo assim, as informações foram trabalhadas para o período de 2009 a 2019.

A Figura 1 apresenta a evolução das vendas de agrotóxicos e afins, em que é possível observar o incremento constante, especialmente no período de 2009 a 2012, que registra aumento de 56%. Em seguida, o ano de 2014 registra valor que ultrapassa 508 mil toneladas, finalizando, em 2019, com mais de 620 mil toneladas de ingredientes ativos, perfazendo um aumento de 19% em cinco anos. Quando consideradas as regiões, a Centro-Oeste responde por 34% dos totais de vendas, seguida da Região Sul, com 24%, e da Sudeste, com 23%.

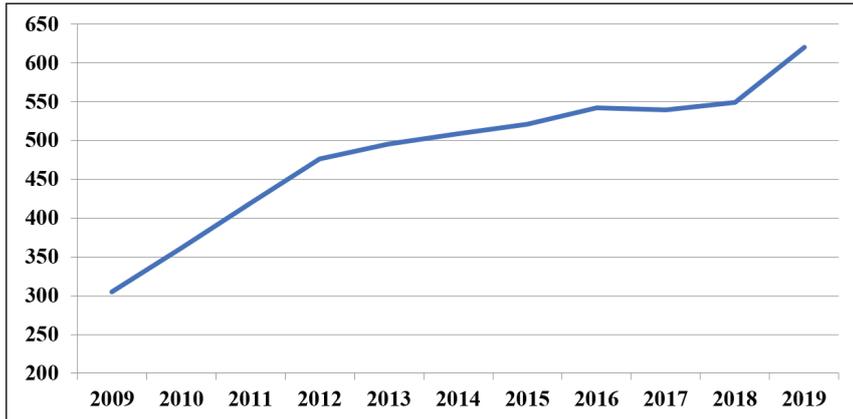


Figura 1. Vendas de agrotóxicos e afins no Brasil, em mil toneladas, considerando o ingrediente ativo, de 2009 a 2019.

Fonte: elaborado a partir de Ibama (2021).

As vendas de agrotóxicos, afins e seus ingredientes ativos estão relacionadas à produção nacional e também à importação desses produtos, assim como, em menor intensidade, às exportações. A Figura 2 apresenta a evolução da produção nacional, em que é possível observar que os anos de 2012 e 2019 apresentam altas na produção, com valores entre 431 mil e 440 mil toneladas; por outro lado, no período entre 2009 e 2011, os totais anuais são inferiores a 323 mil toneladas. Quando observadas as importações, é possível verificar que a dependência de outros países no fornecimento desses insumos é gradualmente maior ao longo do período de 2009 a 2019, porém, os últimos dois anos registram aumentos de 16% no ano de 2018 e de 21% em 2019.

Considerando o ano de 2019 no recorte de venda dos principais ingredientes ativos, com 39% do total de vendas está o glifosato, seguido do 2,4 D, com 9%, ambos vinculados aos herbicidas agroquímicos, classe com maior número de produtos registrados para uso no Brasil. Na sequência está o mancozebe, também com 9% do total, alinhado aos fungicidas, e sua importação é mais de 100% superior à produção nacional. Em quarto lugar está o ingrediente ativo acefato, com 5%, relacionado aos inseticidas e para o qual as importações são 45% do total vendido; em seguida, a atrazina, outro ingrediente relacionado aos herbicidas, com 4% do total das vendas. Para as exportações, o ano de 2013 registra o maior volume, próximo a 8 mil toneladas, e os anos de 2018 e 2019 registram os menores volumes, com variação entre 3,3 mil e 4,3 mil toneladas, e em 2019, o mancozebe foi o principal ingrediente ativo exportado, totalizando 2,2 mil toneladas, que correspondem a 53% do total (Ibama, 2021).

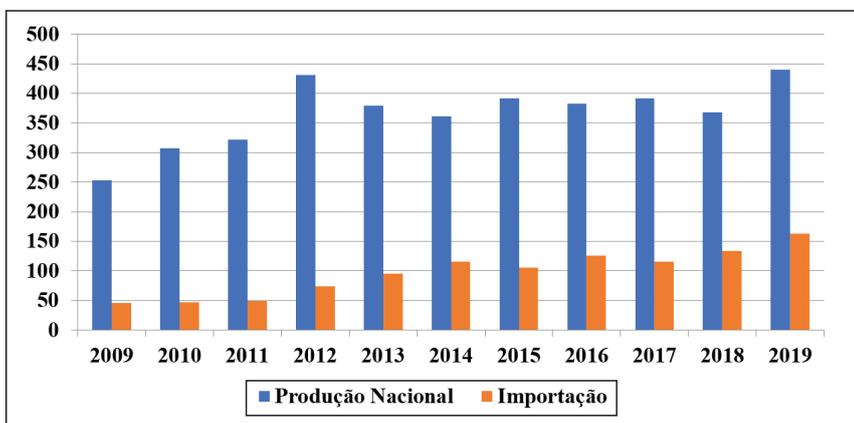


Figura 2. Produção nacional e importação de agrotóxicos e afins, em mil toneladas, considerando o ingrediente ativo, de 2009 a 2019.

Fonte: elaborado a partir de Ibama (2021).

As vendas para o semioquímicos apresentam variações expressivas, conforme pode ser observado na Figura 3, sendo os anos de 2016 e 2017 os que apresentam maiores volumes comercializados, variando entre 10,1 mil e 8,5 mil kg. Aqui é importante destacar que as informações trabalhadas são disponibilizadas pelo Ibama e dependentes de dados declarados pelas empresas titulares de registro. Outro aspecto importante é destacado por Jorge & Souza (2017), que chamam atenção para o desenvolvimento de produtos semioquímicos extremamente onerosos, por compreender etapas de pesquisa que passam desde a identificação do sinal no órgão que produz tal substância até os ajustes na concentração e formulação para aplicação no campo. Sendo assim, no Brasil, é um segmento pequeno, com suas formulações dependentes de produtos importados, tanto assim que em 2019, conforme Ibama (2021), foram comercializados 4,2 mil kg de semioquímicos e, desse total, 4 mil kg foram importados.

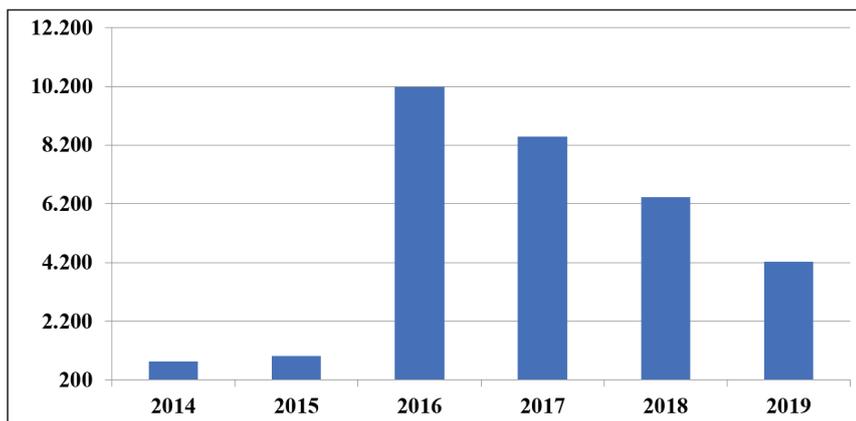


Figura 3. Vendas de semioquímicos, em kg, de 2014 a 2019.

Fonte: elaborado a partir de Ibama (2021).

Para os microbiológicos, a evolução das vendas apresenta variações anuais acentuadas especialmente no período de 2015 a 2017, período em que os volumes comercializados ficaram entre 176 e 190 toneladas ao ano, o que corresponde a uma retração média superior a 200% (Figura 4). De acordo com Ibama (2021), tais variações podem estar associadas ao surto da praga *Helicoverpa armigera* (lagarta), para a qual foi declarada emergência fitossanitária em vários estados brasileiros, em que o controle biológico foi adotado como umas das medidas de combate a essa praga nos anos de 2013 e 2014, aumentando, assim, a venda desses bioinsumos.

Sendo assim, os anos de 2018 e 2019 apontam crescimento importante no comércio desses produtos, cujos valores passaram para 328 toneladas em 2018 e para 493 toneladas em 2019, um aumento de 50% entre os dois anos. Assim como para os semioquímicos, a importação de microbiológicos também estava presente e, até 2015, representava a principal fonte de comercialização. A partir de 2016, a produção nacional passou a superar as importações, e o ano de 2019 terminou com 31% do total de vendas internas sendo abastecidas por importações.

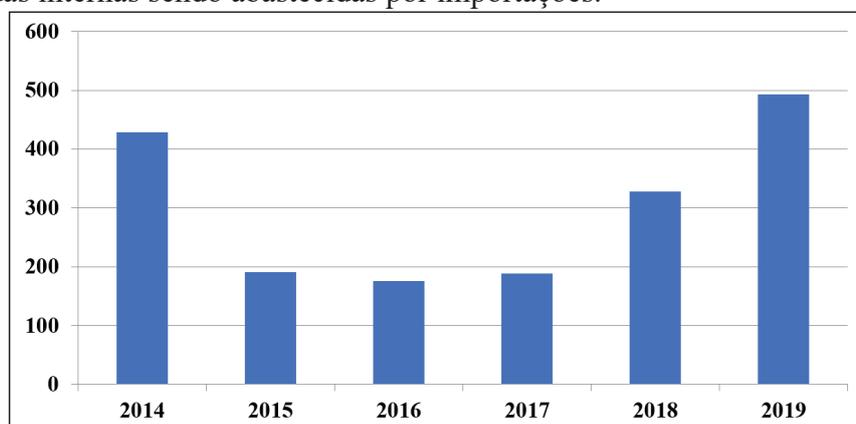


Figura 4. Vendas de microbiológicos, em toneladas, de 2014 a 2019.

Fonte: elaborado a partir de Ibama (2021).

Conforme trabalhado na seção anterior, entre os ingredientes ativos em destaque para os microbiológicos com maior representatividade para os inseticidas microbiológicos, a classe mais representativa, fica em evidência a comercialização anual da bactéria *Bacillus thuringiensis* e do fungo *Metarhizium anisopliae*. Conforme pode ser observado na Figura 5, o ano de 2014 apresenta alta para a bactéria, e os anos de 2011, 2018 e 2019, para o fungo.

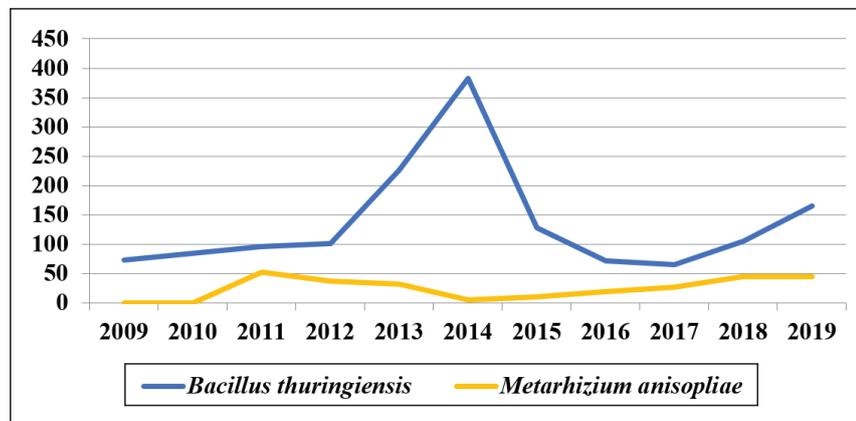


Figura 5. Evolução das vendas de microbiológicos no Brasil no período de 2009 a 2019, por tonelada de ingredientes ativos.

Fonte: adaptado de Ibama (2021).

Cabe ainda comentar sobre os agentes de controle biológico, os macrorganismos, com destaque para a vespa *Cotesia flavipes*, que, no ano de 2014, registrou vendas superiores a 32,4 toneladas de indivíduos e, em pulpas, mais de 10,1 bilhões. O principal agente de controle biológico adotado no Brasil é acompanhado da comercialização de outros macrobiológicos, como *Neoseiulus californicus*, *Phytoseiulus macropilis* e *Trichogramma galloi* (Ibama, 2021).

Os resultados discutidos são permeados por projeções e expectativas de ampliação da produção e uso dos bioinsumos para controle biológico. Gottens (2021) aponta que a safra 2019/2020 no Brasil registra um aumento considerável desse mercado, impulsionando em 30% o faturamento, e previsão de incremento de 15% no mercado global. Em se tratando de área, tem destaque a participação de área da cultura de soja tratada com controle biológico, que passou de 14% para 21%, reforçando as previsões de que ocorra pelo menos uma aplicação de bioinsumos para controle biológico em mais da metade da área total de soja para a safra 2021/2022.

Esse cenário de expansão também traz outros desafios, como o relatado por Botelho & Monteiro (2011) sobre sensibilidade de microrganismos e macrorganismos aos agroquímicos adotados no manejo de diferentes culturas, expondo, assim, a necessidade de investigação das estruturas de compatibilidade dos insumos biológicos e químicos, interação importante na definição e adoção de estratégias de controle fitossanitário associadas ao manejo integrado de pragas (MIP).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A consolidação de um padrão tecnológico agroquímico na agricultura brasileira alinhou a preparação de estruturas institucionais, organizacionais, socioeconômicas, científicas e tecnológicas ao regime tecnológico pautado nos insumos agrícolas de origem química. Foram construídas novas frentes alicerçadas nos bioinsumos para controle biológico e na busca por tecnologias sustentáveis e capazes de superar as lacunas do padrão agroquímico. Nesse ambiente, a construção de um novo regime tecnológico demanda novas tecnologias institucionais e o fomento às atividades de pesquisa para a ampliação da oferta e da demanda por bioinsumos para controle biológico. Dessa forma, este artigo procurou identificar características da participação dos bioinsumos para controle biológico no contexto fitossanitário brasileiro, explorando a agenda de debates sobre o modelo regulatório e o desenvolvimento de tecnologias em controle biológico.

Os resultados alcançados mostram que o marco regulatório de sustentação ao registro de produtos fitossanitários, assim como da regulação da condução das atividades experimentais e desenvolvimento tecnológico, bem como do uso desses insumos, está profundamente vinculado às características de desenvolvimento tecnológico, utilização e comercialização dos agroquímicos. Porém, os resultados apontam a presença de ações efetivas com o propósito de adaptar as estruturas institucionais de modo a acomodar as características dos bioinsumos para controle biológico,⁷ deixando evidente que essa prática deixa lacunas importantes na condução de estratégias de fomento aos bioinsumos, especialmente nas interfaces entre desenvolvimento tecnológico, registro dos bioinsumos, difusão do conhecimento e comercialização.

No tratamento das informações sobre os registros de produtos agroquímicos e biológicos, foi possível caracterizar a inserção dos bioinsumos em um ambiente amplamente marcado pela oferta de agroquímicos. A participação recente dos bioinsumos para controle biológico vem sendo construída por meio de produtos elaborados com a participação de um número ainda limitado de ingredientes ativos, assim como pela presença de muitas empresas, porém, com o domínio de parte delas. Também foi possível verificar a concentração de produtos em algumas classes agrônômicas, a exemplo dos inseticidas microbiológicos, e a ausência, por exemplo, de herbicidas microbiológicos, expondo, assim, a necessária ampliação e fortalecimento das atividades de pesquisa voltadas à bioprospecção e ao desenvolvimento tecnológico desses produtos.

Para as vendas dos produtos fitossanitários, foi possível observar a ampliação do consumo desses insumos pela agricultura brasileira, a continuidade da dependência das importações e a concentração das vendas em pouco mais de cinco ingredientes ativos, com destaque para os herbicidas. No recorte dos bioinsumos para controle biológico, verificaram-se dimensões bastante inferiores nas vendas quando comparadas ao padrão agroquímico, porém, caracterizadas pela tendência de aumento e pela necessidade de um cuidado maior na coleta e tratamento dessas informações por parte dos órgãos reguladores, tendo em vista a importância desses indicadores para a discussão e construção de estratégias públicas e privadas de fomento e investimento nesse promissor segmento da agricultura brasileira, carente de soluções portadoras de tecnologias sustentáveis. Os resultados abrem espaço para futuros estudos especialmente voltados para a análise dos desdobramentos do Programa Nacional de Bioinsumos, que busca, nos seus objetivos, justamente propor e implementar soluções para as diferentes lacunas aqui exploradas e vinculadas às demandas tecnológicas para a expansão dos bioinsumos para controle biológico.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), que financia projeto de pesquisa vinculado ao presente estudo.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. **AGROFIT Consulta Aberta**. 2021. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 24 fev. 2021.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Registro de Produtos Biológicos**. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/registro-de-produtos-biologicos>>. Acesso em: 2 abr. 2021.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 294, de 29 de julho de 2019. Dispõe sobre os critérios para avaliação e classificação toxicológica, priorização da análise e comparação da ação toxicológica de agrotóxicos, componentes, afins e preservativos de madeira, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, 31 jul. 2019. Seção1, p.78-85.
- BERMUDEZ RODRIGUEZ, L.T.B. **Transiciones socio-técnicas hacia una movilidad de bajo carbono: un análisis del nicho de los buses de baja-emisión para el caso de Brasil**. 2018. 322p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- BETTIOL, W.; MORANDI, M.A.B. (Ed.). **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. 341p.

- BORTOLOTTI, G.; SAMPAIO, R.M.; FREDO, C.E. O controle biológico diante da legislação sobre agrotóxicos, seus componentes e afins. Instituto de Economia Agrícola (IEA), São Paulo, SP, Brasil. **Biológico**, v.81, p.41, 2019. Suplemento. DOI: <https://doi.org/10.31368/1980-6221r00292019>.
- BOTELHO, A.A.A.; MONTEIRO, A.C. Sensibilidade de fungos entomopatogênicos a agroquímicos usados no manejo da cana-de-açúcar. **Bragantia**, v.70, p.361-369, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052011000200016>.
- 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**, 27 maio 2020a. Seção1, p.105-106.
- BRASIL. **Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002**. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. 2002. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm. Acesso em: 25 jan. 2021.
- BRASIL. **Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989**. Dispõe sobre a pesquisa, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17802.htm. Acesso em: 25 jan. 2021.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Controle Biológico**. 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/o-programa/marco-regulatorio-1/controle-biologico>. Acesso em: 11 maio 2021.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Mercado de bio defensivos cresce mais de 70% no Brasil em um ano**. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/feffmercado-de-bio defensivos-cresce-em-mais-de-50-no-brasil>. Acesso em: 12 nov. 2019.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Programa Nacional de Bioinsumos é lançado e vai impulsionar uso de recursos biológicos na agropecuária**. 2020c. 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: 21 feb. 2021.
- BRESSAN, M. **Agrotóxicos (Legislação Federal)**. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355202/1529289/Agrot%C3%B3xicos+-+Legisla%C3%A7%C3%A3o+Federal+-+Marcelo+Bressan.pdf/7fa2f519-2945-a6a6-dbe5-c141c487693c>. Acesso em: 23 nov. 2020.
- CARSON, R. **Primavera silenciosa**. Tradução de Raul de Polillo. 2.ed. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1969. 305p.
- DOMICIANO, F. **Instituto Biológico comemora 90 anos**. 2017. Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/noticia/instituto-biologico-comemora-90-anos>. Acesso em: 19 fev. 2021.
- FOSTER, R. Inativação do vírus do mosaico comum do fumo pelo filtrado de culturas de *Trichoderma* sp. **Bragantia**, v.10, p.139-148, 1950. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0006-87051950000500002>.
- GEELS, F.W. The dynamics of transitions in socio-technical systems: a multi-level analysis of the transition pathway from horse-drawn carriages to automobiles (1860-1930). **Technology Analysis & Strategic Management**, v.17, p.445-476, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1080/09537320500357319>.
- GOTTEMS, L. **Mercado de biológicos deve ultrapassar US\$ 8 bilhões em 2025**. 2021. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/mercado-de-biologicos-deve-ultrapassar-us--8-bilhoes-em-2025_445180.html?utm_source=agrolink-clipping&utm_medium=email&utm_campaign=clipping_edicao_6835&utm_content=noticia&ib=>. Acesso em: 26 jan. 2021.
- IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatórios de comercialização de agrotóxicos**. 2021. Disponível em: <http://ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>. Acesso em: 25 jan. 2021.
- 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. In: SAMBUICHI, R.H.R.; MOURA, I.F. de; MATTOS, L.M. de; AVILA, M.L. de; SPINOLA, P.A.C.; SILVA, A.P.M. da (Org.). **A política nacional de agroecologia e produção orgânica no Brasil: uma trajetória de luta pelo desenvolvimento rural sustentável**. Brasília: Ipea, 2017. p.229-252.
- LAURENTINO, E.; COSTA, J.N.M. **Descrição e caracterização biológica da broca-do-café (*Hypothenemus hampei*, Ferrari 1867) no Estado de Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004. Disponível em: http://www.sbiacafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9176/Documentos_90.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 12 jan. 2021.
- MORAES, R.F. de. **Agrotóxicos no Brasil: padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória**. Brasília: Ipea, 2019. 76p. (Ipea. Texto para discussão, 2506).
- MOREIRA, R.J. Críticas ambientalistas à revolução verde. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v.15, p.39-52, 2000.
- NAVA, D.E. **Controle biológico de insetos-praga em frutíferas de clima temperado: uma opção viável, mas desafiadora**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 21p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 208). Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/15435318.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2021.

OLIVEIRA, M.F. de; BRIGHENTI, A.M. (Ed.). **Controle de plantas daninhas: métodos físico, mecânico, cultural, biológico e alelopatia**. Brasília: Embrapa, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1103281/control-de-plantas-daninhas-metodos-fisico-mecanico-cultural-biologico-e-alelopatia>>. Acesso em: 14 jan. 2021.

OLIVEIRA-FILHO, E.C.; FARIA, M.R. de; CASTRO, M.L.M.P. de. **Regulamentação de produtos biológicos para o controle de pragas agrícolas**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2004. 28p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 119).

PARRA, J.R.P. Biological control in Brazil: an overview. **Scientia Agricola**, v.71, p.420-429, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0167>.

PELAEZ, V.; MIZUKAWA, G. Diversification strategies in the pesticide industry: from seeds to biopesticides. **Ciência Rural**, v.47, e20160007, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160007>.

PELAEZ, V.; SILVA, L. da; ARAÚJO, E. Regulação de agrotóxicos: uma análise comparativa. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA, 13., 2012, São Paulo. **Anais**. São Paulo: SBHC, 2012. p.1-15.

PELAEZ, V.; TERRA, F.H.B.; SILVA, L.R. de. A regulamentação dos agrotóxicos no Brasil: entre o poder de mercado e a defesa da saúde e do meio ambiente. **Revista de Economia**, v.36, p.27-48, 2010.

PELAEZ, V.M.; SILVA, L.R. da; GUIMARÃES, T.A.; DAL RI, F.; TEODOROVICZ, T. A (des)coordenação de políticas para a indústria de agrotóxicos no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, v.14, p.153-178, 2015. Número especial.

SILVA, A.F.C. da. A campanha contra a broca-do-café em São Paulo (1924-1927). **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v.13, p.957-993, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-59702006000400010>.
