

**PESTICIDAS ALTERNATIVOS NO BRASIL: a Identificação do Esforço Inovador a Partir da Interação Público-Privado no Período 2010-2020**

**Rafael Yukio Macena Yaguinuma**  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)  
[rafael.yukio@ufms.br](mailto:rafael.yukio@ufms.br)

**Franciane Freitas Silveira**  
Universidade Federal do ABC  
[franciane.silveira@ufabc.edu.br](mailto:franciane.silveira@ufabc.edu.br)

**Marcelo Ribeiro Silva**  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)  
[marcelo.ribeiro@ufms.br](mailto:marcelo.ribeiro@ufms.br)

**Ricardo Jose dos Santos**  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)  
[ricardo.jose@ufms.br](mailto:ricardo.jose@ufms.br)

**Jeovan de Carvalho Figueiredo**  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)  
[jeovan.figueiredo@ufms.br](mailto:jeovan.figueiredo@ufms.br)

**RESUMO**

Com o objetivo de identificar a ocorrência de interação organizacional no desenvolvimento tecnológico de pesticidas alternativos e as respectivas culturas impactadas, este trabalho avança na discussão sobre o esforço inovativo realizado no Brasil sob a perspectiva da cooperação público-privado no setor agrícola. Para isso, dados sobre programas de pesquisa, patentes e produtos foram coletados junto à Plataforma Sucupira, Lens, Agrofit, Patentscope e Google Patents. Os dados obtidos foram organizados em um Diagrama de Sankey e plotados a partir do RStudio/netowrkD3. Os resultados encontrados apontam para a existência de limitadas interações entre universidades e empresas, mas como foco na substituição das marcas tradicionais de pesticidas, na medida em que apresentam produtos inovadores (ainda que desenvolvidos em parcerias com as empresas fabricantes dos produtos tradicionais), alinhados à ideia de desenvolvimento sustentável de longo prazo.

**Palavras-chave:** Política Científica e Tecnológica e de Inovação (PCTI); Redes de Inovação; Biocidas Alternativos.

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho trata de organizações diretamente envolvidas com a criação do moderno conhecimento biotecnológico. A aplicação deste conhecimento nas organizações tem sido ampliado, abrangendo não apenas os tradicionais ganhos de produtividade na produção de alimentos (FERREIRA, 2003; PELAEZ, 2004; SILVEIRA, BORGES; BUAINAIN, 2005), mas também, a conservação e uso sustentável da flora brasileira (SILVA *et al.*, 2022).

Para compreender a disseminação do conhecimento biotecnológico, é necessário inseri-lo em um quadro mais amplo de mudanças na tecnologia e na organização do trabalho, abordado por Hoffman e Kaplinsky (1988) na forma de três grandes eras: a) a era da manufatura, com divisão do trabalho e controle do trabalho pelo proprietário do capital; b) a era da maquinofatura, baseada no processo de trabalho da produção em massa (fordismo); e c) a sistemofatura, definido por um padrão de trabalho qualificado e polivalente, com cooperação interfirmas. A integração do esforço entre organizações, voltada para o alcance de objetivos comuns, relacionados ao desenvolvimento de produtos e processos, passou a ser chamado de redes de inovação (YAQUB *et al.*, 2020).

Nesse contexto onde a nova era industrial é marcada pela intensidade no uso do conhecimento e a cooperação entre organizações, é possível adotar a premissa de que as trocas de recursos empreendidas entre organizações serão alvo de outras racionalidades, além da estritamente econômica, os agentes tomarão suas decisões baseados não apenas no cálculo econômico racional, mas também, poderão incluir em suas escolhas elementos como confiança, reputação e legitimidade (VIANA *et al.*, 2012; BSTIELER; HEMMERT; BARCZAK, 2015; LLOPIS; D'ESTE; DÍAZ-FAES, 2021).

De fato, Liu e Uzunidis (2021) exploraram a evolução das redes, mostrando que há um número estável de alianças em anos consecutivos, o que demonstra que, graças ao grande comprometimento das organizações, as redes têm crescido em importância para a estratégia das organizações. Mas como se desdobram as interações empresariais, voltadas ao desenvolvimento em conjunto de novas tecnológicas?

Para responder a essa pergunta, será adotado como objeto de interesse o conjunto de tecnologias protegidas no Brasil que sejam referentes a pesticidas alternativos ou de menor índice toxicológico. A relevância das pesquisas nesse tema está associada à possibilidade de redução da dependência em relação às tecnologias que, segundo Freeman e Soete (2008) frequentemente conduzem a uma preferência por transferir um poluente de uma área para outra, em vez do emprego de tecnologias de processos mais limpos.

Os pesticidas alternativos são uma tecnologia relevante no contexto da produção nacional de *commodities*, dado que substituem os agrotóxicos tradicionais, criticados por seus impactos no meio-ambiente e na saúde humana, como demonstram Gomes, Silva e Santos (2020). Ainda que os efeitos adversos decorrentes do seu uso indiscriminado sejam conhecidos, os agrotóxicos tradicionais são largamente utilizados nas lavouras de soja, milho, cana-de-açúcar, algodão herbáceo e café (MORAES, 2019).

Assim, o objetivo deste trabalho é identificar a ocorrência de interação entre organizações no desenvolvimento tecnológico de pesticidas alternativos e as lavouras impactadas pelos produtos das patentes desenvolvidas.

Para responder ao objetivo proposto, este texto está organizado em cinco seções, incluindo a presente introdução e uma parte dedicada às considerações finais. A seção dois indica a perspectiva adotada neste trabalho para políticas e redes de inovação a partir da cooperação entre instituições públicas e organizações privadas. Na seção três, faz-se a apresentação dos elementos metodológicos e instrumentos utilizados para obtenção e tratamento dos dados. A seção quatro apresenta os resultados encontrados à luz do referencial teórico adotado para o tratamento do tema. A seção cinco, dedicada às considerações finais, recupera o objetivo proposto e aponta para a relevância dos resultados alcançados no contexto das relações econômicas internacionais para o agronegócio nacional.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### ***1.1. Concepções de Política de Inovação***

Em que pese a discussão acerca do progresso técnico estar presente em Smith, Marx e Kalecki, a ideia da inovação como instrumento de competitividade foi consolidada de forma mais proeminente com a contribuição teórica de Joseph Schumpeter, ao discutir os benefícios da capacidade tecnológica inovadora para o desenvolvimento econômico, o que fomentou o surgimento de uma nova perspectiva de abordagem do tema.

Schumpeter (1984) apresenta cinco tipos de inovação possíveis para as empresas: i) introdução de novos produtos; ii) introdução de novos métodos de produção; iii) abertura de novos mercados; iv) desenvolvimento de novas fontes provedoras de matérias-primas e outros insumos; v) criação de novas estruturas de mercado em uma indústria. Em consonância com essa abordagem, a definição de inovação apresentada pelo Manual de Oslo, referência para os estudos de inovação, diz que,

uma inovação é um produto ou processo novo ou aprimorado (ou combinação deles) que difere significativamente dos produtos ou processos anteriores da unidade e que foi disponibilizado para usuários em potencial (produto) ou colocado em uso pela unidade (processo). Uma ‘inovação de produto’ é um bem ou serviço novo ou melhorado que difere significativamente dos bens ou serviços anteriores da empresa e que foi introduzido no mercado. Uma inovação de ‘processo de negócios’ é um processo de negócios novo ou aprimorado para uma ou mais funções de negócios que diferem significativamente dos processos de negócios anteriores da empresa e que foi colocado em uso pela empresa (OCDE, 2018, p.20-21).

Seja no texto clássico de Schumpeter ou na publicação técnica da OCDE, a inovação é abordada de forma ampla, plural e com caráter transformador. Neste sentido, Dosi (2006) aponta que os benefícios das inovações, em virtude da sua natureza, podem levar à firma, à indústria e ao país, vantagens tecnológicas específicas, as quais se acumulam ao longo do tempo, dando origem a ciclos de desenvolvimento estimulados a partir construção de políticas públicas.

Nelson e Winter (2006) advogam que as políticas públicas evoluem em parte como respostas às mudanças nas demandas e nas oportunidades percebidas e podem refletir alterações de valores no poder relativo de diferentes grupos de interesses da sociedade. A partir disso, autores como Freeman e Soete (2008), Cano e Silva (2010) e Bianchi e Labory (2011) apontam que a política de inovação assume papel de caráter estratégico como um instrumento de estímulo ao desenvolvimento a partir da coordenação das interações entre o setor público e o setor privado em direção aos interesses nacionais.

A política de inovação deve abranger os esforços público e privado de estímulo à acumulação, difusão e criação de novos conhecimentos, novos produtos, serviços, processos e modelos de novos negócios. Portanto, é um fator que contribui para a dinâmica do desenvolvimento. Tal dinâmica inclui o papel das inter-relações entre os agentes econômicos e a importância do aprendizado a partir da cooperação entre empresas, universidades, centros de pesquisa, governo e consumidores e etc. (DOGSON, 2005).

Complementar a essa visão, Plonski (2004, p. 109) aponta que a política de inovação como a “articulação das formas pelas quais o Estado moderno e a sociedade enxergam as relações desejáveis entre a mudança científica e tecnológica, a inovação e o desenvolvimento

econômico e social”. Desse modo, seria preciso a interação entre Estado, produtores de inovação, ciência e tecnologia (IC&T) e empresas privadas em atividades e processos de cunho científico e tecnológico para produzir inovações que permitam atingir os resultados planejados nos campos econômico, social e político.

Nesse contexto, para Nelson e Winter (2006), Freeman e Soete (2008) e Ferraz; De Paula e Kupfer (2020), as políticas de promoção da competitividade a partir da inovação devem ser orientadas para a infraestrutura do ensino superior, do treinamento e da pesquisa básica. Portanto, investimentos e ações orientados ao fortalecimento das instituições, especialmente aquelas dedicadas à investigação científica e tecnológica e à formação de recursos humanos de alto nível

Assim, a política de inovação deve ser um elemento de política estratégica, essencial para definir ações de longo prazo que conduzam a economia a um caminho de desenvolvimento sustentável e coerente em relação à demanda por soluções cooperativas entre instituições públicas de ensino e pesquisa e organizações privadas no processo de substituição de métodos de produção e padrões de consumo não-sustentáveis.

Para alcançar esses resultados, Nelson e Winter (2006), entendem que a cooperação preconizada entre setor público e setor privado deve se dar a partir de um ambiente de redes de inovação. As empresas produtoras dos bens e serviços finais são as organizações que conhecem as forças e as fraquezas das tecnologias vigentes e as metas e as oportunidades para aprimoramento. Contudo, as instituições públicas apresentam competências para harmonizar os interesses do setor privado às demandas socioeconômicas de uma forma mais ampla a partir da liderança de redes de inovação.

## ***2.2 Redes de Inovação***

O conceito de rede tem sido genericamente utilizado para facilitar a análise da estrutura do sistema de relações que conectam diversos agentes. Como tal, sua utilidade é tornar mais claros os elementos morfológicos que conformam os tipos possíveis de estruturas de rede. Grosso modo, estas estruturas ainda são construções abstratas elaboradas com o intuito de reforçar o poder explicativo de um determinado tipo de análise (YAQUB et al., 2020).

De fato, não se deve esperar que os agentes econômicos integrados às redes tenham maior clareza sobre as características morfológicas destas estruturas. Tais estruturas estão normalmente associadas a um conhecimento imperfeito por parte dos atores sobre as relações, conexões, interações e interdependências que se estabelecem entre eles, em um contexto de

informações imperfeitas e racionalidade limitada (CASADELLA; UZUNIDIS, 2017).

A forma de acesso a recursos internos (aqui incluídos os recursos de conhecimento) é uma decisão estratégica das organizações. Enquanto a decisão de verticalização do processo de pesquisa e desenvolvimento pode permitir a manutenção do sigilo e o controle de competências centrais em inovação tecnológica, a decisão de horizontalização por meio de redes de inovação pode permitir a redução dos custos envolvidos (TSAI; WANG, 2009), o aumento da capacidade de aprendizagem por meio dos demais parceiros (PAN et al., 2019) e, por conseguinte, o aumento dos resultados em termos de novos produtos e processos tecnológicos (PAULA et al., 2015).

Consequentemente, a decisão de participação em redes de inovação pode se dar por meio da necessidade de acesso a um conjunto maior de conhecimentos, distintos daqueles atualmente disponíveis à organização. Por outro lado, as redes de inovação interorganizacionais podem incorrer em falta de autonomia dado a interdependência das decisões (FORD; VERREYNNE; STEEN, 2018).

Champenois e Etzkowitz (2018) sugerem que as economias nacionais mais avançadas incorporam mecanismos institucionais que permitem maior fluidez no fluxo de conhecimentos, desde a sua concepção até a sua apropriação. Baseados no conceito de Hélice Tripla (ETZKOWITZ, 2002), sugerem que as organizações em rede podem impulsionar a interação com organizações de pesquisa e outras empresas, mediadas pela participação do governo na criação de incentivos institucionais.

No ambiente de negócios contemporâneo, cada vez mais as organizações devem ser capazes de lidar com aumentos de complexidade e mudanças em alta velocidade. Como resultado da aceleração da evolução tecnológica, as empresas deveriam constantemente repensar suas redes, avaliando quais competências deveriam estar presentes no futuro e que alianças deveriam ser feitas para garantir o acesso a elas.

No caso da agricultura, Nelson e Winter (2006) apontam que as empresas devem assumir que apoio governamental à coleta de informações e às atividades de P&D são necessários, além da alocação de recursos em instituições públicas de ensino e pesquisa, que são fundamentais para impulsionar a busca de soluções aos gargalos do setor.

Complementar a isso, na visão de Freeman e Soete (2008), os processos inovativos voltados ao tratamento de desafios ambientais requerem uma abordagem de redes para difusão e apropriação das informações e isso poderia ser alcançado a partir projetos de pesquisa que promovam o desenvolvimento cooperativo e pesquisas simultâneas com potencial para o desenvolvimento de propriedades intelectuais.

Contudo, o direito de propriedade intelectual não é condição suficiente para as decisões de investimento em inovação. É preciso vislumbrar a expectativa de um mercado crescente para os produtos protegidos pela propriedade intelectual. Sendo ausente essa expectativa, o fortalecimento do direito de propriedade é insuficiente para promover o desenvolvimento de inovativo (MELLO, 2009).

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Com o objetivo de mapear as instituições que oferecem programas de pós-graduação em Biotecnologia no país, utilizou-se a Plataforma Sucupira (<https://sucupira.capes.gov.br>) a partir dos módulos Coleta Capes e Cursos Avaliados e Reconhecidos. Foi aplicado o filtro para cursos da área de avaliação referente à Biotecnologia.

Para o levantamento das informações sobre patentes e pedidos de patentes em pesticidas alternativos utilizou-se o banco de dados *open access* Lens ([www.lens.org](http://www.lens.org)). Os dados foram coletados para o período 2010 a 2020, com aplicação de filtro para a jurisdição brasileira nas classificações A01N 25/00 e A01N 65/00. De acordo com a Classificação Internacional de Patentes (CIP), as classificações supracitadas aplicam-se respectivamente a: i) biocidas, repelentes ou atrativos de pragas ou reguladores de crescimento de plantas, caracterizados por suas formas, ou por seus ingredientes não ativos ou por seus métodos de aplicação; e ii) biocidas, repelentes ou atrativos de pragas, ou reguladores de crescimento de plantas contendo material de algas, líquens, briófitas, fungos ou plantas multicelulares, ou seus extratos contendo compostos de constituição determinada.

Os dados coletados da Plataforma Sucupira e Lens foram organizados e deram origem à relação de instituições públicas com pesquisa em biotecnologia que depositaram pedidos de patente no período selecionado.

A forma de apresentação dos dados da interação entre universidade e empresa baseia-se em grafos de redes gerados a partir ferramenta para análise de redes Gephi (<https://gephi.org>). Foram inseridos nos grafos apenas os agentes que tiveram ao menos um relacionamento evidenciado na forma de co-titularidade no depósito da patente. Consequentemente, não foram analisados os depósitos oriundos de uma única organização. O software permite a visualização de figuras que podem evidenciar múltiplas cooperações, tanto nos casos de atores quanto de campos do conhecimento coligados. Foram analisadas 56 nós e 65 arestas, e redimensionado a partir da ferramenta distributiva do Gephi, Yifan Hu Proporcional.

Por fim, filtraram-se apenas casos de interação universidade (apresentadas no Apêndice 1)

e empresa. Com o objetivo de buscar patentes brasileiras de biocidas/pesticidas inovadores e identificar alternativas aos produtos como extremamente, altamente e moderadamente tóxico de acordo com a Agrofit (<https://agrofit.agricultura.gov.br>). Nesse sentido, buscou as patentes na plataforma Patentscope (<https://patentscope.wipo.int>) e Google Patents (<https://patents.google.com>), com o objetivo de leitura e definição da importância de cada inovação, como: quais são os insetos, doenças e plantas daninhas que a patente inibiu, em quais culturas ela é aplicada, e os respectivos ingredientes ativos.

Após os achados, os dados das patentes foram relacionados com os dados da Agrofit, mais especificamente, na plataforma de acesso livre. Na plataforma há informações sobre os agrotóxicos utilizados em cada lavoura, e ainda, doenças, insetos e plantas daninhas.

Assim, foi realizada a classificação dos produtos como extremamente tóxico, altamente tóxico e moderadamente tóxico, considerando as seguintes aplicações, descritas na descrição das patentes identificadas na etapa anterior: controle de *hemileia vastatrix* e *lasiodiplodia theobromae* (associadas a perdas em diversas lavouras, decorrentes predominantemente por fungos) e proteção de *saccharum officinarum* (cana-de-açúcar). E utilizou-se o Diagrama de Sankey que apresenta uma representação visual da relação entre duas variáveis, que possui um ponto de partida e pelo menos um ponto de chegada. Um diagrama de Sankey pode possuir diversos níveis de informação. Para plotar os resultados foi utilizado o programa Rstudio (<https://www.rstudio.com>), com o pacote netowrkD3. Segue o código utilizado na formulação da pesquisa:

```
# Baixar Pacotes
library(readxl)
library(networkD3)
library(dplyr)

# Carregar dados
links <- read_excel("X.xlsx")

# Criar um quadro de dados do nó, listando todas as entidades envolvidas no fluxo
nodes <- data.frame(
  name = c(as.character(links$Source),
           as.character(links$Target))) %>% unique()

# Reformatar para a conexão usando id.
links$ID_Source <- match(links$Source, nodes$name)-1
links$ID_Target <- match(links$Target, nodes$name)-1

# Fazendo a rede
sankeyNetwork(Links = links, Nodes = nodes,
```



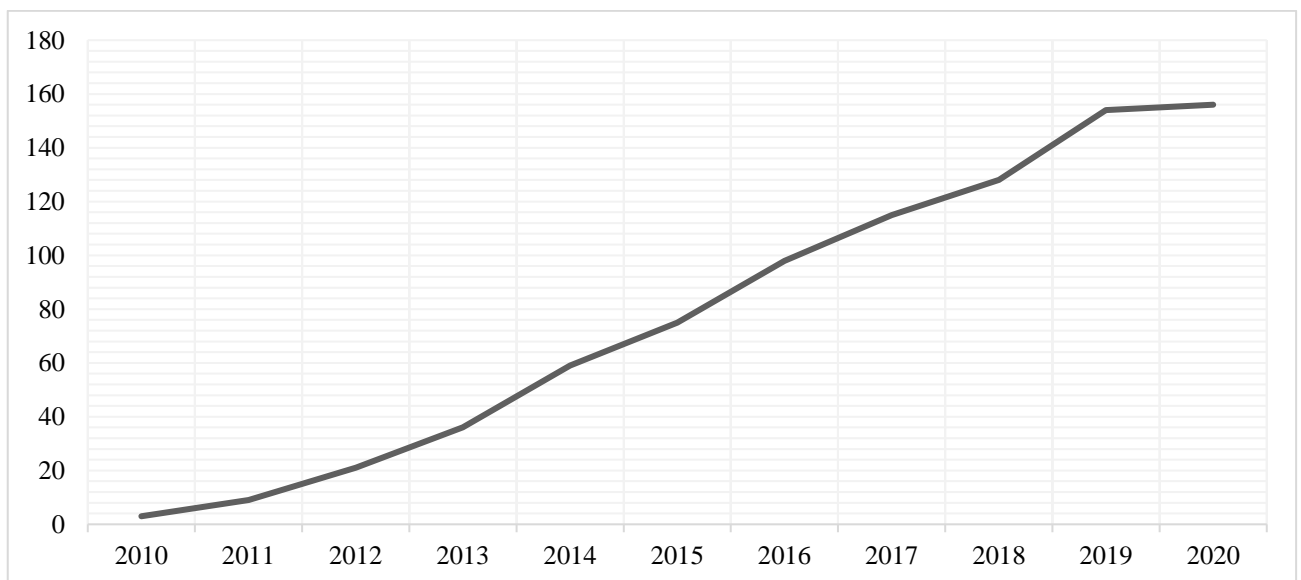
```
Source = "ID_Source", Target = "ID_Target", Value = "Value", NodeID = "name",  
sinksRight = FALSE, fontSize = 12, LinkGroup = "Source" )
```

Os dados desta pesquisa foram disponibilizados em um repositório de dados abertos (open data), para eventuais consultas e análises subsequentes. O link para acesso é o seguinte: [https://osf.io/9f3nr/?view\\_only=2f12e76d36464952850172e0327e5760](https://osf.io/9f3nr/?view_only=2f12e76d36464952850172e0327e5760).

#### 4 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Conforme o gráfico 1 demonstra, houve um aumento de iniciativa das instituições públicas em direção às patentes relacionadas ao tema de pesticida e biocida no período entre 2010 a 2019. Cabe ressaltar que o prazo de sigilo (18 meses) encontra-se em vigência para uma parcela dos processos datados de 2020.

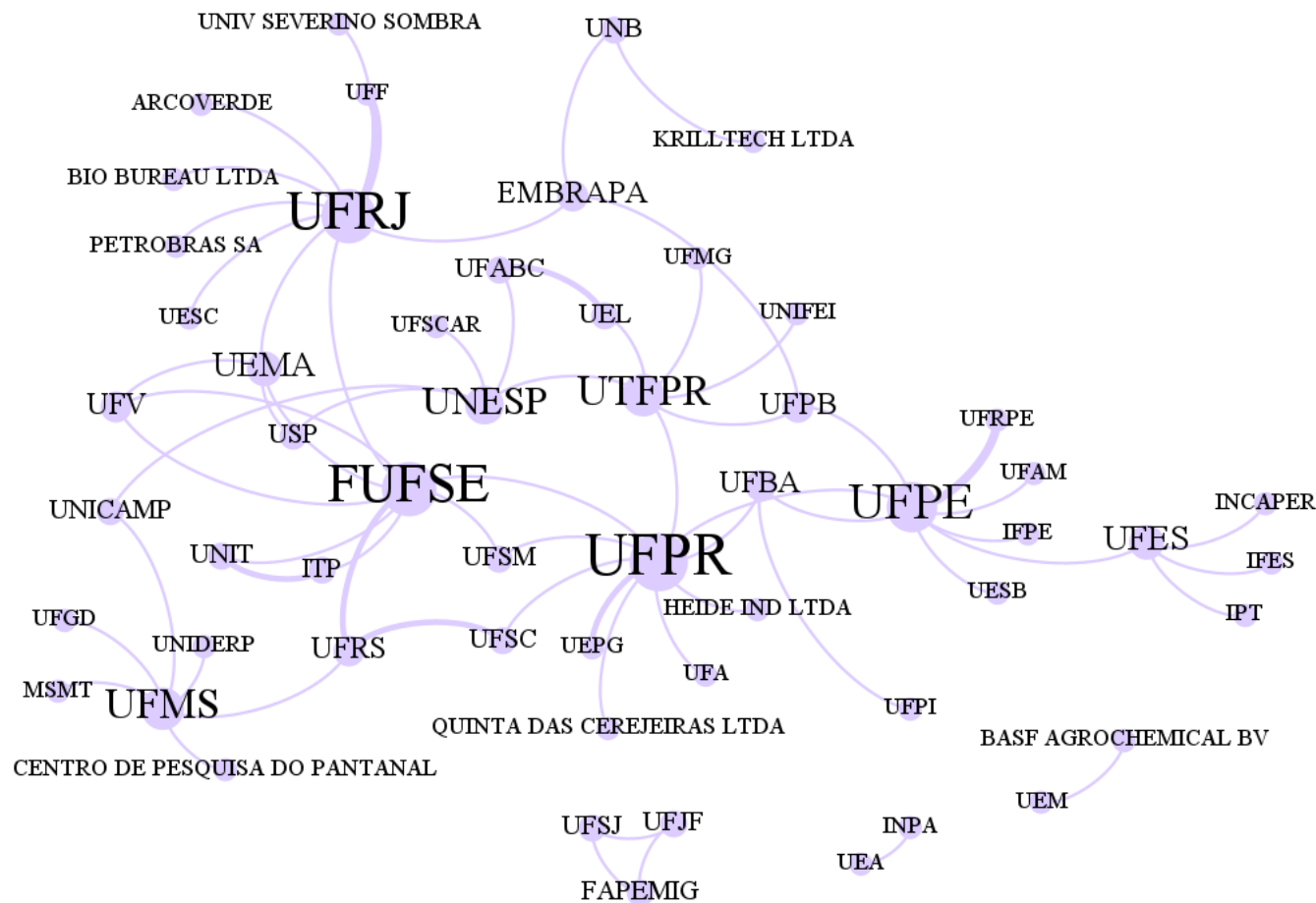
**Gráfico 1 – Total de Patentes Depositadas por Instituições Públicas com Pesquisa em Biotecnologia no período 2010-2020 (Patentes de Biocidas e Pesticidas Acumuladas)**



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados do Lens (2022).

A partir dos gráficos de redes (Figura 1), percebe-se a importância das interações entre instituições, por meio do aperfeiçoamento ou atualização do conhecimento compartilhado entre os atores.

**Figura 1 – Redes de Interações entre Titulares na Pesquisa em Biotecnologia**



Nota: Legendas no Apêndice 1. Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados do Lens (2022)

No caso brasileiro, é possível encontrar interações entre universidades - bastante comum no desenvolvimento científico e tecnológico nacional (FIGUEIREDO et al., 2020), possivelmente em decorrência de aspectos característicos de sua estrutura organizacional (FAEDO, 2019) - com fundos governamentais, como a Fapemig (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais); autarquias, como Incaper (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural) e IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas); e ainda, empresas públicas como a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), organização central em diversas redes de inovação no país (PAULA et al., 2017). Ou seja, o Estado tem sido o principal indutor da geração de patentes de pesticidas alternativos no Brasil.

Contudo, há casos de interação universidade e empresa a serem considerados, dentre esses: a) UFPR (Universidade Federal do Paraná) e Heide Ind. e Comercio Ltda; b) UFPR e Quinta das Cerejeiras Ltda; c) UNB (Universidade de Brasília), Embrapa e Krilltech Ltda; d) UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro) e Petróleo Brasileiro S/A (economia mista); e) UFRJ e Bio Bureau Ltda; f) UEM (Universidade Estadual de Maringa) e Basf.

A pesquisa patentária realizada entre a UFPR, Quinta das Cerejeiras e Heide, tem como objetivo obter uma combinação e doseamentos estudados de diferentes extratos, que atuando de forma conjunta, apresentam a capacidade de melhorar o desempenho zootécnico das aves e, em especial, promover o controle de *salmonella spp.*

O trabalho desenvolvido por UNB, Embrapa e a Krilltech, trata de nanoformulações baseadas em *carbon-dots* e cobre e *carbon-dots* e óleos essenciais de citronela, cravo e laranja doce. Tais nanoformulações possuem atividade antifúngica e larvicida, portanto, úteis para o desenvolvimento de biopesticidas a serem utilizados no controle de patógenos e pragas, principalmente para o controle do fungo *hemileia vastatrix*, larvas de *aedes aegypti* e do fungo *lasiodiplodia theobromae* nas culturas de café, algodão, cacau, coco, citros e outras frutas.

A cooperação entre UFRJ e Petrobras propõe o uso do óleo de capim limão (ou do seu principal constituinte *monoterpênico*, o citral), no controle do processo de biocorrosão e acidulação biogênica causada pelo crescimento e formação de biofilme de bactérias redutoras de sulfato (BRS).

A patente dos aplicantes UFRJ e Bio Bureau descreve organismos geneticamente modificados capazes de expressar um gene sintético com múltiplas cópias dos domínios de ligação de metal da *metalotioneína* de *crassostrea rhizophorae*.

Por fim, a interação entre UEM e Basf deu origem à métodos para o controle das ervas daninhas nas plantações de cana de açúcar, na qual, refere-se particularmente a um método para

controle das espécies do gênero *Saccharum*.

O resultado permite notar que as pesquisas e interações identificadas têm potencial de promoção de produtos substitutos para pesticidas, biocidas e herbicidas com elevados índices toxicológicos, conforme a classificação toxicológica da Agrofit. Foram assim filtrados os produtos considerados extremamente, altamente e moderadamente tóxicos, para controle de *hemileia vastatrix* e *lasiodiplodia theobromae*, e ainda, proteção da espécie *Saccharum officinarum* de cana-de-açúcar, tal qual indicado na descrição das patentes que tiveram interação universidade-empresa, identificadas neste estudo.

A Figura 2 apresenta o rol de produtos tradicionais que podem ser substituídos no manejo de lavouras no Brasil. Nesse sentido, cada patente poderia substituir os ingredientes ativos de produtos utilizados no manejo das culturas de algodão café, coco, cana-de-açúcar.

A figura 2, um Diagrama de Sankey, pode ser interpretado da seguinte forma: na primeira sequência de fluxos, a patente depositada pela UnB, Embrapa e Krilltech consiste em um produto alternativo ao carbedazim, produzido pela UPL e aplicável nas lavouras de algodão. Os demais fluxos apresentados seguem a mesma lógica.

Os resultados observados em relação às redes de inovação em biotecnologia no Brasil corroboram a perspectiva de Nelson e Winter (2006) sobre o papel de liderança desempenhado pelas instituições públicas no processo inovativo, sobretudo, no caso da inovação desenvolvida a partir da estrutura de redes de pesquisa.

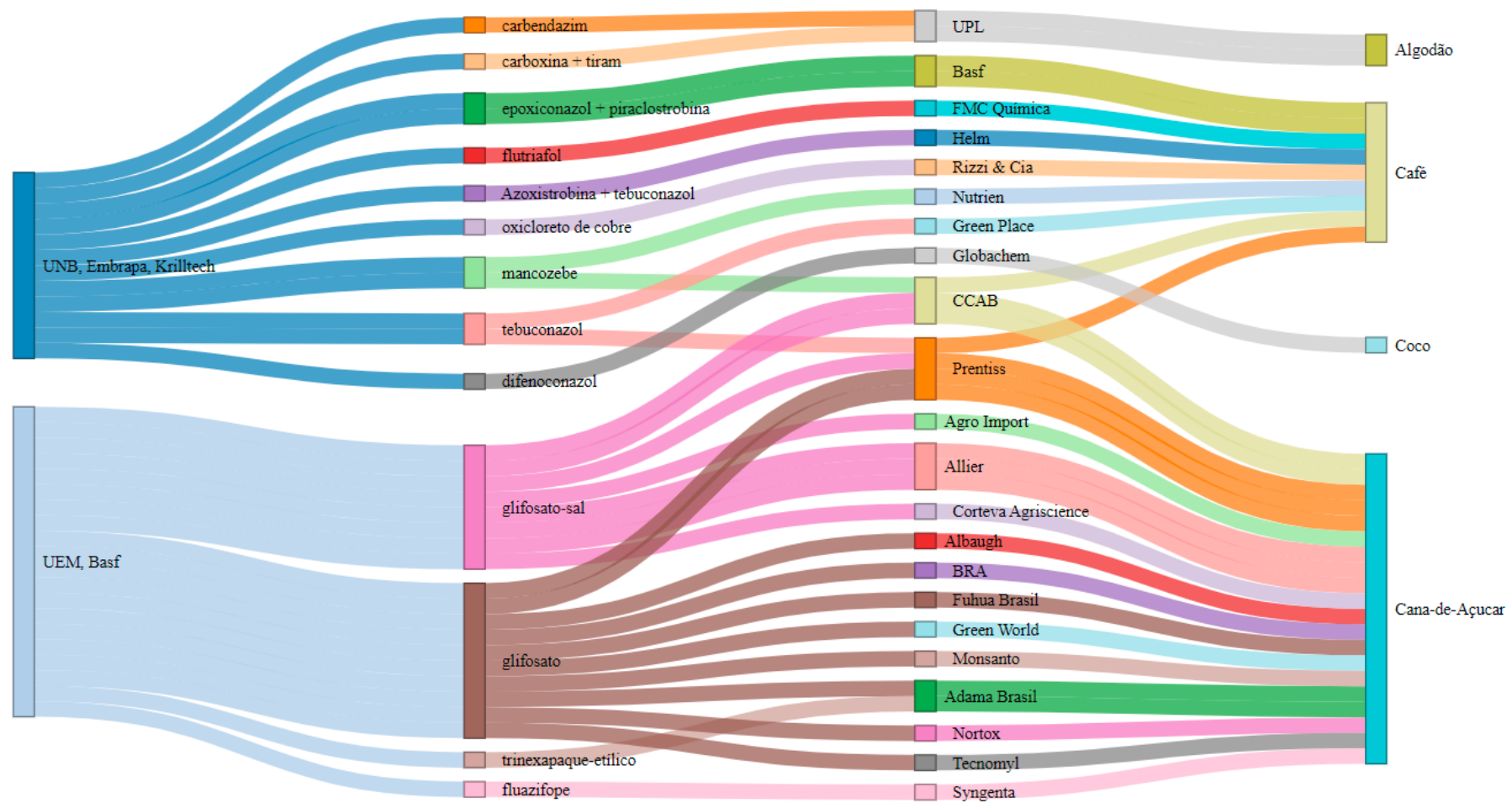
Em que pese a predominância das relações entre organizações públicas, conforme preconiza Dosi (2005), Freeman e Soete (2008), Cano e Silva (2010) e Bianchi e Labory (2011), também observam-se importantes iniciativas entre o setor público e a iniciativa privada no desenvolvimento tecnológico de pesticidas alternativos.

Em acordo com as ideias apresentadas por Mello (2009), os resultados apontam a existência de um mercado potencial voltado à aplicação nas monoculturas impactadas pelos produtos das patentes desenvolvidas. As lavouras de algodão, café e cana-de-açúcar (apresentadas anteriormente na figura 2) representaram, em 2021, cerca de 17% de todas as exportações do agronegócio brasileiro. Diante disso, destacam-se as exportações nacionais de café para os países da UE. Em 2021, as vendas nacionais aos países do bloco representaram 44,5% das exportações do produto, cerca de US\$ 2,9 bi. Isso se torna relevante na medida em que a UE possui uma série de diretrizes relacionadas à *food safety*<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Ver European Commission/Food Safety < [https://food.ec.europa.eu/plants\\_en](https://food.ec.europa.eu/plants_en)>.

**Figura 2 – Ingredientes ativos identificados que poderiam ser substituídos**



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da Agrofit (2022).

**Tabela 1 – Exportações do Agronegócio Brasileiro (em 2021, US\$)**

Produto	Valor (US\$)	%
Complexo Sucroalcooleiro	10.266.626.360	8,5%
Café	6.373.476.393	5,3%
Algodão e Produtos Têxteis de Algodão	3.724.506.032	3,1%
Outros	100.156.838.760	83,1%
<b>Total</b>	<b>120.521.447.545</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Elaborada pela autores a partir de Agrostat (2022).

Considerando os três principais parceiros comerciais brasileiros para o ano de 2021 (tabela 2), os resultados se mostram ainda mais promissores. Nesse caso, 64,5% das exportações de café, 21,5% das exportações do Complexo Sucroalcooleiro e 27,9% das exportações de Algodão e Produtos Têxteis de Algodão.

**Tabela 2 - Exportações do Agronegócio Brasileiro (China, UE e EUA em 2021, US\$)**

Produto	%
Café	64,5%
Complexo Sucroalcooleiro	21,5%
Algodão e Produtos Têxteis de Algodão	27,9%

Fonte: Elaborada pela autores a partir de Agrostat (2022).

Ainda, os resultados da pesquisa apontam para o desdobramento do esforço inovativo realizado nos cinco tipos de inovação preconizados por Schumpeter (1984) em seu texto clássico: i) introdução de novos produtos; ii) introdução de novos métodos de produção; iii) abertura de novos mercados; iv) desenvolvimento de novas fontes provedoras de matérias-primas e outros insumos; v) criação de novas estruturas de mercado em uma indústria. Nesse contexto, a continuidade e aprofundamento das investigações são fundamentais para a identificação das potencialidades do esforço inovativo apresentado neste trabalho.

## **5 CONCLUSÕES**

Identificar as interações entre organizações no esforço da pesquisa e desenvolvimento de biocidas com baixo nível toxicológico é uma etapa relevante para compreensão das alternativas que se apresentam à agricultura brasileira no que diz respeito à inserção e/ou

expansão da participação do setor em mercados com maiores restrições ao uso de agrotóxicos tradicionais. Nesse contexto, o presente trabalho faz uma importante contribuição ao debate recente sobre a segurança alimentar a partir da noção de *sustainable use of pesticides* (uso sustentável de pesticidas) preconizado pela Comissão Europeia.

Os procedimentos realizados na construção deste trabalho permitiram vincular pesquisas conjuntas de programas de pós-graduação e organizações públicas e privadas à produtos patentários de biocidas alternativos. As patentes apontam para a possibilidade de marcas reconhecidas no mercado agrícola buscarem a substituição de ingredientes altamente toxicológicos de seus produtos tradicionais utilizados no manejo de culturas que representaram, em 2021, cerca de 17% das exportações do agronegócio brasileiro ou US\$ 20,4 bi.

Esses resultados indicam a viabilidade técnica de um novo posicionamento de mercado das marcas de biocidas na medida em que apresentam produtos inovadores e seguros alinhados à ideia de desenvolvimento sustentável de longo prazo. Essa perspectiva fica evidenciada pelo avanço das barreiras sanitárias e toxicológicas aplicadas de forma mais intensa por países da União Europeia a partir de 2012 com a implantação de *National Action Plans (NAPs)*, planos quinquenais apresentados pelos países membros e que devem conter objetivos quantitativos, metas e prazos estabelecidos para redução dos riscos e mensuração dos impactos do uso de agrotóxicos na produção de alimentos.

O mercado de produtos agrícolas encontra-se em um contexto de grandes transformações institucionais, via União Europeia, associadas aos impactos recentes da pandemia da Covid-19 e Guerra da Ucrânia na oferta de alimentos. Nesse sentido, um cenário propício ao impulso à diversificação na agricultura nacional, a partir da adoção de biocidas com menor impacto toxicológico com vistas a atender a demanda por alimentos seguros, sobretudo, nos principais mercados europeus. Portanto, entende-se que os resultados encontrados neste trabalho podem ser utilizados como modelo para a coordenação de ações e políticas de cooperação entre organizações públicas e privadas no desenvolvimento de soluções inovadoras destinadas à produção e manejo das principais culturas brasileiras exportadas aos mercados dos países da União Europeia.

## REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, N.; FERREIRA, L. O.; KROPF, S. P.; HAMILTON, W. S. Pesquisa científica e inovação tecnológica: A via brasileira da biotecnologia. **Dados - Revista de Ciências Sociais**, v. 45, n. 1, p. 139-176, 2002.
- BIANCHI, P.; LABORY, S. **Industrial Policy after the Crisis: seizing the future**. Edward Elgar Publishing. Cheltenham, UK, 2011.
- BSTIELER, L., HEMMERT, M., & BARCZAK, G. Trust Formation in University-Industry Collaborations in the U.S. Biotechnology Industry: IP Policies, Shared Governance, and Champions. **The Journal of Product Innovation Management**, v.32, n.1, 111-121, 2015.
- CANO, W.; SILVA, A.L.G. **Política industrial do governo Lula**. Texto para discussão, 181, Campinas: IE/UNICAMP, 2010.
- CASADELLA, V., UZUNIDIS, D. On the Relevance of Innovation Capacities in the Institutionalist Approach Applied to Developing Countries: Bases of Analysis. **J Knowl Econ.**, v.12, 293–309. 2021. <https://doi-org.ez51.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s13132-017-0462-4>
- CHAMPENOIS, C.; ETZKOWITZ, H. From boundary line to boundary space: The creation of hybrid organizations as a Triple Helix micro-foundation. **Technovation**, v. 76–77, p. 28-39, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2017.11.002>.
- DITTRICH, K. The evolution of innovation networks in the global ICT industry. Paper presented at the DRUID Summer Conference on "Industrial Dynamics of the New and Old Economy - Who is embracing whom?". Copenhagen/Elsinore 6-8 jun. 2002.
- DOGSON M. As políticas para Ciência, Tecnologia e Inovação nas Economias Asiáticas de Industrialização Recente. In: KIM, L.; NELSON, R. R. (orgs.) **Tecnologia, aprendizado e inovação: as experiências das economias de industrialização recente**. Campinas: Editora Unicamp, 2005.
- DOLL, W. J.; VONDEREMBSE, M. A. The evolution of manufacturing systems: Towards the post-industrial enterprise. **Omega – International Journal of Management Science**, v. 19, n.5, p. 401-411, 1991.
- DOSI, G. **Mudança Técnica e Transformação Industrial: a teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores**. Campinas: Editora Unicamp, 2006.
- DYER, J., SINGH, H. Relational View: Cooperative Strategy and sources of interorganizational competitive advantage. **Academy of Management Review**, v. 23, n. 4, p. 660-679, 1998.



- ETZKOWITZ, H. Networks of Innovation: Science, Technology and Development in the Triple Helix Era. **International Journal of Technology Management**, v. 1, n. 1, p. 7-20, 2002.
- FAEDO, J.Y.Y.; SILVA, M.A.C.; RESCH, S.; FIGUEIREDO, J. C. Fatores facilitadores de inovação em universidades: contribuições de casos brasileiros. **International Journal of Knowledge Engineering and Management (IJKEM)**, v. 8, ed. 20, 2019.
- FERRAZ, J. C.; DE PAULA, G. M.; KUPFER, D. Política Industrial. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (orgs.) **Economia Industrial: Fundamentos Teóricos e Práticas no Brasil**. 3ª Ed. São Paulo: Atlas, 2020.
- FERREIRA, J. A produção de memória biotecnológica e suas conseqüências culturais. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 18, n. 53, pp. 97-109, 2003.
- FIGUEIREDO, J. C.; SILVEIRA, F. S. ; ANZEI, L. ; OLIVA, A. B. G. . Interação entre universidades e empresas para a geração de patentes de pesticidas alternativos. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, ANPAD, 44., 2020, Maringá. **Anais 2020**.
- FORD, J. A.; VERREYNNE, M. L.; STEEN, J. Limits to networking capabilities: Relationship trade-offs and innovation. **Industrial Marketing Management**, v. 74, p. 50-64, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2017.09.022>.
- FREEMAN, C.; SOETE, L. **A Economia da Inovação Industrial**. Campinas: Editora Unicamp, 2008.
- GOMES, A. M. da S.; SILVA, J. M. da; SANTOS, C. B. dos. O uso indiscriminado de agrotóxicos e suas conseqüências na saúde humana e no ambiente: revisão bibliográfica. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 3, p. 1691–1706, 2020. DOI: 10.17648/diversitas-journal-v5i3-1041.
- HOFFMAN, K.; KAPLINSKY, R. **Driving Force: The Global Reestruturing of Technology, Labour and Investment in the Automobile and Components Industries**. Westview: Boulder, 1988.
- HOFFMAN, K.; KAPLINSKY, R. **Driving Force: The Global Reestruturing of Technology, Labour and Investment in the Automobile and Components Industries**. Westview: Boulder, 1988.
- JUDICE, V. M. M.; BAÊTA, A. M. C. Modelo empresarial, gestão de inovação e investimentos de venture capital em empresas de biotecnologia no Brasil. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 9, n. 1, pp. 171-191, 2005.

- LIU, Z., UZUNIDIS, D. Globalization of R&D, Accumulation of Knowledge and Network Innovation: the Evolution of the Firm's Boundaries. **Journal of the Knowledge Economy**, 12, 166–182, 2021. <https://doi-org.ez51.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s13132-016-0381-9>
- LLOPIS, O.; D'ESTE, P.; DÍAZ-FAES, A. A. Connecting others: Does a tertius iungens orientation shape the relationship between research networks and innovation? **Research Policy**, v. 50, n. 4, p. 104175, maio 2021.
- MCGRATH, R. G., Exploratory learning, innovative capacity, and managerial oversight. **Academy of Management Journal**, v. 44, n.1, pp. 118-131, 2001.
- MELLO, M. T. L. Propriedade intelectual e concorrência. **Revista brasileira de inovação**. Rio de Janeiro, n. 2, 8, v. 8, p. .371-402, jul./dez. 2009.
- MEYER, J. W.; ROWAN, B. Institutionalized organizations: formal structure as myth and ceremony. In: POWELL, W. W.; DiMAGGIO, P. J. (eds) **The new institutionalism in organizational analysis**. Chicago: The University of Chicago Press, 1991.
- MORAES, Rodrigo Fracalossi. **Agrotóxicos no Brasil**: padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória. Nota técnica. Texto para Discussão. IPEA. 2019.
- OECD. Oslo Manual 2018. 4th ed. Paris: OECD Publishing, 2018
- PAULA, N. Q.; BISCOLA, P. H. N.; FIGUEIREDO, J. C.; AZEVEDO, D. B. Associação entre medidas de centralidade em rede e a geração de cultivares: um estudo com centros de pesquisa da Embrapa. XVI Congresso Latino Americano de Gestão da Tecnologia. **Anais**. 2015. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/140862/1/ALTEC-2015-.pdf>. Acesso 07 jun. 2022.
- PAULA, N.Q., BISCOLA, P.H.N., FIGUEIREDO, J.C., BUNGENSTAB, D.J. AND GUILHERMINO, J.F. Network and innovation at the Brazilian agricultural research Corporation. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, v.19, n.3, p. 192-203, 2019. Doi 10.21714/2238-68902017v19n3p192.
- PELAEZ, V. Biopoder & regulação da tecnologia. **Ambiente & Sociedade**, v. VII, n. 2, pp.145-149, 2004.
- PELAEZ, V.; SZMRECSÁNYI, T. **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo: Hucitec, 2006.
- PLONSKI, G. A. Mantras da Inovação. In: FLEURY, M. T. L.; FLEURY, A. (orgs.) **Política Industrial**. V.2. Publifolha: São Paulo, 2004.
- POSSAS, M. L. Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento: referências para debate. In: CASTRO, A. C. et al. (orgs.) **Brasil em Desenvolvimento, v.1: economia, tecnologia e competitividade**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2005.

- PAN, X.; SONG, M.L.; ZHANG, J.; ZHOU, G. Innovation network, technological learning and innovation performance of high-tech cluster enterprises. **Journal of Knowledge Management**, v. 23, n. 9, p. 1729-1746, 2019. <https://doi-org.ez51.periodicos.capes.gov.br/10.1108/JKM-06-2018-0371>
- SCHUMPETER, J.A. **Capitalismo, socialismo, democracia**. Rio de Janeiro: Zahar, 1984.
- SILVA, D. H. S., MANNOCHIO-RUSSO, H., LAGO, J. H. G., BUENO, P. C. P., MEDINA, R. P., BOLZANI, V. DA S., VILEGAS, W., & NUNES, W. D. G. (2022). Bioprospecting as a strategy for conservation and sustainable use of the Brazilian Flora. *Biota Neotrop.*, 22, 2022. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.20495670.V1>
- SILVEIRA, J. M. F. J.; BORGES, I. C.; BUAINAIN, A. M. Biotecnologia e agricultura: Da ciência e tecnologia aos impactos da inovação. **São Paulo em Perspectiva**, v. 19, n. 2, pp. 101-114, 2005.
- SILVEIRA, J. M. F. J.; POZ, M. E. D.; FONSECA, M. G. D.; BORGES, I. C.; MELO, M. F. **Evolução recente da biotecnologia no Brasil**. Texto para Discussão IE/UNICAMP, n. 114, fev. 2004.
- TSAI, K.; WANG, J. External technology sourcing and innovation performance in LMT sectors: an bases on the Taiwanese technological innovation survey. *Research Policy*, v. 38, n. 3, p. 518-526, 2009.
- VIANA, C. C. O.; SAUER, L.; FAGUNDES, M. B. B., FIGUEIREDO, J. C. As Estratégias de Internacionalização da Indústria Brasileira de Papel e Celulose sob a Ótica do Paradigma Eclético: Estudo de Caso da Empresa Suzano Papel e Celulose. **Revista Ibero Americana de Estratégia**, v.11, n. 3, 205-233, 2012.
- WESTPHAL, J. D.; GULATI, R.; SHORTELL, S. M. Customization or conformity? An institutional and network perspective on the content and consequences of TQM adoption. **Administrative Science Quartely**, v. 42, n. 2, p. 366-394, jun. 1997.
- YAQUB, M. Z. et al. Network innovation versus innovation through networks. **Industrial Marketing Management**, v. 90, p. 79–89, out. 2020.

**APÊNDICE 1**

<b>Sigla</b>	<b>Termo</b>
ARCOVERDE	Fund. Educacional Dom André Arcoverde
EMBRAPA	Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária
FAPEMIG	Fund. Amparo Pesquisa Estado Minas Gerais
FUFSE	Univ. Federal Sergipe
IFES	Inst. Federal De Educação Ciência E Tecnologia Do Espírito Santo
IFPE	Inst. Federal De Educação Ciência E Tecnologia De Pernambuco
INCAPER	Inst. Capixaba De Pesquisa Assistência Técnica E Extensão Rural
INPA	Instituto Nac. De Pesquisas Da Amazônia
ITP	Inst. Tecnologia E Pesquisa
MSMT	Missão Salesiana De Mato Grosso
UEA	Univ. Do Estado Do Amazonas
UEL	Univ. Estadual Londrina
UEM	Univ. Estadual De Maringá
UEMA	Univ. Estadual Do Maranhão
UEPG	Univ. Estadual Ponta Grossa
UESB	Univ. Estadual Do Sudoeste Da Bahia
UFABC	Fundação Univ. Federal Do Abc
UFAM	Fundação Univ. Do Amazonas
UFBA	Univ. Fed. Bahia
UFES	Univ. Federal Do Espírito Santo
UFF	Univ. Federal Fluminense
UFGD	Univ. Federal Da Grande Dourados
UFJF	Univ. Federal De Juiz De Fora
UFMG	Univ. Minas Gerais
UFMS	Fundação Univ. Federal De Mato Grosso Do Sul
UFPB	Univ. Federal Paraíba
UFPE	Univ. Fed. Pernambuco
UFPI	Univ. Fed. Do Piauí
UFPR	Univ. Federal Paraná
UFRJ	Univ. Rio De Janeiro
UFRPE	Univ. Federal Rural De Pernambuco
UFRS	Univ. Federal Rio Grande Sul
UFSC	Univ. Federal Santa Catarina
UFSCAR	Fundação Universidade Fed. De São Carlos
UFSJ	Univ. Federal De São Joao Del Rei
UFSM	Univ. Federal Santa Maria
UFV	Univ. Federal Viçosa
UNB	Fundação Univ. De Brasília
UNESP	Univ. Estadual Paulista Júlio De Mesquita Filho
UNICAMP	Universidade De Campinas
UNIFEI	Univ. Federal De Itajubá
UNIT	Univ. Tiradentes
USP	Univ. São Paulo
UTFPR	Univ. Paraná Tecnológica Federal

## APÊNDICE 2

<b>Alternativa</b>	<b>Ingrediente</b>	<b>Titular</b>	<b>Cultura</b>	<b>Nível Toxicológico</b>
UEM, Basf	fluazifope	Syngenta	Cana-de-Açucar	II
UEM, Basf	glifosato	Adama Brasil	Cana-de-Açucar	III
UEM, Basf	glifosato	Agro Import	Cana-de-Açucar	II
UEM, Basf	glifosato	Albaugh	Cana-de-Açucar	II
UEM, Basf	glifosato	Allier	Cana-de-Açucar	I
UEM, Basf	glifosato	Allier	Cana-de-Açucar	I
UEM, Basf	glifosato	Allier	Cana-de-Açucar	I
UEM, Basf	glifosato	BRA	Cana-de-Açucar	I
UEM, Basf	glifosato	CCAB	Cana-de-Açucar	I
UEM, Basf	glifosato	CCAB	Cana-de-Açucar	I
UEM, Basf	glifosato	Corteva Agriscience	Cana-de-Açucar	III
UEM, Basf	glifosato	Fuhua Brasil	Cana-de-Açucar	I
UEM, Basf	glifosato	Green World	Cana-de-Açucar	I
UEM, Basf	glifosato	Monsanto	Cana-de-Açucar	I
UEM, Basf	glifosato	Nortox	Cana-de-Açucar	I
UEM, Basf	glifosato	Prentiss	Cana-de-Açucar	II
UEM, Basf	glifosato	Prentiss	Cana-de-Açucar	I
UEM, Basf	glifosato	Prentiss	Cana-de-Açucar	I
UEM, Basf	glifosato	Tecnomyl	Cana-de-Açucar	I
UEM, Basf	trinexapaque-etílico	Adama Brasil	Cana-de-Açucar	I
UNB, Embrapa, Krilltech	Azoxistrobina + tebuconazol	Helm	Café	III
UNB, Embrapa, Krilltech	carbendazim	UPL	Algodão	III
UNB, Embrapa, Krilltech	carboxina + tiram	UPL	Algodão	III
UNB, Embrapa, Krilltech	difenoconazol	Globachem	Coco	III
UNB, Embrapa, Krilltech	epoxiconazol + piraclostrobina	Basf	Café	III
UNB, Embrapa, Krilltech	epoxiconazol + piraclostrobina	Basf	Café	III
UNB, Embrapa, Krilltech	flutriafol	FMC Química	Café	III
UNB, Embrapa, Krilltech	mancozebe	CCAB	Café	II
UNB, Embrapa, Krilltech	mancozebe	Nutrien	Café	I
UNB, Embrapa, Krilltech	oxiclureto de cobre	Rizzi & Cia	Café	III
UNB, Embrapa, Krilltech	tebuconazol	Green Place	Café	I
UNB, Embrapa, Krilltech	tebuconazol	Prentiss	Café	III