ESTADO DE MATO GROSSO
SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
CAMPUS DE NOVA XAVANTINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

CONSERVAÇÃO E CONTAMINAÇÃO: O DILEMA DOS AGROTÓXICOS NA AGRICULTURA DE MATO GROSSO

Ariane Ghelfi

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Ecologia e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Ben Hur Marimon Junior

Nova Xavantina-MT
Dezembro, 2024.

ESTADO DE MATO GROSSO
SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
CAMPUS DE NOVA XAVANTINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

CONSERVAÇÃO E CONTAMINAÇÃO: O DILEMA DOS AGROTÓXICOS NA AGRICULTURA DE MATO GROSSO

Ariane Ghelfi

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Ecologia e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Ben Hur Marimon Junior

Nova Xavantina-MT
Dezembro, 2024.

Ficha catalográfica elaborada pela Supervisão de Bibliotecas da UNEMAT Catalogação de Publicação na Fonte.
UNEMAT - Unidade padrão

Ghelfi, Ariane.
CONSERVAÇÃO E CONTAMINAÇÃO: O DILEMA DOS AGROTÓXICOS NA AGRICULTURA DE MATO GROSSO / Ariane Ghelfi. - Nova Xavantina, 2025.
90f.: il.

Universidade do Estado de Mato Grosso "Carlos Alberto Reyes Maldonado", Ecologia e Conservação/NVX-PPGEC - Nova Xavantina - Doutorado Acadêmico, Campus Universitário De Nova Xavantina.
Orientador: Ben Hur Marimon Junior.

1. Periculosidade ambiental. 2. Ingrediente ativo. 3. Toxicidade. 4. Agricultura. 5. Produtor Rural. I. Junior, Ben Hur Marimon. II. Título.

UNEMAT / MTSCB CDU 502:631(817.2)

AGRADECIMENTOS

À Universidade do Estado de Mato Grosso, que há quatorze anos faz parte da minha vida, da minha história e do meu desenvolvimento profissional e pessoal, sou infinitamente grata e orgulhosa por fazer parte desta instituição. Ao programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, pelo aprendizado e pela oportunidade de conclusão dessa importante etapa. Ao meu orientador Prof. Dr. Ben Hur Marimon Junior, pela orientação, atenção e por seu exemplo e a Prof. Dra. Beatriz Schwantes Marimon, por sua atenção, dedicação e por seu exemplo, estes professores inspiram, apoiam, transformam e mudam vidas. Aos membros da banca, pelas valiosas contribuições. Aos professores e colegas que contribuíram com essa jornada. Por fim, à minha família, principalmente meus filhos Alexandra, Lorenza e Luiz Felipe, tudo é e sempre será por vocês!

SUMÁRIO

I. INTRODUÇÃO GERAL 1
II. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO GERAL 4
CAPÍTULO 1 - RISCOS ECOTOXICOLÓGICOS DO USO DE AGROTÓXICOS NA TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO EM MATO GROSSO, BRASIL 9
1. INTRODUÇÃO 11
2. MATERIAL E MÉTODOS 15
3. RESULTADOS 16
4. DISCUSSÃO 27
5. CONCLUSÃO 38
6. REFERÊNCIAS 39
CAPÍTULO 2 - NOVOS PARADIGMAS PARA O USO DE AGROTÓXICOS 47
1. INTRODUÇÃO 49
2. MATERIAL E MÉTODOS 50
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES 51
3.1 Como chegamos ate aqui 52
3.1.1 Brasil, Economia e Conservação 52
3.1.2 Mato grosso, Ocupação, Economia e Conservação 54
3.1.3 O Histórico dos Agrotóxicos no Brasil 55
3.1.4 A Política no Contexto dos Agrotóxicos 60
3.2 Percepção dos Produtores Rurais Com Relação aos Agrotóxicos 61
3.3 Perspectivas Para o Futuro, Políticas e Tecnologias 69
3.3.1 Alternativas ao Uso de Agrotóxicos 69
3.3.2 Programa Nacional de Redução de Agrotóxicos 74
4. CONCLUSÃO 74
5. REFERÊNCIAS 75
III. CONCLUSÕES GERAIS 82
APÊNDICES 83

RESUMO

A atividade agropecuária brasileira é fundamental para a segurança alimentar e a economia do País, especialmente o mercado nacional e internacional. No entanto, o crescente volume de agrotóxicos utilizado no país gera grande preocupação do ponto de vista ambiental. Há mais de uma década o Brasil é líder no consumo mundial de pesticidas, com milhares de toneladas anuais de substâncias perigosas sendo pulverizadas no ambiente. Nesse estudo analisamos os diversos fatores, como o histórico de incentivos fiscais para esses produtos, e uma legislação permissiva, convergiram neste cenário. O estado de Mato Grosso é a unidade da federação que mais consome agrotóxicos, com médias alarmantes de consumo *per capta*. Uma vez dispersos no ambiente, essas substâncias contaminam a água e o solo, e afetam diversas espécies, sendo nocivas às interações ecológicas. Investigamos a dimensão da questão realizando um levantamento das quantidades de agrotóxicos utilizadas no país, na região centro-oeste e no Mato Grosso, em um período de doze anos. Foi possível observar uma consumo crescente ao longo dos anos, com destaque para Mato Grosso, que também se destaca no uso de produtos com maiores graus de periculosidade ambiental. Verificaremos qual é a percepção do produtor rural com relação ao uso e periculosidade dos agroquímicos, e foi possível identificar que a grande maioria conhece os riscos e está disposta a utilizar alternativas mais seguras para a saúde e o meio ambiente. Por fim, apontamos alguns caminhos no sentido de soluções que possam contribuir com uma agricultura mais sustentável e responsável ambientalmente no país.

Palavras-chave: Periculosidade ambiental, ingrediente ativo, toxicidade, agricultura, produtor rural.

ABSTRACT

Brazilian agricultural activity is essential for food security and the country's economy, especially for the domestic and international markets. However, the growing volume of pesticides used in the country is a major concern from an environmental perspective. For over a decade, Brazil has been the world leader in pesticide consumption, with thousands of tons of hazardous substances being sprayed into the environment each year. In this study, we analyze several factors, such as the history of tax incentives for these products and permissive legislation, that have contributed to this scenario. The state of Mato Grosso is the state that consumes the most pesticides, with alarming per capita consumption rates. Once dispersed in the environment, these substances contaminate water and soil and affect several species, being harmful to ecological interactions. We investigated the scale of the issue by surveying the quantities of pesticides used in the country, in the central-west region and in Mato Grosso, over a period of twelve years. It was possible to observe an increasing consumption over the years, with emphasis on Mato Grosso, which also stands out in the use of products with higher degrees of environmental hazard. We will examine the perception of rural producers regarding the use and hazards of agrochemicals, and it was possible to identify that the vast majority are aware of the risks and are willing to use safer alternatives for health and the environment. Finally, we point out some paths towards solutions that can contribute to more sustainable and environmentally responsible agriculture in the country.

Keywords: Environmental hazard, active ingredient, toxicity, agriculture, rural producer.

I. INTRODUÇÃO GERAL

A agricultura, apesar de praticada pela humanidade há milênios, somente após a segunda guerra mundial passou a utilizar produtos químicos intensivamente, representando uma ameaça à saúde e a biodiversidade (THOMINE *et al*., 2022). Esses produtos são aplicados nas plantações com a finalidade de prevenir, erradicar ou suprimir organismos nocivos às culturas, considerados como pragas e doenças (MCGINLEY *et al*., 2023). Abrangendo uma ampla gama de formulações, esses produtos recebem diversas denominações, como agrotóxicos, agroquímicos, pesticidas, praguicidas, fitossanitários, defensivos agrícolas e biocidas (DEMARTELAERE, *et al*., 2021).

A utilização em larga escala dos agrotóxicos no Brasil iniciou-se na década de 1970, após a inclusão de pesticidas, adubos e fertilizantes nos financiamentos agrícolas (LOPES *et al*., 2018). Conforme estimativas recentes, o Brasil é o maior consumidor mundial de agrotóxicos, ultrapassando Estados Unidos, União Europeia e todos os países da América Latina juntos (FRAXE *et al*., 2020). Embora seja o quarto maior produtor agrícola mundial, essa liderança no uso de agrotóxicos foi alcançada já em 2009 (OGINO *et al*., 2021), condição provavelmente relacionada à agricultura e pecuária extensivas em região tropical e mais sujeita à incidência de grandes surtos de pragas e doenças de culturas agrícolas e pastagens. Além disso, a participação do agronegócio na economia brasileira vem crescendo rapidamente, representando atualmente cerca de 24% do produto interno bruto (PIB) nacional (CEPEA, 2023), o que revela a expansão de áreas e intensificação da produtividade com base predominantemente no manejo tradicional de pragas e doenças com uso de agroquímicos em geral.

O estado de Mato Grosso é o maior produtor brasileiro de grãos, sendo responsável por mais de 60% da produção agrícola da região Centro-oeste. Ocupa a liderança nacional na produção de soja, algodão, milho, girassol e ainda de bovinos, o que revela um papel fundamental na economia brasileira (DENTZ, 2019). Por este motivo, é também o estado que mais consome pesticidas agrícolas, com a comercialização de aproximadamente 176 mil toneladas em 2022 (IBAMA, 2024). Mato Grosso está localizado na fronteira agrícola brasileira, com grande parte das regiões produtoras estabelecidas ao longo da faixa de transição entre os dois maiores biomas brasileiros, a Amazônia e o Cerrado (MARQUES *et al*. 2020).

No Brasil, estão registrados mais de três mil princípios ativos para uso agrícola (MAPA, 2023), caracterizados em cerca de 230 tipos de diferentes grupos químicos, dando origem a diversas formulações comercializadas no mercado nacional. As substâncias mais utilizadas pertencem ao grupo dos organoclorados, organofosforados, piretróides, carbamatos e glicinas (KAUR *et al*., 2019), sendo classificados como inseticidas, herbicidas, fungicidas, nematicidas, acaricidas, formicidas, rodenticidas, moluscicidas, reguladores e inibidores de crescimento (BORGES *et al.*, 2019).

A ação de agrotóxicos no meio ambiente pode ser avaliada por vários fatores, como propriedades físico-químicas da substância, a quantidade e a frequência de seu uso, os métodos usados nas aplicações, das características ambientais e meteorológicas (KLINGMAN *et al*., 1982). Apesar de favorecer a produção agrícola, o uso de pesticidas gera efeitos indesejáveis que revelam grande preocupação, pois essas substâncias contaminam o ambiente e comprometem a qualidade do solo e das águas, alterando ecossistemas e sendo nocivas também para organismos não-alvo, incluindo os humanos (RIBAS et al., 2009).

Os efeitos dos pesticidas em organismos não-alvo podem ser letais ou sub-letais (MOREIRA *et al.*, 2012). Em diversas espécies, especialmente animais nativos, a exposição a agrotóxicos pode resultar em mortalidade, bioacumulação nos tecidos gordurosos, alterações comportamentais, bioquímicas e hormonais, entre outros (ROSSI *et al*., 2020). A contaminação humana pode causar diversos efeitos adversos já amplamente descritos na medicina, incluindo óbito, além de efeitos crônicos como câncer, malformações congênitas, prematuridade, malformação fetal, natimorto, aborto, baixo peso ao nascer, distúrbios endócrinos, cardiovasculares, pulmonares, renais, neurológicos e mentais (SILVA, 2020). Também pode ocasionar efeitos agudos como náusea, vômito, diarreia, cefaleia, vertigem, eritema, prurido e dispneia (SILVA, 2020).

Para que um agrotóxico seja comercializado no Brasil, é necessário que a bula do produto apresente informações quanto ao potencial de periculosidade ambiental (PPA) e a classificação do princípio ativo (IBAMA, 2024). De acordo com a Portaria nº 84/1996 do IBAMA, os agrotóxicos são incluídos em quatro classes: (i) produto altamente perigoso ao meio ambiente; (ii) produto muito perigoso ao meio ambiente; (iii) produto perigoso ao meio ambiente; (iv) produto pouco perigoso ao meio ambiente. Em relação à saúde humana, o órgão responsável pela classificação desses produtos químicos é a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa 2024), que os classifica cinco categorias, com cores de advertência no rótulo e um número no final identificando a fórmula específica do agrotóxico registrado, conforme exemplos a seguir: Categoria 1 – Produto Extremamente Tóxico – faixa

vermelha; Categoria 2 – Produto Altamente Tóxico – faixa vermelha; Categoria 3 – Produto Moderadamente Tóxico – faixa amarela; Categoria 4 – Produto Pouco Tóxico – faixa azul; Categoria 5 – Produto Improvável de Causar Dano Agudo – faixa azul. A Anvisa classifica ainda por Toxicidade Crônica os que podem causar efeitos adversos após exposições prolongadas e repetidas, incluindo câncer, doenças renais e do fígado.

Contudo, pesquisas demonstram que os produtores rurais, em geral, não compreendem plenamente essas questões de periculosidade, sejam ambientais ou de saúde humana e, por diversos fatores, possivelmente apliquem esses produtos químicos de forma inadequada, muitas vezes resultando em quantidades maiores do que as necessárias (ANDRADE *et al*., 2020; OLIVEIRA *et al*., 2016; SOUSA *et al*., 2016). Apesar de existirem alternativas ao uso de agrotóxicos, como manejo integrado de pragas e produtos alternativos (FLORES *et al*., 2016), sua aplicação é hegemônica na agricultura brasileira. Este comportamento é atribuído à inserção dos pesticidas no cenário nacional, que teve início em 1960 com a implantação do Programa Nacional de Defensivos Agrícolas (PNDA), que vinculava a utilização de agrotóxicos à concessão de créditos agrícolas, seguido de um histórico de incentivos (ALVES, 2002). Outro motivo é o predomínio de vendas pelas maiores empresas globais de agroquímicos, que inserem na produção agrícola brasileira um pacote tecnológico pré-estabelecido para seus países de origem, com clima predominantemente temperado ou frio, o que não é agronomicamente adequado às nossas condições tropicais ou mesmo subtropicais (FRIGOTTO, 2012).

Outro fato importante e de grande relevância é que cerca de um terço dos princípios ativos liberados para uso no Brasil são proibidos na União Europeia devido aos efeitos nocivos ao ambiente e saúde humana (SOUZA, 2021). Além de uma legislação mais permissiva com relação a periculosidade dos agrotóxicos utilizados no Brasil, em comparação à países de primeiro mundo, existe uma notável falta de uma política nacional de incentivo às práticas e tecnologias alternativas de controle de pragas e doenças da agropecuária nacional (OLIVEIRA *et al*., 2020). Além disso, é evidente a falta de um plano público ou mesmo público-privado de investimentos e incentivos à pesquisa neste campo da ciência para o desenvolvimento de produtos comerciais de controle de pragas e doenças mais eficazes e menos impactantes à saúde das pessoas e ao meio ambiente.

Portanto, este é um cenário em que os agrotóxicos no Brasil acabam causando diversos efeitos nocivos em ambientes terrestres e aquáticos e a aplicação de pesticidas tem sido associada ao declínio de populações de espécies raras, além da acumulação de compostos tóxicos ao longo das cadeias alimentares na natureza (MAHMOOD *et al*., 2016), podendo chegar à mesa dos brasileiros através de alimentos como o pescado. Ao lado dos incêndios e desmatamentos ilegais, a contaminação por agrotóxicos está entre as mais importantes

ameaças à biodiversidade nas paisagens dominadas pela agropecuária (DORMANN *et al*., 2007), principalmente na fronteira agrícola brasileira, como é o caso da maior parte de Mato Grosso. Para conciliarmos a produção agrícola com a conservação da biodiversidade e proteção da saúde humana é necessário o uso responsável de agrotóxicos aliado às alternativas sustentáveis à esse uso (SCHIESARI *et al*., 2013). O fato é que, atualmente, os critérios de segurança em relação aos agrotóxicos no Brasil estão desatualizados, culminando em uma grande vulnerabilidade ambiental (FRANCO *et al*., 2021).

Nosso objetivo foi abordar o uso de agrotóxicos do ponto de vista ambiental, com seu potencial de comprometer a conservação dos recursos naturais e da biodiversidade de Mato Grosso, o mais importante estado agrícola atual do Brasil. Buscamos responder as seguintes perguntas principais: (1) Quais são as quantidades e potenciais riscos ambientais dos agrotóxicos mais utilizados em Mato Grosso em comparação com o restante do Brasil? (2) Qual é a percepção do produtor rural sobre o uso e periculosidade dos agrotóxicos? (3) Quais são as alternativas ao uso de agrotóxicos que causam menos impactos ao meio ambiente, e o que impede suas utilizações? (4) Quais são as políticas públicas mato-grossenses e brasileiras para o uso de agrotóxicos e quais as possíveis soluções?

Para tratar desses aspectos em torno da temática principal, a tese foi estruturada em dois capítulos, sendo o primeiro intitulado: “Avaliação dos riscos ecotoxicológicos dos agrotóxicos utilizados em Mato Grosso”, onde caracterizamos o risco ambiental dos pesticidas utilizados no estado. No segundo, intitulado “Novos paradigmas para o uso de agrotóxicos”, avaliamos como as políticas nacionais para o uso de agrotóxicos culminaram no atual cenário, influenciaram a visão do produtor rural, quais os obstáculos para a utilização de outros modelos agrícolas que reduzam a aplicação dos agrotóxicos e quais as possíveis soluções.

II. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO GERAL

ALVES FILHO, J.P. **Uso de agrotóxicos no Brasil**. Annablume, São Paulo, 2002.

ANDRADE, A. P. R., *et al*. Percepção dos produtores rurais sobre o uso de agrotóxicos na cultura de banana-maçã de Itaguaru (GO) e região. **Revista Brasileira De Educação Ambiental**, n. 15, v.3, p. 258-273, 2020.

BORGES, U. C. S., Orlando, P. H. K. O uso dos agrotóxicos e as implicações na saúde humana e qualidade ambiental. **IV Simpósio Regional de Geografia da UAEIGEO/UFG/RC**, Goiás, p.145, 2019.

CEPEA, Centro de estudos avançados em economia aplicada. PIB do Agronegócio Brasileiro. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx> Acesso em: 16 dez. 2023.

DEMARTELAERE, A. C. F. *et al*. Damage caused environment, animals and man with the use pesticides: bibliographic review. **Brazilian Journal of Development,** 2021.

DENTZ, E. Produção agrícola no estado do Mato Grosso e a relação entre o agronegócio e as cidades: o caso de Lucas do Rio Verde e Sorriso. **Ateliê Geográfico**, v. 13, n. 2, p. 165-186, 2019.

DORMANN C. F., *et al*. Effects of landscape structure and land-use intensity on similarity of plant and animal communities. **Glob. *Ecol. Biogeogr***.v.16, p.774-787, 2007.

FLORES, L. E., NINAUS, E. B., UHMANN, R. I. M. Agrotóxico e meio ambiente: um desafio nas aulas de ciências. **CCNExt-Revista de Extensão**, v. 3, p. 567-573, 2016.

FRAXE, T. D. J. P. *et al.* Use of pesticides and their socio-environmental impacts in the municipalities of Rio Preto da Eva and Careiro da Várzea, Amazonas-Brazil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, n. 6, v.5, p. 31429-31451, 2020.

FRANCO, T. F. *et al*. Characterization and distribution of pesticide use from 2015 to 2019, by health regions in the state of Rondônia (RO), Amazon, Brazil. **Brazilian Journal of Environmental Sciences**, v. 56, n. 3, p. 445-458, 2021.

FRIGOTTO, G. *et al.* **Dicionário da educação do campo**. Expressão Popular , São Paulo, 2012.

IBAMA, Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. Portaria Normativa nº 84, de 15 de outubro de 1996. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/IBAMA/PT0084-151096.pdf>. Acesso em: 13 mai. 2021.

IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Agrotóxicos. Disponível em: < https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos> Acesso em: 01 fev. 2024.

KAUR, R.; MAVI, G.K.; RAGHAV, S. Pesticides Classification and its Impact on Environment. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**. N.8, v.3, 2019.

KLINGMAN, G.C.; ASHTON, F.M.; NOORDHOFF, L.J. **Weed Science: principles and practices**. 2ª ed. New York: John Wiley, 1982. 449p., 1982.

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde Debate**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 117, 2018.

MAHMOOD, I., IMADI, S. R., SHAZADI, K., GUL, A.; HAKEEM, K. R. Effects of pesticides on environment. **In Plant, soil and microbes**, p. 253-269, 2016.

MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária E Abastecimento. Agrofit. Disponível em:<https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 15 dez. 2023.

MARQUES, E.Q., *et al.* Redefining the Cerrado–Amazonia transition: implications for conservation. **Biodivers Conserv**, v. 29, p.1501–1517, 2020.

MCGINLEY, J. et al. Impact of historical legacy pesticides on achieving legislative goals in Europe. **Science of the Total Environment**, v. *873*, 2023.

MOREIRA, J. C., *et al*. Groundwater and rainwater contamination by pesticides in an agricultural Region of Mato Grosso State in Central Brazil. **Ciência & Saúde Coletiva**, n.17, v.6, 2012.

OLIVEIRA, R. F., MATOS, L. F. D. O. R.; MARAN, C. S. Utilização do agrotóxico por produtores rurais em lavouras de maracujá no municipio de Presidente Médici-RO. **Blucher Engineering Proceedings**, n.3, v.2, p.251-256, 2016.

OGINO, C. M., BACHA, C. J. C. Usos de agrotóxicos nas agropecuárias do Brasil, Estados Unidos e União Europeia. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v.*23*, 2021.

OLIVEIRA, F. H.; SILVA, V. R. Uso de Agrotóxico ou Controle Agroecológico de Pragas e Doenças da Agricultura? Uma Reflexão a Partir do Município de Alvorada do Gurguéia-PI. **Brazilian Journal of Agroecology and Sustainability**, v. 1, n. 2, 2020.

RIBAS, P. P.; MATSUMURA, A. T. S. A química dos agrotóxicos: impacto sobre a saúde e meio ambiente. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 10, n. 14, p. 149-158, 2009.

ROSSI, A. S. *et al*. Fish inhabiting rice fields: Bioaccumulation, oxidative stress and neurotoxic effects after pesticides application. **Ecological Indicators**, v.113, 2020.

SCHIESARI, L. *et al*. Pesticide use and biodiversity conservation in the Amazonian agricultural frontier. **Phil. Trans. R. Soc. B** , v. 368, 2013.

SILVA, C. A. L. *et al*. **Uma visão interdisciplinar sobre os impactos dos fatores ambientais na saúde humana**. Editora Científica, 2020.

SOUSA, J. A., *et al*. Percepção dos produtores rurais quanto ao uso de agrotóxicos. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, n.10, v.5, p. 976-989, 2016.

SOUZA, M. M. O.; LEÃO, A. V. S., SOUZA, J. D. Agrotóxicos no cerrado: impactos socioambientais e resistência popular. **Fórum de Saúde e Segurança no Trabalho do Estado de Goiás**, 2021.

THOMINE, E. *et al.* Using crop diversity to lower pesticide use: Socio-ecological approaches. **Science of the Total Environment**, v. *804*, 2022.

CAPÍTULO 1 - RISCOS ECOTOXICOLÓGICOS DO USO DE AGROTÓXICOS NA TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO EM MATO GROSSO, BRASIL

Ecotoxicological risks of pesticides use in the Amazon-Cerrado Transition in Mato Grosso, Brazil

Artigo a ser submetido para publicação no periódico: Human and Ecological Risk Assessment

RESUMO

O estado de Mato Grosso lidera o consumo de agrotóxicos no Brasil. Os efeitos dos agrotóxicos no meio ambiente são bastante agressivos e ameaçam a biodiversidade e a integridade dos sistemas naturais. O objetivo deste estudo foi determinar as quantidades e classes de periculosidade ambiental dos agrotóxicos consumidos em MT em comparação com o consumo nacional no período de 2010 a 2022, e discutir seu potencial risco para os ecossistemas. O uso de agrotóxicos cresceu de forma significativa durante os anos do estudo, sendo Mato Grosso o estado que mais consome esses produtos químicos, especialmente nos municípios localizados na região da transição Amazônia-Cerrado, alguns próximos de unidades de conservação e terras indígenas. Os agrotóxicos mais utilizados pertencem à classe dos herbicidas, sendo o glifosato responsável por um terço dos princípios ativos comercializados no país e no estado. Mais da metade dos agrotóxicos utilizados em MT pertencem à classe II de periculosidade ambiental (muito perigosos ao meio ambiente). Esse uso excessivo de substâncias perigosas oferece riscos potenciais aos seres humanos, à fauna e à flora. Nossos resultados apontam para a importância de soluções que mitiguem esse problema, propiciando a sustentabilidade e viabilidade ambiental e econômica das atividades agropecuárias no país e no estado. Uma de nossas recomendações é a adoção de uma política pública que contemple um plano nacional de substituição de agroquímicos tradicionais, muitos já proibidos em outros países, por alternativas tecnológicas mais eficazes e menos poluentes no combate às pragas e doenças da lavoura, incluindo alternativas de manejo de lavouras e pastagens.

Palavras-chave: Agrotóxicos, Mato Grosso, Periculosidade Ambiental, contaminação, conservação.

ABSTRACT

The State of Mato Grosso leads pesticide consumption in Brazil. The effects of agrochemicals on the environment are highly aggressive, posing threats to biodiversity and the integrity of natural systems. This study aimed to determine the quantities and environmental hazard classes of pesticides consumed in Mato Grosso compared to national consumption from 2010 to 2022 and to discuss their potential risks to ecosystems. The use of pesticides grew significantly during the study period, with Mato Grosso being the leading state in the consumption of these chemical products, particularly in municipalities located in the Amazon-Cerrado transition region, some of which are near conservation units and Indigenous lands. The most widely used pesticides belong to the herbicide class, with glyphosate accounting for one-third of the active ingredients sold both nationally and in the state. Over half of the pesticides used in Mato Grosso fall under Class II of environmental hazard (highly dangerous to the environment). This excessive use of hazardous substances poses potential risks to humans, fauna, and flora. Our results highlight the importance of solutions to mitigate this issue, fostering the environmental and economic sustainability of agricultural activities in the country and the state. One of our recommendations is the adoption of public policies that include a national plan to replace traditional agrochemicals, many of which are already banned in other countries, with more effective and less polluting technological alternatives for combating crop pests and diseases. These alternatives should include crop and pasture management strategies.

Keywords: Pesticides, Mato Grosso, Environmental Danger, contamination, conservation.

1. INTRODUÇÃO

A legislação brasileira, no Decreto nº 4074/2002 (Brasil 2002) define agrotóxicos como produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos usados na produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, pastagens, proteção de florestas (nativas ou plantadas), outros ecossistemas e ambientes urbanos, hídricos e industriais. Esses produtos têm a finalidade de alterar a composição da flora ou fauna para protegê-las de seres vivos nocivos. Além disso, incluem substâncias e produtos usados como desfolhantes, dessecantes, e estimuladores ou inibidores de crescimento.

Cada substância enquadra-se em uma classe agronômica, que é determinada de acordo com a natureza do organismo, considerado nocivo, que a mesma controla. São denominados "inseticidas" os agrotóxicos empregados no combate à insetos, "fungicidas" para fungos e "herbicidas" para plantas invasoras, sendo que essas três categorias representam mais de 90% dos pesticidas consumidos mundialmente (Pelaez et al. 2010). Existem também os "nematicidas" aplicados para o combate dos nematoides, "fumigantes" para combater pragas e doenças no solo, "moluscicidas" para moluscos, "acaricidas" para ácaros, "algicidas" contra algas, além de dissecantes, desfolhantes e reguladores de crescimento (Braibante e Zappe 2012).

O Ato nº 45 de 9 de junho de 2017, determina que os rótulos dos pesticidas comercializados no Brasil apresentem a classe agronômica a qual o princípio ativo pertence, assim como a classificação quanto ao mecanismo de ação do produto (Brasil 2017). O grau de toxicidade de um agrotóxico precisa estar expresso no rótulo do produto e, para determinar essa toxicidade, são realizados bioensaios em laboratório, geralmente utilizando ratos como animal-teste. Assim, por meio desses animais, determina-se a quantidade do princípio ativo em miligramas por kg de peso vivo que é necessário para matar 50% da população, teste conhecido como Dose Média Letal (DL_{50}), que é utilizado como medida de segurança para alertar os riscos potenciais de uma substância aos organismos humanos (Barrigossi 2021).

De acordo com a DL_{50} o princípio ativo pode ser classificado como: Pouco Tóxico, para formulações que apresentam DL_{50} superior a 500 mg/kg, Mediamente Tóxico, quando apresentam DL_{50} entre 50 a 500 mg/kg, Altamente Tóxico, com DL_{50} entre 5 a 50 mg/kg e Extremamente Tóxico, para formulações com DL_{50} inferior a 5 mg/kg (Barrigossi 2021). O novo Marco regulatório, aprovado pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) em 2019, instituiu duas novas classificações: Produto improvável de causar dano agudo e Produto não classificado (ANVISA 2019). Outra classificação, bastante relevante para o presente estudo, é a classificação quanto ao potencial de periculosidade ambiental, que está baseada nos parâmetros de bioacumulação, persistência, transporte, toxicidade a diversos

organismos, potencial mutagênico, teratogênico e carcinogênico, agrupando os agrotóxicos em quatro classes: I - Altamente Perigoso, II - Muito Perigoso, III - Perigoso e IV - Pouco Perigoso (IBAMA, 1996).

É exigência do art. 41 do Decreto nº 4.074, de 4/1/2002 (Brasil 2002) que as empresas responsáveis pela comercialização de agrotóxicos no país entreguem anualmente aos órgãos federais relatórios de suas atividades. Assim, é possível obter dados sobre o uso de agrotóxicos junto aos órgãos federais de Agricultura, Saúde e Meio Ambiente. Em Mato Grosso, o Instituto de Defesa Agropecuária (INDEA) é o órgão responsável pela fiscalização do ciclo de vida dos agrotóxicos. Isso envolve a entrada dos pesticidas no estado, cadastro dos produtos, registro das empresas que os comercializam, fiscalização de estabelecimentos e propriedades e devolução de embalagens vazias, sendo possível obter junto ao INDEA dados oficiais sobre o consumo de agrotóxicos no estado (INDEA 2024).

Mato Grosso está localizado na região Centro-Oeste do Brasil, possui uma área total 903.357,9 Km^2, correspondente a cerca de 10% da área total do país (Pasa et al. 2020). O estado abriga em seu território 141 municípios e faz fronteira com os estados de Goiás, Tocantins, Pará, Amazonas, Rondônia, Mato Grosso do Sul e com a Bolívia. Todo o território de Mato Grosso integra a Amazônia Legal e é ocupado pelos biomas Amazônia (54%), Cerrado (40%) e Pantanal (6%) (Ferreira et al. 2016). Esses biomas sofrem com a degradação e a perda da biodiversidade devido à conversão de vegetação nativa para atividades agropecuárias (Pieniz, 2016) e o mau uso da terra, especialmente pelo desmatamento (Okida et al. 2021).

A Amazônia representa cerca de um terço das florestas tropicais do mundo, seus recursos são de imensurável importância para a população mundial e sua devastação influencia diretamente nas mudanças climáticas planetárias (Paiva et al. 2020). Mesmo assim, esse Bioma vem sofrendo fortes impactos decorrentes da ação antrópica nas últimas décadas, principalmente incêndios causados por queimadas ilegais e desmatamento indiscriminado, além do uso extensivo de agrotóxicos desde a fase de abertura de novas terras até a manutenção de pastagens, colheita e pós-colheita de produtos agrícolas. O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul e é considerado um *Hostpot* de biodiversidade, pois possui um grande número de espécies endêmicas (não encontradas em nenhum Outro lugar), além de estar seriamente ameaçado e possuir menos de 30% de sua cobertura vegetal natural (Damasco et al. 2018). A Transição Amazônia- Cerrado (TAC) abrange uma área de 6000 km, compreendendo grande parte do território mato-grossense, está localizada entre os dois maiores biomas da américa dos sul, sendo a maior transição savana- floresta do mundo (Marque et al., 2020).

O cultivo de soja em Mato Grosso corresponde a 85% da produção desse grão na

Amazônia brasileira (Kastens et al. 2017), distribuído na região conhecida como “Arco do Desmatamento”, a qual coincide exatamente com a TAC e abrange desde a porção sul do Pará, passando por Mato Grosso, Rondônia até o Acre. Nessa imensa área, são registradas as maiores taxas de desmatamento pelo avanço da fronteira agrícola no Brasil, concentrando cerca de 80% do desmatamento da Amazônia nas últimas décadas (Conceição et al. 2019). De acordo com o Instituto mato-grossense de economia agropecuária (IMEA), em 2022 as principais culturas agrícolas de Mato Grosso foram a soja (com 11,8 milhões de hectares de área plantada), o milho (com 7,28 milhões de hectares) e o algodão (com 1,23 milhão de hectares) e a pecuária do bovinos de corte, que ocupa cerca de 18 milhões de hectares, destaca-se o gado de corte, com um rebanho total de mais de 34 milhões de cabeças (Siqueira 2022). Subtraindo as sobreposições de soja com milho e algodão de segunda safra, Mato Grosso possui mais de 26% de seu território ocupado por pastagens e lavouras.

Essas atividades agropecuárias afetam os ecossistemas não só por meio da conversão da vegetação nativa, mas também da contaminação causada por insumos químicos, especialmente os agrotóxicos, resultando em diversos efeitos nocivos, como a contaminação de solos e ambiente aquáticos, além de efeitos tóxicos nos mais diversos organismos da fauna e flora, afetando também os humanos (Carvalho 2017), incluindo as populações indígenas. O estado é o segundo do País com maior número de terras e populações indígenas, cujos efeitos diretos e indiretos da exposição aos agrotóxicos está se tornando cada vez mais evidente (Lima et al. 2022). Mato Grosso possui ainda 111 Unidades de Conservação, sendo 23 federais, 43 estaduais e 45 municipais (SEMA 2024). Além disso, é um dos locais com maior volume de água doce do mundo, com uma rica hidrografia pertencente a três das principais bacias hidrográficas brasileiras: Amazônica, Paraguai (Platina/Paraná) e Tocantins-Araguaia (Teixeira 2022).

Neste estudo, quantificamos, avaliamos e comparamos os agrotóxicos comercializados no Brasil, na região Centro-Oeste e em Mato Grosso quanto às características ecotoxicológicas. Verificamos quais são as classes agronômicas dos produtos utilizados; a intensidade geográfica do uso no território nacional, estadual e municipal; a periculosidade ambiental dos produtos utilizados; os princípios ativos aplicados e discutimos os efeitos dessas substâncias no ambiente, considerando os diferentes biomas que compõe Mato Grosso. Verificamos também as áreas especiais (Unidades de Conservação e Terras Indígenas) e principais rios expostos à maiores quantitativos de agrotóxicos, e verificamos ainda a correlação entre intensidade do uso de agrotóxicos e desmatamento, vegetação natural e hidrografia.

Levantamos as seguintes hipóteses: 1) a classe agronômica de agrotóxico mais utilizada no estado é a dos herbicidas, o que representaria um risco à conservação da

vegetação; 2) a maior parte dos agrotóxicos utilizados apresenta elevada periculosidade ambiental e que as moléculas mais utilizadas apresentem alto risco ecotoxicológico, o que significa que, além do volume aplicado, as características dos ingredientes ativos ameaça os ecossistemas; 3) a zona de transição Amazônia/Cerrado (TAC) é a mais afetada com a exposição de agrotóxicos, o que corrobora para que essa seja uma das áreas mais ameaçadas pela atividade agropecuária no Brasil; 4) áreas de proteção ambiental e indígenas estão diretamente expostas às áreas de maior uso de agrotóxicos, o que demonstra comprometimento de suas integridades por vulnerabilidade aos agrotóxicos nas unidades de conservação e terras indígenas em um estado com grande destaque na agropecuária; 5) existe uma correlação entre desmatamento e intensidade no uso de agrotóxicos, demonstrando a degradação do ambiente natural desde a abertura de terras para realização das atividades agropecuárias.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Analisamos os relatórios de comercialização de agrotóxicos disponibilizados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2024), com as listagens dos agrotóxicos utilizados no Brasil e em suas unidades federativas entre 2010 e 2022. Analisamos também a dinâmica da quantidade geral de agrotóxicos utilizada e categorizada de acordo com a classe agronômica de uso (herbicidas, fungicidas, inseticidas, acaricidas, etc.) e a classe de periculosidade ambiental (Classes I, II, III e IV), no Brasil, na região Centro-oeste e em Mato Grosso ao longo desses 12 anos. Avaliamos ainda a distribuição espacial da intensidade de uso de acordo com as unidades da federação no ano de 2022.

Para Mato Grosso, analisamos também o Relatório de Comércio de Agrotóxicos, disponibilizado pelo Instituto de Defesa Agropecuária de Mato Grosso (INDEA, 2024), com dados do ano de 2022. Categorizamos os municípios de acordo com a quantidade de agrotóxicos consumidos e discutimos as implicações desse consumo sob a abordagem ambiental. Elencamos os 10 princípios ativos mais consumidos no estado, comparamos com os consumidos nacionalmente, e avaliamos seu potencial de periculosidade ecotoxicológica.

Testamos estatisticamente a diferença entre o consumo de agrotóxicos ao longo dos anos de 2010 a 2022 e entre as proporções de agrotóxicos de acordo com a classe de periculosidade ambiental entre o total do Brasil, da Região Centro-Oeste e de Mato Grosso, utilizando o teste de ANOVA. Testamos as diferenças entre o consumo total de agrotóxicos dos municípios Mato-grossenses e seu consumo *per capita,* e entre o consumo total e por área através do teste *t* pareado. Verificamos a sobreposição de áreas especiais e de principais rios nos municípios Mato-grossenses com maior consumo de agrotóxicos. Através de testes de correlação de Pearson, verificamos a relação entre consumo de agrotóxico e desmatamento (total e no ano de 2022), vegetação nativa e hidrografia. Os testes estatísticos e gráficos foram realizados nos softwares RStudio e Excel, e os mapas foram elaborados no programa ArcGis.

3. RESULTADOS

Verificamos um aumento constante no consumo de agrotóxicos no Brasil, mas com crescimento muito mais acelerado na região Centro-oeste, sendo o estado de Mato Grosso o que mais cresceu percentualmente em todo o Brasil ao longo desses 12 anos, ficando muito acima da média nacional (Figura 1). A diferença de consumo entre os anos de 2010 e 2022 foi estatisticamente significativa ($p<0,01$). Em 2010, o consumo total de agrotóxicos no país era de 385 mil toneladas de ingredientes ativos, disparando para cerca de 800 mil toneladas em 2022, um aumento drástico de quase 108% em 12 anos. No Centro-Oeste, o consumo aumentou de 100 mil para 293 mil toneladas no mesmo período, representando um incremento de cerca de 193% e em Mato Grosso passando de 55 para 177 mil toneladas, um salto de 222% no consumo, ambos bem acima da média nacional (Figura 2A). Uma atenção especial deve ser dada a Mato Grosso, cujo consumo per capita de agrotóxicos apresentou um crescimento exponencial em relação aos demais estados da Federação, passando de cerca de 17 kg para quase 50 kg por habitante. Esses valores revelam um distanciamento muito acima da média nacional e da própria Região Centro-Oeste (Figura 2B).

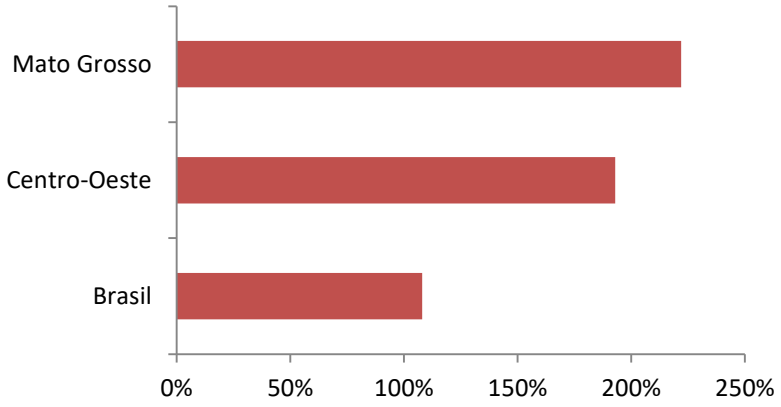


Figura 1. Aumento percentual no consumo de agrotóxicos no Brasil em 12 anos (2010 a 2022). O aumento acima da média nacional na Região Centro-Oeste foi influenciado pelo aumento exponencial do Estado de Mato Grosso, maior produtor agropecuário do País.

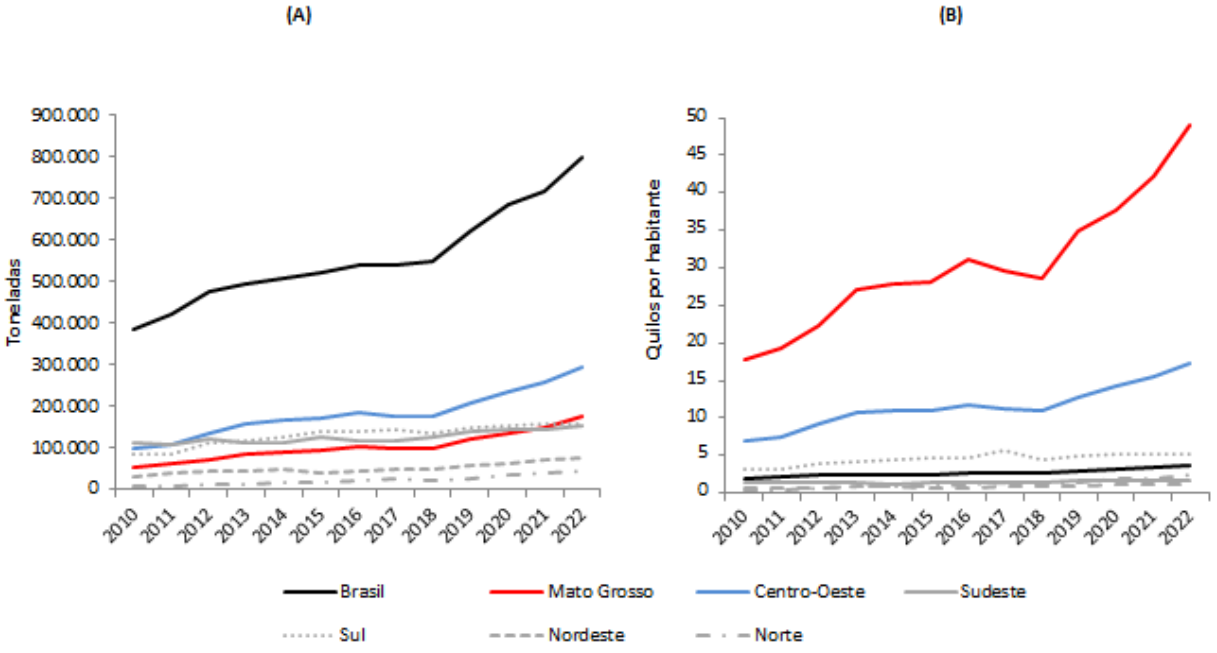


Figura 2. A) Quantidade de agrotóxicos comercializados entre 2010 e 2022 no Brasil, nas diferentes regiões geográficas e no estado de Mato Grosso em toneladas de ingrediente ativo. B) Quantidade *per capita* de agrotóxicos comercializados entre 2010 e 2022 no Brasil nas diferentes regiões geográficas e no estado de Mato Grosso em quilos de ingrediente ativo (Dados: IBAMA, 2024; IBGE, 2024).

A partir de 2013 Mato Grosso alcançou a liderança no consumo nacional de agrotóxicos, que até então pertencia ao Estado de São Paulo. Desde 2011 a região Centro-Oeste se tornou a maior consumidora de agrotóxicos do país, consumindo cerca de um terço do total utilizado no Brasil (Figura 2A), sendo líder na relação de consumo por habitante em todo o período do estudo (Figura 2B). A região Sudeste, que era líder no consumo de agrotóxicos em 2010, seguiu como a segunda maior consumidora nos anos de 2011 e 2012, passando para terceira posição a partir de 2013, quando a região Sul passou a ocupar o segundo lugar no *rankig* de consumo de agrotóxicos. As regiões Nordeste e Norte apresentam o menor consumo, ocupando a quarta e a quinta posição, respectivamente, durante todo o período analisado (Figura 2A).

Mato Grosso, com seu crescente consumo, utilizou em todo o período do estudo mais agrotóxico que as regiões Norte e Nordeste somadas, e em 2022 passou a consumir sozinho mais agrotóxico que todas as demais regiões do país. Portanto, o crescimento exponencial de consumo de agrotóxicos no Centro-Oeste foi devido principalmente ao aumento em Mato Grosso. Com relação ao consumo *per capita*, destacamos que durante todo o período do estudo a média do Mato Grosso foi maior que a média nacional, assim como foi maior que a média de todas as regiões, incluindo o próprio centro-oeste (Figura 2B). Em 2022 o consumo por habitante de Mato Grosso foi mais de 13 vezes maior que a média brasileira, com um consumo anual de mais de 48 quilos de habitantes, que se encontra em uma espiral crescente ano a ano.

Além de Mato Grosso, com um consumo consideravelmente maior que os demais estados, Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Goiás também possuem consumos elevados, com mais de 50 mil toneladas no ano de 2022 (Figura 3A). Em relação ao consumo anual *per capita*, destacam-se também Mato Grosso do Sul e Tocantins, com uma média superior a 10 quilos anuais de agrotóxico por habitante (Figura 3B). O Brasil consumiu em 2022 uma média de 90 quilos de ingrediente ativo de agrotóxico por quilômetro quadrado. As unidades da federação que apresentaram a maior relação consumo por área foram São Paulo e Paraná, ambos com 400 kg/km^2, seguidos de Distrito Federal (360 kg/km^2) e Rio Grande do Sul (230 Kg/km^2). Mato Grosso teve um consumo de (200 kg/km^2) (Figura 3C), o quinto no *ranking*.

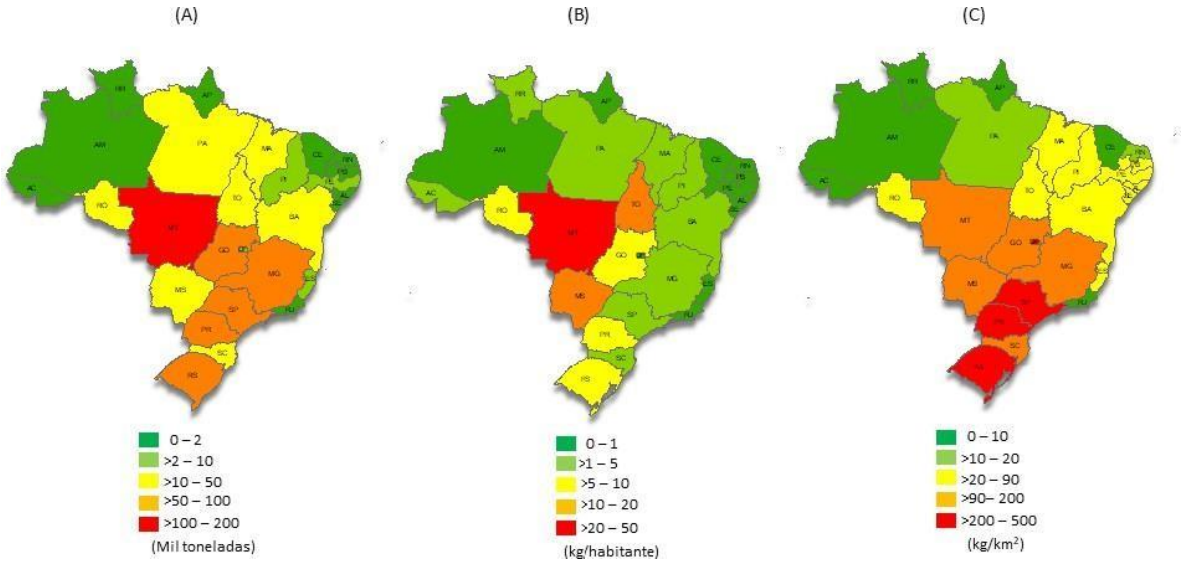


Figura 3. A) Distribuição da quantidade de agrotóxicos utilizada em 2022, por Unidade Federativa em mil toneladas de ingrediente ativo; B) Distribuição da quantidade *per capita* de agrotóxicos consumida em 2022, por Unidade Federativa em quilos de ingrediente ativo; C) Distribuição da quantidade de agrotóxicos em quilos por km^2, em 2022, por Unidade Federativa (Dados: IBAMA, 2024; IBGE, 2024).

Comparando os municípios de Mato Grosso com relação ao consumo bruto de agrotóxicos e por habitante, registramos diferença significativa (Teste *T* pareado = 8.0705, df = 140, p <0,01), o mesmo ocorrendo na comparação entre o consumo bruto e o consumo por área (Teste *T* pareado = -8.693, df = 140, p <0,01). Entre os municípios Mato-grossenses que mais utilizaram agrotóxicos destacam-se Sorriso, Sapezal, Campo Novo do Parecis, Nova Ubiratã e Diamantino, com consumo superior a 5 mil toneladas anuais (Figura 4A).

Com relação às maiores médias de agrotóxicos por habitante estão os municípios de Santa Rita do Trivelato, Santo Antônio do Leste, Porto dos Gaúchos, Ipiranga do Norte, Nova Ubiratã, Nova Maringá, Santa Cruz do Xingu e Campos de Júlio, com consumos superiores a 300 quilos por habitante (Figura 4B). Santa Rita do Trivelato lidera com 486 quilos por habitante, o que significa um consumo 130 vezes maior que a média brasileira.

Os municípios que tiveram a maior relação consumo por área foram Lucas do Rio verde, com um consumo por área de 1278 kg/km^2, seguido por Tapurah, Campo Verde e Ipiranga do Norte, com consumos em torno de 900 kg km^{-2} (Figura 4C).

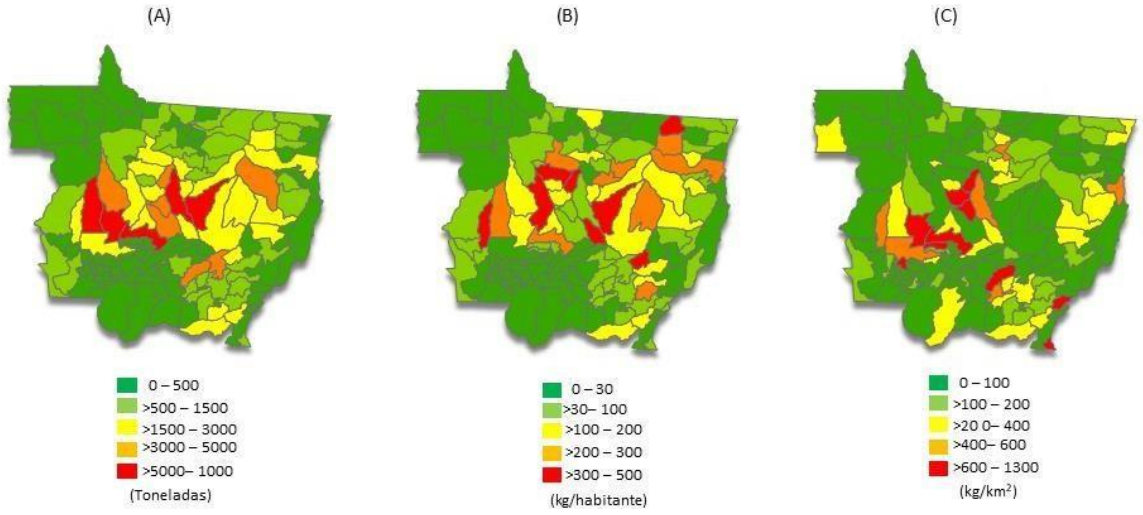


Figura 4. A) Distribuição do uso de agrotóxicos, em toneladas, por municípios mato-grossenses em 2022; B) Consumo de quilos de agrotóxicos por habitante nos municípios de Mato Grosso em 2022; C) Distribuição da quantidade de agrotóxicos em quilos por km^2, em 2022, por município de Mato Grosso (Dados: INDEA, 2024; IBGE, 2024).

As áreas de maior intensidade no consumo de agrotóxicos estão mais afastadas dos centros urbanos. Destaca-se o centro urbano inserido em áreas de maior consumo de agrotóxicos o município de Sorriso (Figura 5).

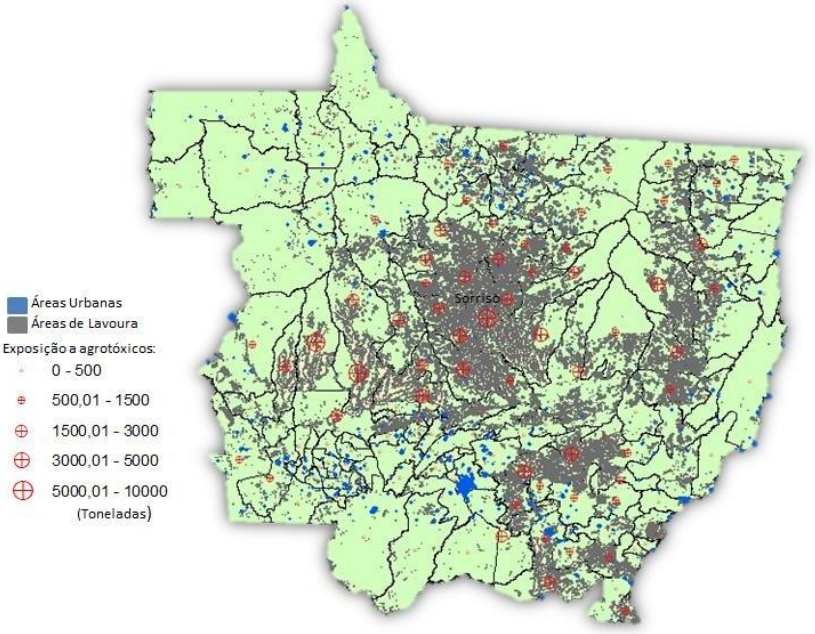


Figura 5. Distribuição do consumo de agrotóxicos, áreas de lavouras e áreas urbanas (Dados: INDEA, 2024; IBGE, 2024).

Os doze municípios mato-grossenses com maior consumo de pesticidas, com comercialização anual superior a três mil toneladas por ano (Sorriso, Sapezal, Campo Novo de Parecis, Nova Ubiratã, Diamantino, Lucas do Rio Verde, Campo Verde, Nova Mutum, Primavera do Leste, Querência, Ipiranga do Norte e Brasnorte) são drenados por importantes Rios da Bacia Amazônia e Araguaia-Tocantins (Figura 6A). Além disso, em seus territórios estão presentes Unidades de Conservação (Figura 6B) e Terras indígenas nos municípios e adjacências (Figura 6C).

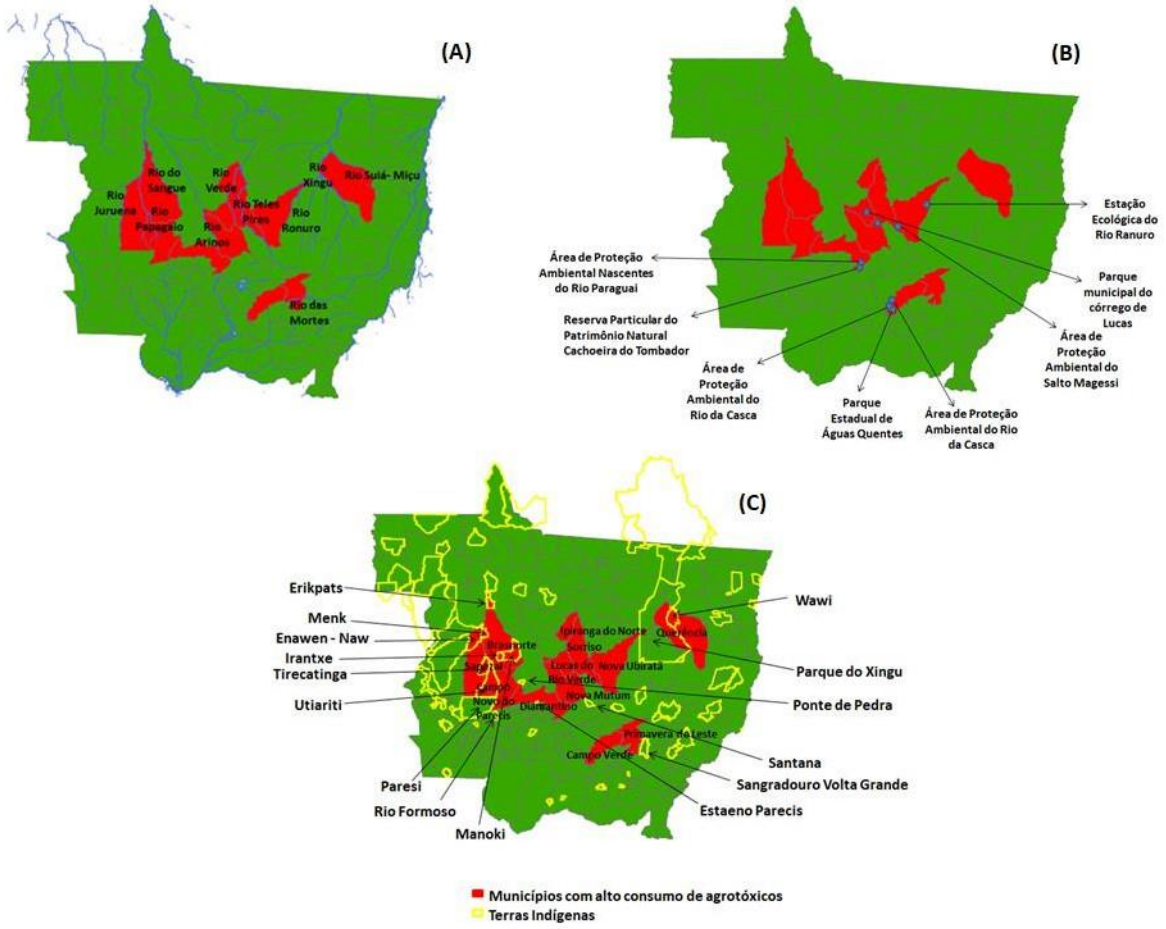


Figura 6. A) Principais rios dos municípios com maior consumo de agrotóxico em Mato Grosso; B) Unidades de Conservação em municípios com maior consumo de agrotóxico em Mato Grosso; C) Terras Indígenas municípios com maior consumo de agrotóxico em Mato Grosso (fontes: IBGE, 2024; INDEA, 2024).

Até 2022, Mato Grosso teve 41% da sua área total desmatada, principalmente para conversão em agricultura e pecuária (PRODES, 2024). Contudo, existe uma fraca correlação positiva entre os municípios que mais possuem área desmatada e os que mais consomem

agrotóxicos (r=0.2326683) (Figura 7A). Entre os municípios que mais desmataram áreas em 2022 e os que mais consumiram agrotóxicos por área houve uma fraca correlação negativa (r=-0.1682369) (Figura 7B). Entre os municípios que mantêm mais área de vegetação nativa e os que mais consumiram agrotóxicos existe uma fraca correlação negativa (r=-0.170341) (Figura 7C), condição semelhante aos que possuem mais áreas úmidas (r= -0.1418267) (Figura 7D).

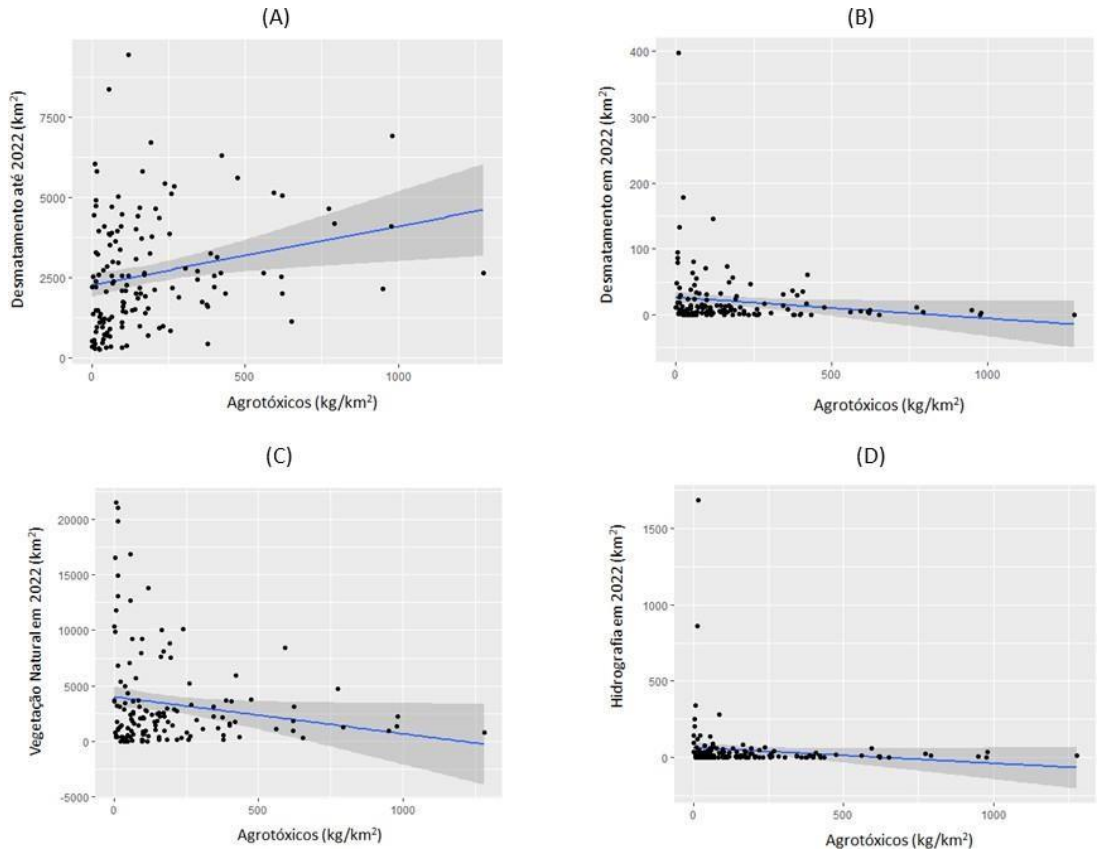


Figura 7. Correlação entre agrotóxicos utilizados em 2022 (kg/km^2) e desmatamento (km^2) nos municípios no Estado de Mato Grosso. A) uso de agrotóxicos e desmatamento total do estado; B) agrotóxicos utilizados em 2022 e desmatamento ocorrido somente neste mesmo ano; (C) agrotóxicos e vegetação natural; D) agrotóxicos e hidrografia (fontes: INDEA, 2024; IBGE, 2024, PRODES, 2024).

Embora não seja o maior bioma do território nacional, o cerrado é o mais exposto aos agrotóxicos (Figura 8A e 8C). O mesmo ocorre em Mato Grosso, onde o cerrado, que ocupa cerca de 40% do território do estado, recebe 57% dos agrotóxicos (Figura 8B e 8D). Além disso, 42% dos agrotóxicos utilizados em Mato Grosso são comercializados em municípios com uma parte pertencente ao Cerrado e outra a Amazônia, região que compreende a faixa de transição Cerrado-Amazônia (Figura 8D), de acordo com Lucio (2019).

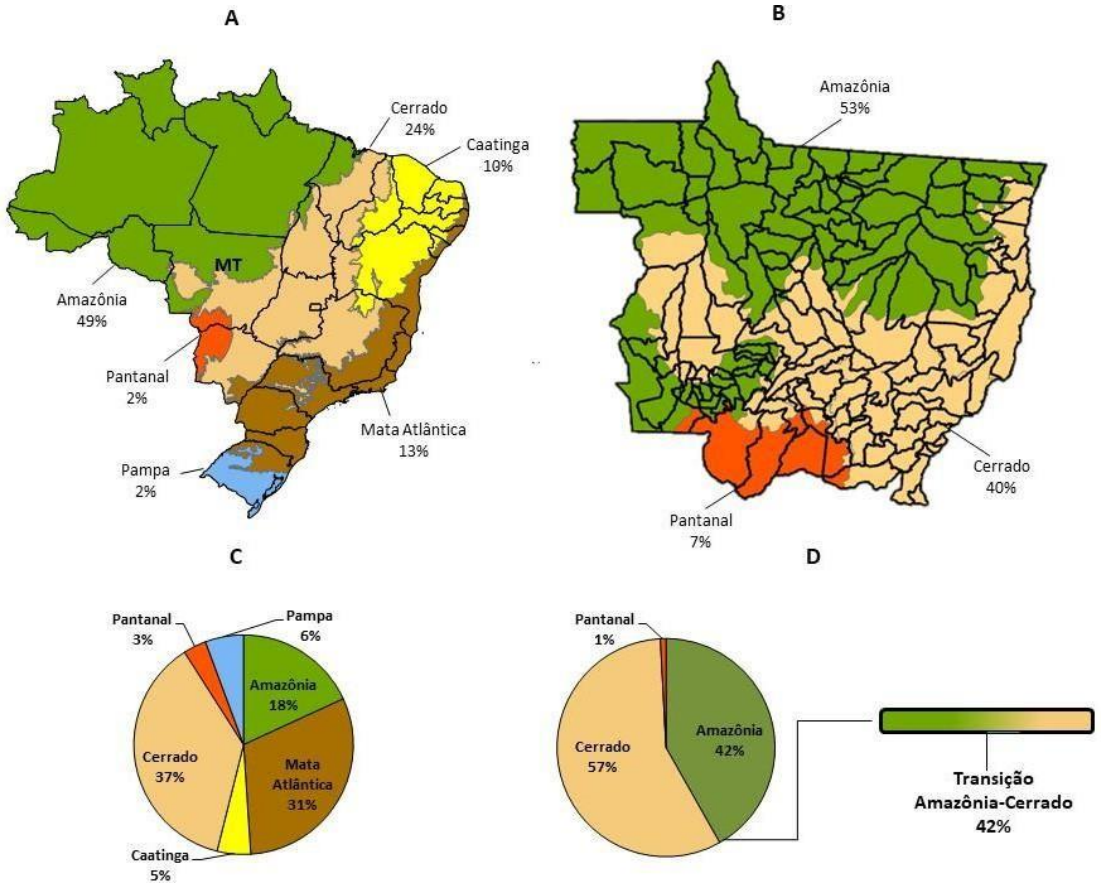


Figura 8. Uso de agrotóxico por bioma no Brasil. A) distribuição dos Biomas no território Brasileiro; B) distribuição dos Biomas em Mato Grosso; C) percentual de agrotóxicos consumidos em cada Bioma no Brasil; D) percentual de agrotóxicos consumidos por Bioma em Mato Grosso (fonte: IBGE, 2024; INDEA, 2024).

Os herbicidas foram a classe agronômica mais amplamente utilizada no Brasil, na região Centro-Oeste e em Mato Grosso em todo o período do estudo e representam mais da metade dos agrotóxicos aplicados nas lavouras (Figura 9).

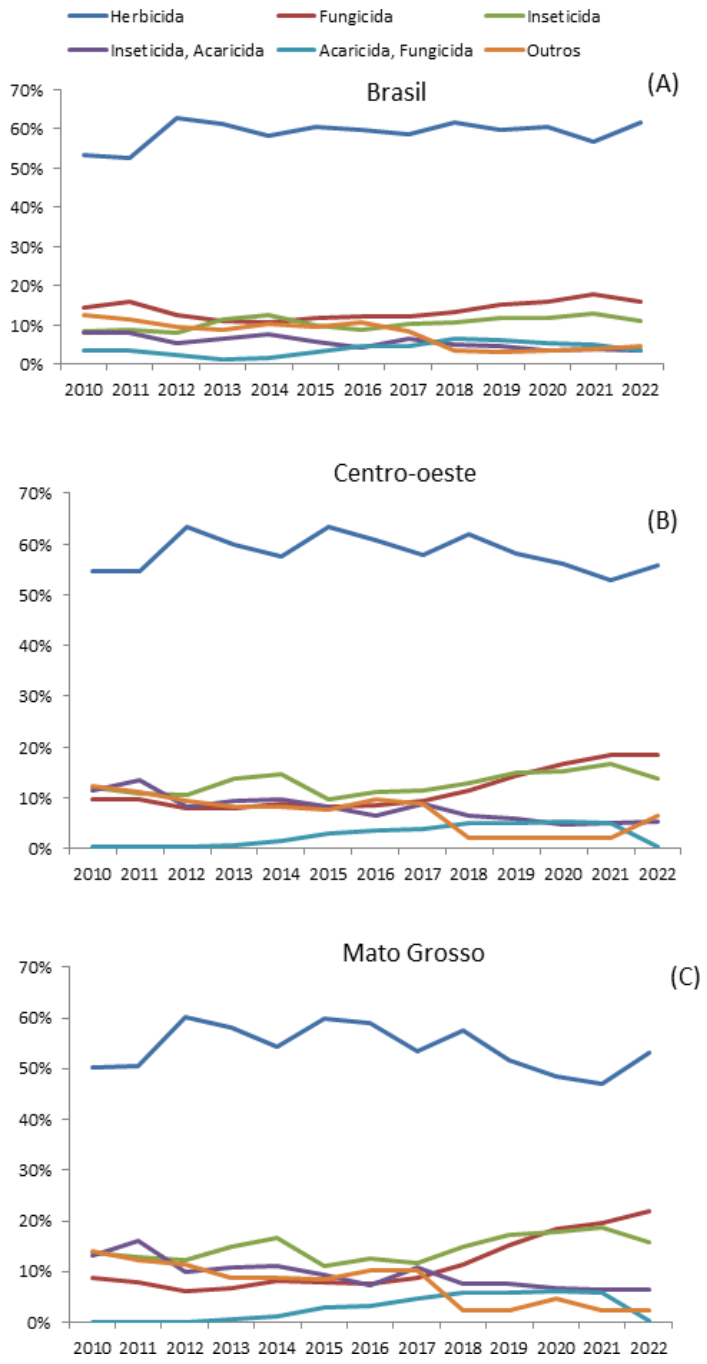


Figura 9. Poercentual de agrotóxicos usados de acordo com a classe agronômica entre 2010 e 2022 no Brasil. (A) região Centro-Oeste; (B) Mato Grosso (C). (Fonte: IBAMA, 2024; INDEA, 2024).

Verificamos que, entre 2010 e 2022, os compostos classificados de acordo com a periculosidade ambiental, como de Classe III (Perigoso ao meio ambiente) foram os mais amplamente utilizados no Brasil e na região Centro-Oeste, seguidos pelos de Classe II (Muito

Perigoso ao meio ambiente) (Figura 10A e 10B). O mesmo ocorreu em Mato Grosso até 2020, porém, a partir de 2021 os agrotóxicos mais utilizados passaram a ser os de Classe II (Figura 10C). No entanto, estatisticamente não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre o uso no Brasil, centro-oeste e Mato Grosso com relação ao percentual de agrotóxicos pertencentes a cada classe de periculosidade ambiental.



Figura 10. Percentual por classe de Periculosidade Ambiental, entre os anos de 2010 e 2022, utilizados no Brasil (10A) na região Centro-Oeste (10B) e em Mato Grosso (10C). Dados obtidos em IBAMA, 2024.

Dos dez princípios ativos mais utilizados, nove coincidem entre o *ranking* nacional e o mato-grossense. Em 2022 foram comercializados 406 ingredientes ativos no Brasil, sendo que os dez mais vendidos representam 70% do total. Em Mato Grosso dos 256 ingredientes ativos utilizados os dez mais vendidos representam 73%. O glifosato é o mais utilizado, tanto nacionalmente quanto em Mato Grosso, representando cerca de 1/3 de do total. Nos dois *rankings* todos os produtos são CLASSE II (muito perigoso ao meio ambiente) ou CLASSE III (perigoso ao meio ambiente) (Tabela 1).

Tabela 1. *Ranking* de ingredientes ativos mais utilizados em 2022 no Brasil e em Mato Grosso, expresso em toneladas do ingrediente ativo, porcentagem do produto em relação ao total e classificação de periculosidade ambiental. Fonte IBAMA, 2024; INDEA, 2024.

BRASIL 2022

RANKING	INGREDIENTES ATIVOS	VENDAS (t)	INGREDIENT E ATIVO (%)	PERICULOSIDAD E AMBIENTAL
1º	GLIFOSATO	266.088,12	33,23%	Classe III
2 º	2,4-D	65.356,52	8,16%	Classe III
3 º	ATRAZINA	47.663,24	5,95%	Classe II
4 º	MANCOZEBE	41.747,84	5,21%	Classe III
5 º	CLOROTALONIL	36.845,33	4,60%	Classe II
6 º	ACEFATO	32.897,56	4,11%	Classe II
7 º	DIBROMETO DE DIQUATE	23.822,62	2,98%	Classe II
8 º	CLORPIRIFÓS	17.679,34	2,21%	Classe II
9 º	METOMIL	16.554,03	2,07%	Classe II
10 º	MALATIONA	13.682,61	1,71%	Classe II

MATO GROSSO 2022

RANKING	INGREDIENTES ATIVOS	VENDAS (t)	INGREDIENT E ATIVO (%)	PERICULOSIDAD E AMBIENTAL
1º	GLIFOSATO	48.916,458	32,28%	Classe III
2 º	MANCOZEBE	15.427,869	10,19%	Classe III
3 º	ATRAZINA	89.101,21	5,89%	Classe II
4 º	2,4-D	8.526,087	5,64%	Classe III
5 º	CLOROTALONIL	7.659,003	5,06%	Classe II
6 º	MALATIONA	7.065.551	4,67%	Classe II
7 º	ACEFATO	6.788,081	4,49%	Classe II
8 º	CARBENDAZIM	2.870,468	1,90%	Classe III
9 º	METOMIL	2.510,419	1,66%	Classe II
10 º	CLORPIRIFÓS	2.380,532	1,57%	Classe II

4. DISCUSSÃO

Nossos resultados corroboram a nossa hipótese (1), de que a classe agronômica de agrotóxico mais utilizada em Mato Grosso é a dos herbicidas, representando um risco em potencial à conservação da vegetação. Também verificamos que a maior parte dos agrotóxicos utilizados em Mato Grosso apresenta elevada periculosidade ambiental e que as moléculas mais utilizadas apresentem alto risco ecotoxicológico, corroborando nossa hipótese (2). Verificamos também que a zona de transição Amazônia/Cerrado (TAC) é a mais afetada com a exposição de agrotóxicos, o que corrobora nossa hipótese (3), revelando uma ameaça à Amazônia a partir de suas bordas. Esta condição em especial levanta um alerta sobre como a fronteira agrícola está sendo ameaçada não só pelo desmatamento e incêndios indiscriminados, mas também pelo uso extensivo de agrotóxicos perigosos ao meio ambiente. Foi possível também demonstrar claramente a exposição das áreas de proteção ambiental e indígenas ao uso de agrotóxicos para corroborar nossa hipótese (4), uma vez que os locais de maior uso de agrotóxicos em Mato Grosso abrigam diversas etnias indígenas e unidades de conservação. Por exemplo, a quantidade de agrotóxicos utilizada em regiões de Mato Grosso, como dos Parecis e Xingu, são justamente as que concentram grandes áreas de terras e populações indígenas, revelando um potencial de comprometimento dessas áreas. Em relação à nossa hipótese (5), a correlação estatisticamente significativa entre desmatamento e intensidade no uso de agrotóxicos corrobora com o preconizado, revelando a grande quantidade de herbicidas utilizadas nos municípios da fronteira agrícola, o que indica seu uso desde a abertura de terras (e.g. 2,4-D) até aos tratos culturais de lavouras (e.g. Glifosato, Mancozed) e pastagens (e.g. 2,4-D).

É importante ressaltar nesse contexto de uso excessivo de agrotóxicos a atuação parlamentar frente às políticas públicas. No ano de 2019 foi aprovado no Brasil o novo marco regulatório dos agrotóxicos, que acarretou em uma série de mudanças nas classificações desses compostos (ANVISA, 2019). Naquele ano, foram liberados os registros de quase 500 agrotóxicos, alguns desses proibidos em outras partes do mundo. Esta quantidade de novos registros foi praticamente o dobro de 2016 e três vezes mais que 2015 (Hess e Nodari 2020).

No Brasil o protocolo de registro de um agrotóxico exige a avaliação de três órgãos federais: o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), visando a realização e avaliação da eficácia agronômica; a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), que realiza a avaliação toxicológica do composto e o IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente), o qual é o responsável por realizar a avaliação ambiental do pesticida. Todos os resultados referentes a essas avaliações devem constar no rótulo e na bula do produto fitossanitário (Bressan 2015).

Embora a aplicação de um pesticida tenha como intuito afetar as reações bioquímicas de um organismo-alvo, diversos processos bioquímicos são comuns a demais seres vivos, o que pode acarretar efeitos nocivos a outros organismos. Além disso, ainda que afetasse apenas um organismo específico, esses produtos químicos interferem nas interações ecológicas naturais daquele ambiente, podendo afetar o funcionamento de todo o ecossistema (Spadotto 2006).

O ano de 2020 foi um ano atípico devido o auge da Pandemia da Covid-19 que impactou na economia mundial. No Brasil, embora tenha ocorrido uma queda na atividade industrial, no comércio e na prestação de serviços, a atividade econômica brasileira se manteve, principalmente, pela agricultura e pecuária. Ainda que tenha havido uma queda no preço das commodities, houve um aumento nos preços dos itens de alimentação domiciliar (Silva et al. 2020). Nesse contexto, o consumo de agrotóxicos no Brasil e em Mato Grosso apresentou crescimento superior aos anos anteriores. Nesse período em que a população global enfrentou a vulnerabilidade frente à doença, foi crescente a exposição à substâncias com grande potencial de causar diversos efeitos deletérios à saúde humana (Peres et al. 2003).

O Brasil apresenta um crescimento constante no número de novos agrotóxicos liberados anualmente. Entre 2019 e 2022 foram realizadas 2181 concessões para registros de agrotóxicos no país, entre ele diversos com alto risco ambiental e toxicológico (Böll 2023). O efeito desse crescimento foi notado especialmente em Mato Grosso que apresentou um aumento de 12% no número de princípios ativos utilizados nesse período.

Segundo a ANVISA 20% dos agrotóxicos liberados em 2019 no Brasil são extremamente tóxicos, a exemplo do inseticida dinotefuram, que nunca foi aprovado na União Européia devido sua alta toxicidade e está em reavaliação nos EUA. Em 2022, foram comercializados em Mato Grosso 112 mil toneladas desse produto. Por exemlo, no estudo de Williamson (2014), o autor observou o efeito do dinotefuram em abelhas e concluiu que esse inseticida causa diversos efeitos que comprometem a sobrevivência desses organismos.

Mato Grosso lidera o consumo nacional de agrotóxicos desde 2013, quando ultrapassou São Paulo (IBAMA 2024). A região do estado com maior consumo de agrotóxicos é o centro do estado, onde está localizada a área de transição entre o Cerrado e a Amazônia, zona ambientalmente sensível devido à sua natureza sazonal e mistura filtrada de espécies do Cerrado e da Amazônia. Além de ser a maior transição savana-floresta do mundo, o local é também o maior ecótono tropical, situado entre dois grandes biomas com grande complexidade ambiental e intercâmbio de espécies (Marques et al. 2020).

A contaminação química dessa região, causada pelo grande volume de agrotóxicos compromete a biodiversidade, pois se trata de uma região com grande riqueza e abundância

de espécies, uma vez que abriga fauna e flora dos dois biomas, além de ecossistemas exclusivos do ecótono. Além disso, a atividade agropecuária forma uma barreira que dificulta o fluxo gênicos dos organismos entre os dois biomas.

Esta região está inserida dentro do chamado “Arco do desmatamento”. Portanto, além de sofrer com desflorestamento, que é a destruição direta dos habitats, sofre também o envenenamento do ambiente em decorrência do uso dos pesticidas, que compromete o solo, as águas superficiais e subterrâneas, as florestas e demais ecossistemas circundantes com o carreamento e dispersão dessas moléculas (JONG et al. 2008).

O Cerrado é o bioma mais exposto aos agrotóxicos em Mato Grosso. Em 2022 foram utilizadas mais de cem mil toneladas de produtos químicos com diferentes classificações de toxicidade ambiental. Enquanto esse bioma possui uma alta taxa de degradação, com mais de 50% de sua cobertura vegetal convertida para a plantação de grãos e pastagens nas últimas décadas, a Amazônia possui cerca de 80% de sua floresta preservada. Porém, esses dois biomas são simbióticos e a degradação de um afeta a estrutura do outro (Bolson et al. 2018).

Os efeitos desse grande volume de substâncias tóxicas no Cerrado ainda são desconhecidos, com poucos estudos. Em sua pesquisa Rezende-Silva (2019) investigou o efeito no glifosato em duas plantas nativas do bioma, a *Pouteria torta* e a *Alibertia edulis*. A exposição causou diversos distúrbios bioquímicos e necrose foliar em indivíduos dessas espécies. O glifosato é o agrotóxico mais utilizado no Cerrado, desta forma, além do desmatamento, a vegetação sofre grave ameaça à sua integridade por contaminação química, especialmente por deriva de aplicação aérea.O Pantanal em Mato Grosso apresentou a menor quantidade para o uso de agrotóxicos, com cerca de apenas 1% do total dos agroquímicos consumidos no estado. Em seu estudo sobre a conservação do Pantanal, Chaves e Silva (2018) concluem que esse bioma apresenta uma boa efetividade de conservação e a associa ao fato de a maioria das Unidades de Conservação do bioma ser da categoria Proteção Integral. Essa categoria inclui Estações Ecológicas, Reservas Biológicas, Parques Nacionais, monumentos Naturais e Refúgio de Vida Silvestre. Contudo, devemos alertar para os riscos de carreamento de agrotóxicos provenientes das áreas dos principais cursos de água que alimentam o Pantanal, em sua maioria drenando áreas de chapadões à montante dos principais cursos de água que irrigam o Pantanal. Estes chapadões são intensamente utilizados para a agricultura extensiva de grãos em Mato Grosso.

A presença dos agroquímicos é uma ameaça também aos fragmentos florestais. Embora a legislação federal exija a conservação de áreas (BRASIL 2012), os agrotóxicos comprometem a integridade dos organismos nativos em Unidades de Conservação, Áreas de Preservação Permanente, Reservas Legais e Terras Indígenas.

A expansão do agronegócio passou a atingir terras indígenas no Mato Grosso a partir da década de 1970, com a devastação do cerrado para implantação de áreas de lavoura mecanizada e pastagens (Melo et al. 2020). Na pesquisa realizada por Lima et al. (2022) foram relatadas diversas alterações ambientais por parte de indígenas do Xingu, como “cheiro de veneno” no ar, mortandade de peixes e associação com moléstias físicas entre a população das aldeias. Além da detecção de agrotóxicos em rios, afetando populações de quelónios, como cágados e tracajás. Os locais de maior uso de agrotóxicos em Mato Grosso abrigam pelo menos 15 terras indígenas e oito unidades de conservação.

Os insumos agrícolas, fertilizantes e agrotóxicos, são umas das principais causas da contaminação de recursos hídricos no Brasil (Pereira 2022). A contaminação não fica limitada ao local onde os agroquímicos são aplicados, pois a mobilidade da água transporta os compostos, podendo impactar extensas áreas à jusante de cursos de água (Barbosa et al. 2016). Em Mato Grosso, os usos mais intensos de agrotóxicos foram verificados em munícipios banhados por importantes bacias hidrográficas, como a bacia do Rio Xingu, Juruena, Rio das Mortes, Rio Verde, Teles Pires, Rio do Sangue, Papagaio, Arinos, Ronuro, e Siuá-miçu. No entanto, observamos uma fraca correlação negativa entre municípios com mais áreas úmidas e consumo de agrotóxico, provavelmente devido ao fato da pouca exploração agropecuária em função da limitação dessas atividades por excesso de água. Contudo, novamente alertamos para o fato destas áreas serem mais baixas no relevo, recebendo águas de drenagem de áreas intensamente utilizadas para a agricultura extensiva.Os índices de desmatamento verificados em MT são produto do processo de expansão das fronteiras agrícolas, ou seja, áreas que até então eram pouco povoadas passam a ser ocupadas para extração de recursos naturais, em geral madeira, e posteriormente uso do território para agricultura e pecuária. Esse processo resulta em uma severa transformação da paisagem, degradação e destruição de ecossistemas (Schallenberger et al. 2010). As correlações observadas entre consumo de agrotóxicos e desmatamento acumulado, desmatamento em 2022 e vegetação nativa, além de ilustrar esse processo, são um alerta para a importância da conservação.

Os preços mais baixos das terras na região da fronteira agrícola atraem produtores menos capitalizados. Muitas vezes esses produtores possuem pouca informação e limitado acesso a suporte técnico para o uso de agrotóxicos. Desta forma, ocorre a superutilização de compostos perigosos. Nesse cenário os agrotóxicos tornam-se uma das grandes ameaças à conservação da biodiversidade (Schiesari et al. 2013).

Para manter a produtividade são aplicadas grandes quantidades de pesticidas com a finalidade de combater as pragas. Porém, com o tempo esses organismos passam pelo processo da seleção natural, criando resistência àquelas substâncias. Além disso, esses princípios ativos acabam por também eliminar inimigos naturais das pragas. Desta forma, são necessárias quantidades cada vez maiores de agrotóxicos, ou utilização de moléculas mais tóxicas (Pereira et al. 2001).

A Amazônia é a principal região tropical do planeta. Esse bioma abriga a maior biodiversidade do mundo. Porém, pouco se sabe sobre os efeitos dos agrotóxicos sobre a fauna e flora amazônica. Com a proibição do uso do DDT (diclorodifeniltricloroetano) no Brasil em 1997, esse inseticida foi substituído por piretróides sintéticos. Tais substâncias são menos persistentes no ambiente e também menos tóxicos para mamíferos e aves. No entanto, são extremamente tóxicos para os organismos aquáticos incluindo peixes, conforme demonstraram estudos que revelam a alta toxicidade dessas substâncias para peixes amazônicos (Souza et al. 2020).

A aplicação de herbicidas resulta na perda líquida de biomassa vegetal e biodiversidade, o que indiretamente reduz a comunidade de artrópodes associadas e conduz ao declínio da população em muitas espécies de pássaros e anfíbios por falta de alimento. Os fungicidas, normalmente menos tóxicos para plantas, vertebrados, artrópodes e moluscos, acabam afetando indiretamente esses outros grupos biológicos por afetarem os fungos microbianos responsáveis pela reciclagem de nutrientes no solo, além de serem tóxicos para vermes de solo, como as minhocas e similares (Sánchez-Bayo 2011).

Os inseticidas são tóxicos para a maioria dos invertebrados do solo, pássaros e pequenos mamíferos, causando reduções em suas populações e causando perturbação na estrutura trófica de suas comunidades. Pesticidas persistentes se acumulam no solo e na cadeia trófica, causando uma infinidade de efeitos subletais que são negativos para a sobrevivência dos indivíduos e também para a viabilidade de suas populações (Sánchez-Bayo 2011). Todos esses efeitos associados evidenciam o risco a que os ecossistemas estão expostos através da contaminação por agrotóxicos.

Pouco mais da metade dos agrotóxicos comercializados em Mato Grosso são herbicidas, seguidos dos fungicidas e inseticidas ambos com aproximadamente 20% do consumo, o que semelhante a média nacional e regional. Uma vez aplicadas, essas substâncias

são distribuídas em diferentes compartimentos do ecossistema, de acordo com suas características e a de fatores abióticos como chuvas, ventos e absorção do solo. Desta forma, um grande volume anual desses compostos, sintetizados com o intuito de exterminar espécies vegetais e de insetos, ficam disponíveis em uma região de grande biodiversidade, que abriga três diferentes biomas (Amazônia, cerrado e pantanal), que é o estado de Mato Grosso.

Ainda que utilizados para proteger as culturas e o fornecimento o suprimento alimentar da população, não apresentam um total benefício a sociedade, pois se tratam de substâncias que oferecem risco potencial de atuar como contaminantes ambientais e ameaça para a saúde humana (Gilson et al. 2020). Por esse motivo, seu risco toxicológico e ambiental deve ser expresso e levado em conta.

A classificação toxicológica, que expressa a nocividade aguda dos agrotóxicos, passou por recente alteração na legislação brasileira. O novo marco regulatório dos agrotóxicos (ANVISA, 2019), abrandou a avaliação toxicológica dos agrotóxicos no país, o que resultou na diminuição da classificação toxicológica de um grande número de princípios ativos.

A avaliação de potencial de periculosidade ambiental (PPA) realizada pelo IBAMA é um procedimento complexo e criterioso. Para isso, são desenvolvidos testes que estabelecem propriedades físico-químicas, ecotoxicológicas e informações sobre persistência, bioacumulação, locomoção, entre outros (IBAMA, 2024). Para as avaliações ecotoxicológicas são exigidos testes com organismos não-alvo, que incluem microrganismos, algas, organismos do solo, abelhas, microcrustáceos, peixes, aves e plantas (IBAMA, 1996).

Até 2019 a maior parte dos agrotóxicos usados em Mato Grosso enquadrava-se na classe III (perigoso ao meio ambiente), assim como ocorreu em todos os anos de estudo a nível nacional e regional. No entanto, desde 2020 a classe II (Muito perigoso ao meio ambiente) passou a ser a mais utilizada no estado. Aproximadamente 96% dos pesticidas aplicados em Mato Grosso pertencem a classe II ou III, ou seja, cerca de 171 toneladas de substâncias perigosas para fauna, flora e microrganismos, disponibilizada no ambiente.

Atualmente está sendo utilizada uma ampla gama de substâncias com diferentes características químicas e físicas. Essas substâncias possuem mobilidade, de forma a se alocarem em diferentes matrizes ambientais, além de persistência no ambiente. Além disso, existem as diversas interações interespecíficas. Considerando tudo isso, é possível afirmar que é bastante lógica a existência de efeitos deletérios, dos mais variados, para toda a biota.

Em diversos municípios mato-grossenses são encontradas evidências de contaminação por agrotóxicos em águas superficiais, subterrâneas, da chuva e de abastecimento urbano (Novais et al. 2021). No entanto, os compostos passam por diversos processos químicos, físicos e biológicos no ambiente que podem resultar em subprodutos muitas vezes mais tóxicos que os originais, tornando mais complexa a quantificação e aumento de risco ao

ecossistema (Novais et al. 2021).

Dos 258 princípios ativos comercializados no Mato Grosso em 2022, 10 foram em quantidade superior a duas mil toneladas. Somado a quantidade dessas 10 substâncias, tem-se 70% do total utilizado. O agrotóxico mais amplamente utilizado no Brasil e no estado é o glifosato, com seus variados sais. Esse composto representa um terço dos agrotóxicos vendidos no estado, perfazendo um total de aproximadamente 49 mil toneladas anuais.

O glifosato [N-(Fosfonometil) glicina] é um herbicida não-seletivo (amplo espectro), sistêmico, pós-emergente, que está registrado em mais de 130 países e representa 60% do consumo mundial de herbicidas, sendo o agrotóxico mais utilizado no mundo. Sua molécula foi desenvolvida na década de 70 pela Monsanto Company, porém, em 2000 a perda da patente da produção permitiu que produtos de outros fabricantes e com o mesmo princípio ativo entrassem no mercado (Howe et al. 2004). Esses produtos apresentam diferentes formulações, o que faz com que apresentem diferentes classificações toxicológicas e ambientais.

Conhecido popularmente como “mata-mato”, é utilizado para eliminar as plantas daninhas às lavouras e pastagens, e possui a capacidade de exterminar gramas, plantas lenhosas e perenes. Sua ação ocorre através da inibição da síntese de aminoácidos aromáticos, o que afeta diversos processos fisiológicos da planta (Paul e Pandey 2017). É utilizado em diversos cultivos, com destaque para as grandes monoculturas como soja, algodão, milho e cana-de-açúcar (Duke 2018). Suas características químicas, e a grande quantidade de aplicação, representam uma ameaça potencial à diversidade florística.

O aumento volume de aplicação desse agroquímico no Brasil está relacionado com a introdução de culturas transgênicas, que apresentam maior resistência ao herbicida (Böhm 2010), permitindo o melhor uso da prática do plantio direto. Soma-se a isso alterações na legislação efetuadas em 1994, quando a ANVISA aumentou em 50 vezes o limite máximo de resíduos (LMR) permitido na soja, passando de 0,2mg/kg para 10mg/kg (Tavares 2005). Esse limite é tão mais amplo que chega a 200 vezes mais do que o permitido pela União Europeia, por exemplo.

Embora a toxicidade aguda do glifosato seja considerada relativamente baixa, algumas formulações incluem ingredientes que aumentam sua toxicidade. Devido à sua ação bioquímica, própria para agir em organismos vegetais, não é comum relatos de efeitos agudos em animais. Porém, diversos estudos relatam efeitos crônicos, resultantes do impedimento da ação de algumas funções enzimáticas, com evidências de efeitos carcinogênicos e teratogênicos (Gill et al. 2018).

No estudo realizado por Toledo e Guillén (2014) foi observado que abelhas que se alimentavam da solução contendo glifosato morriam mais rápido que as alimentadas com a

solução controle. A pesquisa de Balbuena et al. (2015) demonstrou que a exposição ao glifosato interfere na trajetória de voo de operárias de *Apis mellifera* (abelha europeia) de volta para a colmeia, indicando comprometimento da capacidade cognitiva da espécie. A redução da população, ou a alteração comportamental desses polinizadores pode acarretar graves desequilíbrios no ecossistema.

Ao pesquisar o efeito do glifosato em duas espécies de peixes, Fiorino et al. (2018) observou efeitos letais e sub-letais em carpas (*Cyprinus carpio*) e peixes-zebra *(Danio rerio*). Após contato com o herbicida, esses peixes apresentaram distúrbios de desenvolvimento, má formações, alterações nas taxas de eclosão, movimentação involuntária, alterações nos batimentos cardíacos e circulação sanguínea. Somadas a alta solubilidade do glifosato em água, os grandes volumes de despejo desse composto no ambiente, a abundância de recursos hídricos e a grande biodiversidade ictiológica no estado de Mato Grosso, podemos alertar para o potencial de grandes distúrbios nos ambientes aquáticos causado por glifosato.

A pesquisa de Ruuskanen et al. (2020) investigou efeitos parentais da exposição de longo prazo do glifosato em aves. Nesse estudo, codornas japonesas (*Coturnix japonica*) foram alimentadas com ração contaminada por glifosato, além de o agrotóxico ser detectado nos ovos, foram verificadas algumas alterações no desenvolvimento e fisiologia embrionários. Estes resultados evidenciam que a presença desse herbicida no ambiente pode ser um ameaça à avifauna e às interações ecológicas das quais esses animais participam.

Estudos realizados por Florencia et al. (2017) no Chaco argentino, um bioma altamente impactado pela agricultura extensiva, revelaram efeitos ecotoxicológicos do glifosato em plantas nativas de remanescentes florestais. Os resultados demonstraram sensibilidade em diferentes graus em todas as 23 espécies investigadas, como fitotoxicidade severa, redução no crescimento e até mesmo morte. Considerando a inserção das lavouras mato-grossenses em áreas de Cerrado, Amazônia e Pantanal, a vegetação nativa também está em potencial ameaça, especialmente por deriva em aplicação por avião ou mesmo por pulverizadores de tração ou autopropelidos (uniporte).

A questão do glifosato levanta dois importantes paradoxos da sustentabilidade ambiental para lavouras extensivas. O primeiro, e mais importante, é que o herbicida permitiu uma ampliação sem precedentes do plantio-direto, uma prática altamente sustentável, que protege o solo da erosão e da insolação e aumenta significativamente a matéria orgânica o solo e o desenvolvimento de microrganismos e macrorganismos benéficos. Por outro lado, causa toxidade ambiental, anulando alguns ganhos importantes da prática do plantio-direto. O segundo paradoxo se refere à substituição de herbicidas mais nocivos e de maior toxidade humana e ambiental, como a maioria dos pré-emergentes, mas por outro lado é exigido em maiores quantidades nas lavouras. Este último paradoxo apresenta ainda um trade-off de

custos financeiros para o produtor.

Outra alteração na legislação nacional que favoreceu a utilização do glifosato foi o novo marco regulatório dos agrotóxicos (ANVISA 2019). Com o abrandamento dos critérios para a classificação toxicológica, produtos à base do herbicida que eram considerados "Extremamente Tóxico" passaram a ser "Medianamente Tóxico" e outros passaram a ser classificados como "Improvável de Causar Dano Agudo", categoria que até então não existia.

A relação do Brasil com o glifosato está na contramão da tendência mundial. Esse herbicida teve seu uso restrito e até mesmo proibido para certas aplicações em diversos países, incluindo a União Europeia, devido a evidências de que esteja relacionado ao desenvolvimento de diversas doenças, como Alzheimer, Parkinson, depressão, infertilidade e câncer em diversas partes do corpo (IARC 2015). A França, por exemplo, tem diversas restrições ao uso do glifosato e espera banir o produto tão logo seja desenvolvida uma alternativa menos impactante.

Existem outros agrotóxicos que são proibidos ou de uso restrito em outros países, mas figuram no ranking dos mais utilizados no Brasil. A atrazina, que é o terceiro pesticida mais utilizado no Brasil e em MT, tem seu uso proibido na União Europeia (desde 2014) e em mais de 30 países devido a contaminação do lençol freático e seus efeitos no sistema endócrino em humanos e outros animais, mesmo em baixas doses baixas. Trata-se de um herbicida seletivo, do grupo químico triazina, inibidor do fotossistema II. É usado principalmente nas culturas de soja, milho e cana-de-açúcar. A exposição a esse composto resulta em efeitos carcinogênicos, neurotóxicos, imunotóxicos, hormonais e genéticos (Cox 2001). Em diversas cidades do estado de Mato Grosso foi detectada a presença da atrazina em amostras de águas de poços artesianos, águas superficiais, água da chuva, sedimento e tecidos animais (Moreira et al. 2012).

O Acefato é um inseticida organofosforado, utilizado no cultivo de feijão, couve, citros, soja, algodão, amendoim, repolho, batata, tomate para fins industriais, entre outros, que age pela fosforilação e subsequente inativação da acetilcolinesterase. Em animais, a exposição a essa substância resulta em efeitos citogenéticos, hepáticos, reprodutivos e carcinogênicos (Farag et al. 2000). Apesar de seu uso seja proibido na União Europeia, o produto passou por uma reavaliação no Brasil em 2013, mas continuou permitido, embora com restrições para algumas culturas. Por esse motivo, continuam sendo detectado resíduos irregulares, principalmente em pimentão e tomate de mesa (Santa Cruz 2024). No ano de 2022 o acefato foi o sexto agrotóxico mais utilizado no Brasil e o sétimo em Mato Grosso, com a comercialização de cerca de 33 mil toneladas no estado.

A Malationa é um inseticida e acaricida organofosforado, que age inibindo a atividade

da acetil colinesterase. Aplicado em diversos cultivos, foi o décimo ingrediente ativo mais utilizado no Brasil e sexto em MT em 2022, e também figura entre os princípios ativos banidos na UE há mais de uma década. No ambiente, esse composto é bastante persistente, com meia-vida de meses ou anos, e sua exposição a animais acarreta efeitos neurológicos, distúrbios genéticos, carcinogenicidade, desregulação do sistema endócrino e efeitos reprodutivos (Poomagal 2021).

Resíduos de Malationa foram detectados em amostras de Sedimentos do Rio Cuiabá, no Pantanal (Possavatz et al. 2014). A malationa também foi encontrada em amostras de água de chuva coletadas em municípios mato-grossenses da Bacia do Rio Juruena (Beserra et al. 2018). A presença de resíduos desse agrotóxico foi detectada ainda em águas de poço nos municípios de Lucas do Rio Verde e Campo Verde (Novais 2021).

Em 2022, o pesticida Paraquat, que também tem seu uso proibido na União Europeia e já foi amplamente utilizado em anos anteriores em Mato Grosso, não figura mais entre os pesticidas mais utilizados no estado. Esse herbicida de nitrogênio quaternário é altamente tóxico para humanos e animais. É utilizado em lavouras de soja, algodão, fumo, cana-de-açucar, arroz, feijão, café, maçã, abacaxi, entre outros. Sua ação consiste em causar estresse oxidativo, interrompendo importantes processos bioquímicos nas plantas (Suntres 2002). Seus efeitos em animais incluem intoxicação aguda, mutagenicidade, desregulação endócrina, carcinogênese e doença de Parkison em humanos. Em 2020 a ANVISA proibiu seu uso no Brasil, porém, permitiu o uso do estoque remanescente do produto até maio de 2021 (Kreutz et al. 2020).

Os pesticidas representam uma ameaça à biodiversidade da vegetação nativa. Parte dos agrotóxicos pulverizados nas lavouras podem se dispersar para além da área-alvo, ficando à deriva em áreas adjacentes a zona de aplicação (Jong et al. 2008). Micropartículas de agrotóxicos são carreadas pelo vento e podem atingir e contaminar florestas a quilômetros de distância. É importante destacar que existe muita proximidade de vegetação nativa em lavouras e pastagens de Mato Grossos sistemas agrários são compostos por áreas remanescentes e protegidas de vegetação nativa sob responsabilidade dos proprietários da terra (Áreas de Preservação Permanente -APPs; e Reseva Legal-RL), cuja obrigatoriedade visa preservar os recursos naturais, facilitar o fluxo gênico e a conservação da biodiversidade. Nem sempre os efeitos do contato com os agrotóxicos resultam em morte imediata dos indivíduos, porém as plantas podem apresentar alterações fisiológicas ou anatômicas. Machado et al. (2013) realizou um experimento com espécies arbóreas de interesse para a recuperação de áreas degradadas e verificou respostas à exposição ao glifosato, como clorose e necrose foliar e redução da epiderme e do parênquima.

Além da ação direta nas espécies vegetais, essas substâncias interferem na ecologia

dos demais organismo nativos, entre eles os polinizadores. Diversos estudos investigando os efeitos da exposição de pesticidas a abelhas demonstraram que a Cipermetrina reduz o seu forrageamento. Mostram também, que o Imidacloprido causa diminuição da atividade de voo, altera a atividade olfativa, reduz o forrageamento e diminui a quantidade de larvas ejetadas, reduzindo a prole das abelhas. A exposição à malationa resulta na emersão de adultos sem asas, com asas amassadas ou encurtadas, prejudicando toda a colmeia, inclusive sua capacidade reprodutiva. O acefato é outro que afeta a reprodutividade das colmeis ao reduzir a sobrevivência da ninhada e intoxicar a rainha (Thompson 2003).

Os agrotóxicos causam risco não só ao ambiente terrestre como também ao ambiente aquático. Esse processo se dá através de erosão, percolação e lixiviação desses compostos para corpos hídricos. Para peixes expostos a pesticidas, estudos realizados observaram que os herbicidas 2,4-D e glifosato fazem com que esses animais tenham suas respostas antipredatórias prejudicadas, o que na prática pode desencadear um grave desiquilíbrio ecológico entre os organismos aquáticos (Pompermaier et al. 2020). A exposição ao inseticida carbosulfano produz efeitos mutagênicos e genotóxicos em peixes (Nwani et al. 2010).

Além dos produtos permitidos, conforme discutimos nesse estudo, existe no país, que é o maior importador mundial desses produtos, o problema da comercialização clandestina de agrotóxicos. Segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para a Defesa Vegetal (Sindiveg 2024), cerca de 20% dos agroquímicos vendidos no Brasil são ilegais. Trata-se de produtos proibidos pela legislação nacional ou não registrados. Resíduos de agrotóxicos banidos no país, como por exemplo o BHC (hexaclorobenzeno) e o DDT (diclorodifeniltricloroetano), proibidos desde 1985, muitas vezes são detectados em diversas matrizes ambientais (Castro et al. 2017).

Portanto, além da dificuldade de mensurarmos a ameaça dos agrotóxicos para a conservação da biodiversidade, devido à variedade das substâncias sabidamente utilizadas, temos uma gama de substâncias desconhecidas, que não são investigadas.

Muitos estudos visam avaliar a ação dos agrotóxicos na natureza, no entanto, normalmente são realizados com princípios ativos isolados. Mas na prática o que ocorre é uma mistura complexa dessas substâncias e seus subprodutos. Efeitos sinérgicos como adição, potencialização e antagonismo podem ocorrer influenciando nos impactos dessa contaminação (Rizzati et al. 2006). O que temos é um coquetel de substâncias perigosas, envenenando o meio ambiente.

A solução deste problema é de extrema complexidade, uma vez que não trata de uma escolha do produtor rural, mas sim uma necessidade de uso de agrotóxicos prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente. Chamamos esse fenômeno de “Paradoxo da Proteção

Agrícola", onde o produtor rural se vê aprisionado pela falta de alternativas viáveis. Ou seja, o produtor rural fica comprometido a uma situação complicada no centro de disputas dos lobbies empresariais, decisões governamentais e pouca disponibilidade de produtos alternativos menos agressivos, como o controle biológico ou químicos de baixo impacto. Além disso, o produtor enfrenta os altos custos desses produtos químicos tradicionais e vive em constante luta com o mercado de commodities e suas imprevisibilidades e um sistema financeiro quase sempre desfavorável ao investimento agrícola, altamente oneroso e de baixo retorno econômico. Assim, o produtor rural permanece em uma encruzilhada entre usar produtos tóxicos, gastando uma parcela significativa de seu capital, ou não os usar, colocando em risco a sua produção e sobrevivência como produtor.

Este tema merece a atenção governamental, pois consiste em um problema ambiental de grandes proporções, e uma questão de saúde pública. Uma solução possível seria a adoção de uma política pública que contemple um plano nacional de substituição de agroquímicos tradicionais, por alternativas tecnológicas mais eficazes e menos poluentes no combate às pragas e doenças da lavoura. Isso incluiria o incentivo aos órgãos e instituições de pesquisa, ao desenvolvimento tecnologias nacionais, próprias para as diferentes características ambientais do território brasileiro, além de promover viabilidade e a facilidade de acesso aos produtores à essas alternativa.

5. CONCLUSÃO

A condição de Mato Grosso como o maior consumidor de agrotóxicos do Brasil representa riscos e desafios à sustentabilidade agrícola no estado, haja vista a importância econômica e social do agronegócio para a economia estadual. Os malefícios ao meio ambiente que essas aplicações representam comprometem os recursos naturais, ameaçando até mesmo o futuro da própria atividade. O produtor rural vivencia a cada safra o que chamamos de Paradoxo da Proteção Agrícola, uma encruzilhada em que o responsável pela lavoura ou pastagem se vê frente à decisão entre usar um produto caro e tóxico ou comprometer sua lavoura por falta de alternativas no mercado. O diagnóstico do problema mostrado neste trabalho é apenas um passo inicial para medidas conjuntas entre cientistas e produtores rurais para o desenvolvimento de soluções sustentáveis e viáveis para as atividades agropecuárias no país e no estado. Uma sugestão é o desenvolvimento de uma política pública com um plano nacional de substituição destes pesticidas, que apresentam muitas desvantagens, por alternativas mais apropriadas e seguras.

6. REFERÊNCIAS

Alho CJ, Mamede SB, Benites M, Andrade BS, Sepúlveda JJ. 2019. Threats to the biodiversity of the Brazilian Pantanal due to land use and occupation. Ambiente & Sociedade. 22. https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc201701891vu2019L3AO.

[ANVISA] Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BR). 2019. Resolução DC/ANVISA Nº 294 DE 29/07/2019. Disponível em https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=381153 (acesso fev 2024).

Balbuena M.S, Tison L, Hahn M.L, Greggers U, Menzel R., Farina WM. Effects of sublethal doses of glyphosate on honeybee navigation. 2015. The Journal of Experimental Biology. V. 218, p. 2799-2805.

Barbosa DC, Paiva GS, Adame A. 2016. O uso de agrotóxicos e a contaminação dos recursos hídricos: custo benefício econômico e social. Anais Vol. 01: Simpósio de Educação do Vale do Juruena, Juína/MT.

Barrigossi JAF. 2021. Uso de agrotóxicos. Embrapa Arroz e Feijão. Disponível em https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/pre-producao/uso-de-agrotoxicos (acesso fev 2024).

Beserra l, Pignati WA, Pignatti MG, Oliveira LKD. 2018. Poluição da água de poços artesianos e da chuva por agrotóxicos em municípios da bacia do rio Juruena, Mato Grosso, Brasil. Anais do Congresso brasileiro de saúde coletiva.

Böhm GMB, Rombaldi CV. 2010. Transformação genética e aplicação de glifosato na microbiota do solo, fixação biológica de nitrogênio, qualidade e segurança de grãos de soja geneticamente modificada. Ciência Rural, v.*40, n.*1, p. 213-221.

Böll HF. 2023. Atlas dos Agrotóxicos. https://br.boell.org/sites/default/files/2023-12/atlas-do-agrotoxico-2023.pdf (acesso mar 2024).

Bolson, SH. 2018. O Cerrado nas metas brasileiras do acordo de Paris: a omissão do estado brasileiro com o desmatamento na Cumeeira da América do Sul. Revista de Direito ambiental e Socioambientalismo, v. 4, n. 1, p. 112-131.

Braibante MEF e Zappe, JA. 2012. A química dos agrotóxicos. Química nova na escola. 37(1): 10-15.

Brasil. 2002. Decreto n° 4.074, de 4 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei n° 7.802, de 11 de julho de 1989. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm (acesso fev 2024).

Brasil. LEI Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm (acesso abr 2024).

Brasil. 2017. O Ato nº 45 de 9 de junho de 2017. Disponível em https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/legislacao/MINISTRIODAAGRICULTURAATO45_ret_ato_52e85_2017_correcao09_07_2018.pdf (acesso fev 2024).

Bressan, M. Agrotóxicos, legislação Federal. 2015. Embrapa documento. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1355202/1529289/Agrotóxicos+-+Legislação+Federal+-+Marcelo+Bressan.pdf (acesso mar 2024).

Carvalho FP. 2017. Pesticides, environment, and food safety. Food and Energy Security. 6(2): 48-60. https://doi.org/10.1002/fes3.108.

Castro IM, Anjos, MR, Calixto F, Machado E, Cruz Filho AG, Freitas SC. 2017. Determinação multirresíduo de agrotóxicos organoclorados em pescado de captura por CG-DCE. Segurança e qualidade de alimentos. Belém, p. 1-3.

Chaves JVB, Silva J. 2018. Evolução das unidades de conservação no Pantanal no período de 1998 a 2018. SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, São José dos Campos.

Cox C. 2001. Atrazine: toxicology. Sigma, v.315, p.320-321.

Damasco G, Fontes C, Françoso R, Haidar R. 2018. The Cerrado biome: a forgotten biodiversity hotspot. Frontiers for Young Minds. 6, 2018. doi:10.3389/frym.2018.00022.

Duke SO. 2018.The history and current status of glyphosate. Pest management science, v. 74, n. 5, p. 1027-1034.

Farag AT, Eweidah MH, El-okazy AM. 2000. Reproductive toxicology of acephate in male mice. Reproductive Toxicology, v. 14, n. 5, p. 457-462.

Ferreira JO, Galbiati C, Neves SMA, Miranda MRS. 2016. Produção de mel nos biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal, em Mato Grosso, no período de 2002 a 2011. Desenvolvimento e Meio Ambiente. 39: 159-171. DOI: 10.5380/dma.v39i0.46505.

Fiorino E, Sehonova P, Plhalova L, Blahova J, Svobodova Z, Faggio C. 2018. Effects of glyphosate on early life stages: comparison between Cyprinus carpio and Danio rerio. Environmental Science and Pollution Research, v.*25*, n.9, p. 8542-8549.

Florencia FM, Carolina T, Enzo B, Leonardo G. 2017. Effects of the herbicide glyphosate on non-target plant native species from Chaco forest (Argentina). Ecotoxicology and environmental safety, v.144, p.360-368.

Gill JPK, Sethi N, Mohan A, Datta S, Girdhar M. 2018. Glyphosate toxicity for animals. Environmental Chemistry Letters, v.*16*, n.2, p. 401-426.

Gilson IK, Rocha LG, Silva MRV, Wammes SW, Santos Leite G, Welter T, Cabrera LC. 2020. Agrotóxicos liberados nos anos de 2019-2020: Uma discussão sobre a uso e a classificação toxicológica. Brazilian Journal of Development, v.6, n.7, p. 49468-49479.

Hess SC, e Nodari RO. 2022. Agrotóxicos no Brasil: Panorama dos produtos aprovados entre 2019 e 2022. Ambientes em Movimento, 2(2).

[IARC] Agência Internacional de Pesquisas do Câncer. 2015. Some organophosphate insecticides and herbicides: tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon and glyphosate. Iarc working group. Monographs, v. 112.

Howe CM, Berril M, Pauli BD, Helbing CC, Werry K, Veldohen N. 2004. Toxicity of gliphosate-based pesticides to four North American frog species. Environ. Toxicol. Chem, v.23, n. 8, p. 1928-1938.

[IBAMA] Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (BR). Portaria normativa nº 84, de 15 de outubro de 1996. Brasília, 1996. Disponível em https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=99498 (acesso fev 2024).

[IBAMA] Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (BR). 2024. Agrotóxicos. Disponível em https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos (acesso fev 2024).

[IBGE] Instituto brasileiro de geografia e estatística (BR). 2024. Cidades e Estados. Disponível em https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html (acesso jan 2024).

[IMEA] Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária (MT). Projeções do agronegócio. Disponível emhttps://www.imea.com.br/imea-site/ (acesso nov 2023).

[INDEA] Instituto de Defesa Agropecuária do Estado de Mato Grosso (MT). 2024. Agrotóxicos. Disponível em https://www.indea.mt.gov.br/-/6099478-agrotoxicos (acesso fev 2024).

Jong FMW, Snoo GR, Zande JCV. 2008. Estimated nationwide effects of pesticide spray drift on terrestrial habitats in the Netherlands. Journal of Environmental Management, v. 86, n. 4.

Kastens JH, Brown JC, Coutinho AC, Bishop CR, Esquerdo JCD. 2017. Soy moratorium impacts on soybean and deforestation dynamics in Mato Grosso, Brazil. PloS one. 12(4) 2017. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176168.

Kreutz C, Salami SCS, Mezzomo MDM, Ceci RSDL, Gonçalves MS. 2023. Potencial de contaminação em águas superficiais:: um estudo na bacia hidrográfica do Alto Ivaí. Proyección. Estudios Geográficos y de Ordenamiento Territorial, 17(34), 203-223.

Lima FANS, Corrêa MLM, Gugelmin SA. 2022. Territórios indígenas e determinação socioambiental da saúde: discutindo exposições por agrotóxicos. Saúde em Debate. 46: 28-44. https://doi.org/10.1590/0103-11042022E202.

Lúcio ALMP. 2020. Mapeamento da Transição Cerrado-Amazônia e proposição de políticas públicas. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação, UNEMAT.

Macedo N, Macedo D, Campos M, Novaretti W, FERRAZ LCCB. 2012. Manejo de pragas e nematoides. Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e etanol. 2º ed. UFV, Viçosa-MG.

Machado VM, Santos JB, Pereira IM, Lara RO, Cabral CM, Amaral CS. 2013. Sensibilidade de mudas de espécies florestais nativas ao glyphosate. Bioscience Journal, Uberlândia, v. 29, n. 6.

Marques EQ, et al. 2020. Redefining the Cerrado–Amazonia transition: implications for conservation. **Biodivers Conserv**, v. 29, p.1501–1517.

Melo MT, Queiroz TM. 2020. Disponibilidade e qualidade da água para irrigação no território indígena Rio Formoso, na transição cerrado/Amazônia, Mato Grosso-Brasil. **Geosul**, v. 35, n. 75, p. 461-480.

Moreira JC, Peres F, Simões AC, Pignati WA, Dores EDC, Vieira SN, Mott T. 2012. Contaminação de águas superficiais e de chuva por agrotóxicos em uma região do estado do Mato Grosso. Ciência & Saúde Coletiva, v.17, p. 1557-1568.

Novais CM, Queiroz TM, SANTINO-JÚNIOR S. 2021. Panorama da contaminação ambiental por agrotóxicos no estado do Mato Grosso: risco para o abastecimento urbano. Research, Society and Development, v. 10, n. 1.

Nwani CD, Lakra WS, Nagpure NS, Kumar R, Kushwaha B, Srivastava SK. 2010. Mutagenic and genotoxic effects of carbosulfan in freshwater fish Channa punctatus (Bloch) using micronucleus assay and alkaline single-cell gel electrophoresis. Food and Chemical Toxicology, v.48, n.1, p. 202-208.

Odum EP. 1953. Fundamentals of Ecology. W. B. Saunders Company, Philadelphia.

Okida DTS, De Carvalho OA Jr., Carvalho OLF, Gomes RAT, Guimarães RF. 2021. Relationship between Land Property Security and Brazilian Amazon Deforestation in the Mato Grosso State during the Period 2013–2018. Sustainability. 13(4): 2085. https://doi.org/10.3390/su13042085.

Paiva PFPR, Ruivo MDLP, Da Silva OM Jr, Maciel MDNM, Braga TGM, De Andrade MMN, Ferreira BM. 2020. Deforestation in protect areas in the Amazon: a threat to

biodiversity. Biodiversity and Conservation. 29(1):19-38. https://doi.org/10.1038/s41467-017-02771-y.

Possavatz J, et al. 2014. Resíduos de pesticidas em sedimento de fundo de rio na Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. Revista Ambiente & Água, v. 9, p. 83-96.

Paul, V., & Pandey, R. (2017). Is the herbicide glyphosate really safe?. *Current Science (00113891)*, *112*(1).

Pasa MC, Lenci LHV, Pereira NDV, Miranda RAO. 2020. Vegetation and microclimate in open urban areas. Cuiabá, Mato Grosso-Brazil. Advances in Forestry Science. 7(3):1089-1099. DOI: 10.34062/afs.v7i3.8352.

Pelaez V, Terra FHB, Silva LR. 2010. A regulamentação dos agrotóxicos no Brasil: entre o poder de mercado e a defesa da saúde e do meio ambiente. Revista de Economia. 36(1): 27-48. DOI: http://dx.doi.org/10.5380/re.v36i1.20523.

Pereira CA, Vieira ICG. 2001. A importância das florestas secundárias e os impactos de sua substituição por plantios mecanizados de grãos na Amazônia. Interciência, v. 26, n.8, p. 337-341.

Pereira BFM, et al. 2022. Contaminação no lençol freático, rios, lagos e lagoas do Brasil por agrotóxicos. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 8, n. 7, p. 863-874.

Peres F, Moreira JC. 2003. É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente. Editora Fiocruz.

Pieniz LP. 2016. Deforestation in the Brazilian Amazon biome and its (possible) relationship to the expansion of agricultural commodity crops. Estudos Sociedade e Agricultura. 24(1): 243-262.

Pompermaier A, Kirsten K, Soares SM, Fortuna M, Kalichak F, Idalencio R, Barcellos LJG. 2020. Waterborne agrichemicals compromise the anti-predatory behavior of zebrafish. Environmental Science and Pollution Research, v.27, n.31, p.38559-38567.

Poomagal S, Sujatha R, Kumar PS, Vo DVN. 2021. A fuzzy cognitive map approach to predict the hazardous effects of malathion to environment (air, water and soil). Chemosphere, v. 263.

[PRODES] Projeto de Monitoramento do desmatamento na Amazônia legal por satélite. 2024. Amazônia. Disponível em

http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes (acesso 24 fev 2024).

Rezende-Silva SL, Costa AC, Dyszy FH, Batista PF, Crispim-Filho AJ, Nascimento KJT, Silva AA. 2019. Pouteria torta is a remarkable native plant for biomonitoring the glyphosate effects on Cerrado vegetation. Ecological Indicators, v.*102*, p.497-506.

Sánchez-Bayo F. 2011. Impacts of agricultural pesticides on terrestrial ecosystems. Ecological impacts of toxic chemicals, v. 2011, p. 63-87.

Santa Cruz, LM. 2024. Avaliação de risco agudo à exposição dietética a resíduos de agrotóxicos em tomate. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

Schallenberger E, Schneider IE. 2010. Fronteiras agrícolas e desenvolvimento territorial: ações de governo e dinâmica do capital. Sociologias, v. 12, n. 25, p. 202-222.

Schiesari L, Waichman A, Brock T, Adams C, Grillitsch B. 2013. Pesticide use and biodiversity conservation in the Amazonian agricultural frontier. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, *v.368, n.*1619.

Suntres ZE. 2002. Role of antioxidants in paraquat toxicity. Toxicology, v. 180, n. 1, p. 65-77.

[SEMA] Secretaria de estado de Meio Ambiente (MT). 2024. Unidades de Conservação. Disponível em http://sema.mt.gov.br/site/index.php/unidades-de-conservacao (acesso fev 2024).

Silva ML, Silva RA. 2020. Economia brasileira pré, durante e pós-pandemia do covid-19: impactos e reflexões. Observatório Socieconômico da COVID-FAPERGS..

Sindiveg - Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal. 2021. Registros de agroquímicos no Brasil. Disponível em https://sindiveg.org.br/ (acesso fev 2024).

Siqueira D. 2022. Pecuária de MT quebra novo recorde e rebanho atinge 32,7 milhões de cabeças. Disponível em https://www.indea.mt.gov.br/-/18851655-pecuaria-de-mt-quebra-novo-recorde-e-rebanho-atinge-32-7-milhoes-de-cabecas (acesso nov 2023).

Souza TC, Silva SLR, Marcon JL, Waichman AV. 2020. Acute toxicity of deltamethrin to Amazonian freshwater fish. Toxicology and Environmental Health Sciences, v.1, n.7.

Spadotto CA. 2006. Abordagem interdisciplinar na avaliação ambiental de agrotóxicos. Revista do Núcleo de Pesquisa Interdisciplinar, São Manuel, p. 1-9.

Rizzati V, Briand O, Guillou H, Gamet-Payrastre L. 2006. Effects of pesticide mixtures in human and animal models: An update of the recent literature. Chemico-biological interactions, v.254, p.231-246.

Ruuskanen S, Rainio MJ, Uusitalo M, Saikkonen K, Helander M. 2020. Effects of parental exposure to glyphosate-based herbicides on embryonic development and oxidative status: a long-term experiment in a bird model. Scientific reports, v.10, n.1, p. 1-7.

Tavares CRDO. 2005. Síntese do glifosato marcado com nitrogênio-15. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Teixeira ASC. 2022. Características morfométricas e percepção visual dos principais afluentes da bacia hidrográfica do Rio Cuiabá, Mato Grosso. Revista Corixo de Extensão Universitária. 1(1):1-19.

Toledo RJ, Guillén SD. 2014. Effect of the concentration of glyphosate present in body waters near transgenic soybean fields on the honeybee Apis mellifera, and the stingless bee Tetragonisca angustula. Acta Zoológica Mexicana. v. 30, p.408-413.

Thompson HM. 2003. Behavioural effects of pesticides in bees–their potential for use in risk assessment. Ecotoxicology, v. 12, n. 1, p. 317-330.

Williamson SM, Willis S, WRIGHT GA. 2014. Exposure to neonicotinoids influences the motor function of adult worker honeybees. Ecotoxicology, 23, 1409-1418.

CAPÍTULO 2 - NOVOS PARADIGMAS PARA O USO DE AGROTÓXICOS

CHAPTER 2 - NEW PARADIGMS FOR PESTICIDE USE

RESUMO

O Brasil é líder mundial no consumo de agrotóxicos, sendo Mato Grosso o estado que mais utiliza esses químicos. Esse destaque, que causa grande preocupação devido aos impactos desses compostos no ambiente, é causado por uma série de eventos históricos que se iniciam pelos modelos de colonização. Essa pesquisa objetivou investigar os eventos que levaram a esse panorama, a compreensão da política nacional dos agrotóxicos ao longo do tempo, a visão dos produtores rurais acerca do uso dos agrotóxicos, e as alternativas para a defesa das lavouras. Através de um levantamento histórico da política nacional de agrotóxicos brasileira ficou demonstrado que o país possui uma legislação permissiva e flexibilizada aos interesses econômicos da indústria química mundial. Atualmente os principais legisladores brasileiros antagonizam com pautas ambientais, dificultando a redução do consumo de agrotóxicos. Existem diversas alternativas ao uso dos agroquímicos, porém, se faz necessário incentivos financeiros, apoio ao desenvolvimento de pesquisa e suporte técnico ao produtor rural. Os produtores rurais matogrossenses demonstraram preocupação com o meio ambiente e interesse na possibilidade de substituir o uso de agrotóxicos por outras alternativas, desde que acessíveis e viáveis. O Plano Nacional Para Redução de Agrotóxicos surge como um passo extremamente importante para a mudança de paradima da agricultura brasileira.

Palavras-chave: Agrotóxicos, Produtores rurais, Marco regulatório, Controle biológico.

ABSTRACT

Brazil is the global leader in pesticide consumption, with Mato Grosso being the state that uses the most of these chemicals. This prominent position, which raises significant concerns due to the impacts of these compounds on the environment, stems from a series of historical events beginning with colonization models. This research aimed to investigate the events leading to this scenario, understand the evolution of Brazil's national pesticide policies over time, assess the perceptions of rural producers regarding pesticide use, and explore alternatives for crop protection. Through a historical analysis of Brazilian pesticide policies, it was demonstrated that the country has permissive legislation tailored to the economic interests of the global chemical industry. Currently, many Brazilian lawmakers oppose environmental agendas, hindering efforts to reduce pesticide consumption. Although various alternatives to agrochemicals exist, financial incentives, research development support, and technical assistance for rural producers are necessary. Rural producers in Mato Grosso expressed concern for the environment and interest in replacing pesticides with other accessible and viable alternatives. The National Plan for Pesticide Reduction emerges as a crucial step toward changing the paradigm of Brazilian agriculture.

Keywords: Pesticides, Rural producers, Regulatory framework, Biological control.

1. INTRODUÇÃO

A grave crise ecológica, que o mundo contemporâneo atravessa, está diretamente relacionada com as rápidas mudanças no planeta, promovidas pelas atividades humanas. O equilíbrio dos processos ecológicos, fundamentais para existência de todas as formas de vida, inclusive a humana, encontra-se severamente ameaçado (Hack et al., 2021). A seriedade desse quadro levou a proposição de uma nova época geológica, denominada Antropoceno, após o anterior Holoceno, que durou cerca de dez mil anos. Seu inicio ocorre no século XVIII, período da revolução industrial, após análises realizadas no gelo polar demonstrarem crescentes concentrações de dióxido de carbono e metano, (Crutzen, 2002).

As ações antrópicas têm causado a degradação ambiental e mudanças climáticas (Bueno, et al., 2024). A ocorrência da conversão de vegetação natural em áreas urbanas, de agricultura e de pastagem, além de causarem o impacto direto do desmatamento, também desencadeiam uma série de efeitos colaterais oriundos das atividades desenvolvidas (Pavão et al., 2017). A contaminação química da água e solo, causada por insumos agrícolas químicos, está entre um destes principais efeitos colaterais e uma das principais preocupações ambientais e ameaça à biodiversidade (Santana et al., 2022).

Um importante estudo realizado em 2009, por pesquisadores do sistema terrestre liderado por Rockström e Steffen, definiu nove processos naturais interligados e essenciais para a manutenção da vida na terra, como limites planetários. A agricultura, da forma como é praticada atualmente, compromete a maioria desses limites. Por exemplo, o ciclo biogeoquímico de carbono, fósforo e nitrogênio, com a utilização de fertilizantes, compromete a integridade da biosfera, desencadeando mudanças climáticas. Aliado a este problema, uso da terra o uso excessivo de agrotóxicos (Silva et al., 2023).

A posição de destaque que o Brasil ocupa no cenário mundial do consumo de agrotóxicos, bem como o estado de Mato Grosso ocupa no cenário nacional (IBAMA, 2024), se formou através de uma série de eventos históricos, políticos e econômicos. Não é possível desvincular esses fatores do estudo da ecologia, pois atualmente o ser humano é o principal causador das alterações ecológicas e é o principal agente, direta ou indiretamente, causador da redução da biodiversidade. Logo, todas as áreas de estudo intrínsecas ao ser humano, auxiliam na elucidação das problemáticas ambientais, mas também no possível apontamento de soluções.

Os estudos de percepção ambiental são considerados como um importante instrumento na compreensão da relação entre o ser humano e a natureza (Zanini, et al., 2021). Se as ações humanas conduziram o planeta a essa situação de insustentabilidade ambiental, mudanças nas mesmas poderiam revertê-las. Porém, para mudanças de atitudes é necessário o conhecimento das

mentalidades que as promovem, revelando a importância de conhecer essas mentalidades. No entanto, para considerar a compreensão das problemáticas ambientais pelos sujeitos individuais, deve-se se levar em consideração o espaço que o cerca e seu contexto histórico-cultural (Galvão et al., 2022).

Compreender o papel do Brasil e do Mato Grosso com relação ao consumo de agrotóxicos inclui uma análise histórico do país enquanto colônia de exploração, de nação essencialmente latifundiária, dos seus ciclos econômicos, histórico de ocupação e povoamento territorial com ênfase na região centro-oeste (Vaz e Baltazar, 2019). E para uma para uma análise ecológica, é necessário considerar suas caraterísticas ambientais e ecossistêmicas, sua biodiversidade e a ameaça que a presença intensiva dessas substâncias representa, assim como proporcionar a sensibilização popular para a viabilização e aplicação de caminhos para a conservação (Testa et al., 2020).

O Brasil embora seja líder mundial no consumo de agrotóxicos, inclusive utilizando em larga escala ingredientes ativos proibidos em outros países (Friedrich et al., 2021), lidera também o uso de produtos biológicos nas lavouras e se destaque na exportação desses produtos para outros países (Miranda et al., 2023). Compreender os desafios da ampla utilização dessa, e de outras formas alternativas no controle de organismos considerados “pragas”, é fundamental na mitigação do problema que o uso excessivo de agrotóxicos representa para o ambiente.

Este estudo tem como objetivo central uma mudança de paradigma quanto ao uso de agrotóxicos, de forma a apontar caminhos para que essa deixe de ser uma condição essencial para a produção de alimentos. Para tanto, é necessário compreender quais são os fatores que tornaram esse uso tão intenso no Brasil e no estado de Mato Grosso, verificar qual é a percepção quanto a esse uso, e seus riscos ambientais, por parte dos agricultores do Estado, que é o maior consumidor de agrotóxicos do País, e determinar o que limita outras alternativas para a defesa dos cultivos e investigar quais são as possíveis alternativas e como torná-las viáveis.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida utilizando uma abordagem exploratória, com o objetivo de analisar o histórico e as políticas para o uso de agrotóxicos no Brasil, as percepções dos produtores rurais mato-grossenses sobre os agrotóxicos, e as alternativas e novas diretrizes políticas no sentido de reduzir a utilização dos agroquímicos. A metodologia foi dividida em quatro etapas principais.

Inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico, com foco na evolução das políticas públicas relacionadas ao uso de agrotóxicos no país. A revisão abrangeu desde a introdução dos primeiros produtos químicos na agricultura brasileira até as regulamentações mais recentes. Foram consultadas bases de dados acadêmicas, legislação vigente e documentos oficiais de agências governamentais e organizações internacionais para contextualizar a atual situação do país em relação ao uso de agrotóxicos. Esse levantamento forneceu o embasamento teórico para a compreensão do cenário histórico e atual.

Para investigar as percepções dos produtores rurais sobre o uso de agrotóxicos, foi aplicado um questionário semi-estruturado. O instrumento foi desenvolvido com base em estudos prévios e adaptado para a realidade local, permitindo captar tanto respostas quantitativas quanto qualitativas. O público-alvo consistiu de pequenos, médios e grandes produtores rurais do estado de Mato Grosso, selecionados por amostragem intencional. O questionário abrangeu questões sobre o uso de agrotóxicos, práticas de manejo, conhecimento sobre os impactos ambientais e de saúde, e a disposição para adotar práticas alternativas. Os questionário foram enviados on-line para diversas unidades do Instituto de Defesa Agropecuária do estado e para diversas associações de produtores rurais. Foram realizadas 15 entrevistas, e os resultados obtidos foram analisados e apresentados por meio de gráficos e tabelas, facilitando a visualização dos dados.

A terceira etapa envolveu a revisão da literatura sobre métodos alternativos de controle de pragas e doenças agrícolas, focando em práticas sustentáveis como controle biológico, manejo integrado de pragas (MIP) e novas tecnologias. Esse levantamento teve como objetivo identificar tecnologias e práticas que possam reduzir a dependência de produtos químicos, promovendo uma agricultura mais sustentável e segura para o meio ambiente e a saúde humana. As fontes incluíram artigos científicos, relatórios técnicos de organizações especializadas e experiências de sucesso já implementadas em outras regiões.

Por fim, foi realizada uma pesquisa documental focada nas recentes mudanças e propostas políticas relacionadas ao uso de agrotóxicos no Brasil. Este projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da UNEMAT, através do parecer número 5.100.178.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Como chegamos ate aqui

3.1.1 Brasil, Economia e Conservação

O Brasil é um país latifundiário desde que a coroa portuguesa tomou posse de seu território no século XVI, com a implantação das capitanias hereditárias. A partir disso foi instituído o regime das sesmarias, que eram lotes de terra distribuídos no Brasil durante o período colonial com o objetivo de garantir a ocupação e a exploração econômica da colônia (Silva et al., 2019). Desde o início de sua história, o país é caracterizado pela concentração de grandes áreas de terra nas mãos de uma pequena parcela de proprietários.

Atualmente, os dados evidenciam a ainda acentuada concentração fundiária no país, com estimativa de que o estrato das 10% maiores propriedades ocupe 73% da área agrícola total do país, enquando as 90% propriedades menores detêm apenas 27% das áreas (Idace, 2020). Além disso, essa concentração também é observada em todos os estados, com as 10% maiores propriedades sempre detendo mais de 50% da área agrícola (Idace, 2020).

Esse cenário pode resultar em implicações significativas para as políticas públicas e práticas agrícolas, afetando desde o uso de agrotóxicos até a adoção de práticas mais sustentáveis. Grandes propriedades tendem a utilizar técnicas de produção intensivas, com alto consumo de insumos químicos, o que impacta tanto o meio ambiente quanto a saúde pública, além de limitar o espaço para práticas alternativas e sustentáveis, bem como oneração de custos aos produtores (aquisição dos produtos) e ao país (gastos de importação).

A dimensão do país e sua organização, aliadas as características ambientais e climáticas, faz com que haja uma visão de que o Brasil possui uma “vocação” para a agricultura de exportação, que surge em um primeiro momento com o predominíno da produção de monucultura com a cana-de açucar (Brito et al., 2012). A história do Brasil costuma ser dividida por ciclos econômicos, ou seja, períodos em que um determinado produto de exportação foi fundamental na economia nacional, e posteriormente teve seu declínio, devido a fatores como queda de valor ou de demanda. Do ponto de vista ambiental esses ciclos causaram a devastação de diferentes biomas em diferentes graus e contextos. O Brasil possui atualmente apenas 64% de sua vegetação nativa (MapBiomas, 2024). A perda na biodiversidade ocorrida em períodos anteriores a década de 1980 é muito difícil de ser estudada detalhadamente devido a falta de registros e estudos.

O chamado “ciclo do pau-brasil”, no século XVI, foi caracterizado pelo extrativismo da madeira de pau-brasil (*Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis, ex *Caesalpinia echinata* Lam.), espécie ameaçada de extinção e que dá nome ao país (Macedo, 2018). Este ciclo marcou o início da exploração dos recursos naturais brasileiros, desencadeando uma

série de impactos ambientais que ainda se refletem na conservação e recuperação da Mata Atlântica. Os ciclos da cana-de-açúcar e do café também se concentraram nesse bioma, que devido a esse histórico de uso da terra e abertura de estradas e fundação de cidades, atualmente, após cinco séculos, possui apenas 24% de sua vegetação nativa (MapBiomas, 2024). Existem registros de "pragas" que assolavam as plantações de café no inicio do século XX e a dificuldade de desenvolver formas eficazes para combatê-las e de divulgar as formas de combate aos agricultores e a ameaça econômica que representavam (Silva, 2006).

O ciclo do ouro, no século XVIII, marca as primeiras movimentações de ocupação do centro do país. As atividades de mineração intensas em Mato Grosso, assim como o estabelecimento das primeiras criações de gado, com o intuito de alimentação e transporte, inicia o movimento de antropização do cerrado e pantanal (Simonsen, 2005). O ciclo da borracha, caracterizado pela extração intensa de látex das seringueiras amazônicas nativas para a produção de borracha no exterior, marca o desenvolvimento das capitais amazônicas, mas também o inicio da devastação do maior bioma do país.

A expansão do cultivo da soja nas últimas décadas é tão significativa que se aponta como um novo ciclo econômico, o ciclo da soja. Embora seu cultivo no Brasil tenha se iniciado na década de 1950 nos estados de São Paulo e Rio Grande do Sul, o início de seu destaque na agricultura nacional se dá na década de 1970, quando além da expansão na produção no Sul e Sudeste Brasileiro, iniciou-se o seu cultivo nas regiões de cerrado do Centro-Oeste (Siqueira, 2004). Atualmente, o Brasil é o maior produtor e exportador mundial de soja, ultrapassando os Estados Unidos em 2021 (Redin, 2023). O agronegócio representa 25% do produto interno bruto (PIB) do país e 50% das exportações (Galvão, 2017), sendo a soja mato-grossense uma das principais responsáveis por esses números (Bueno et al., 2021).

O ciclo da soja resulta em uma devastação em larga escala e grande velocidade sem precedentes. O Cerrado e a Amazônia, com a expansão das fronteiras agrícolas, são os biomas mais afetados pela devastação para cultivo de *comodities* agropoecuárias, sendo os dois biomas que mais tiveram perdas na cobertura vegetal nos últimos anos (MapBiomas, 2024), ocorrendo em taxas anuais muito maiores do que o desmatamento de outros biomas ocorrido há séculos atrás. Outro grave problema ambiental trazido pela agricultura tal como é praticada atualmente é a contaminação química. Normalmente associado às indústrias, a alta carga de fertilizantes e agrotóxicos aplicados nas lavouras causa o envenenamento sem precedentes do ambiente natural, e possui o potencial de ameaçar a conservação e resultar na perda da biodiversidade.

3.1.2 Mato grosso, Ocupação, Economia e Conservação

No inicio do século XX Mato Grosso passou por um processo migratório marcado pela extração madeireira seguida da criação de gado de corte, para atender ao mercado paulista. No Governo Getúlio Vargas, durante o Estado novo, ocorreu a Marcha para o Oeste com o objetivo de integração do interior do país. Mas foi a década de 1960 que se intensificou o fluxo migratório no estado, com a vinda de gaúchos e paranaenses que desenvolveram o cultivo de arroz e soja (Cunha, 2006). Nesse período, o governo federal, que visava a integração nacional do regime militar através Prodoeste (Programa de Desenvolvimento do Centro-Oeste) e da Sudam (Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia), investiu em grandes projetos agropecuários no Araguaia, Mato Grosso e Amazônia (Oliveira, 1997). Ocorreu, assim, uma marcha modernizada para o oeste.

Na década de 1980 ocorreu em Mato Grosso um movimento de colonização para pequenos produtores, promovido por empresas públicas e privadas. Esses imigrantes sofreram diversas dificuldades para se estabelecer, como a dificuldade de crédito para pequenos agricultores, isolamento da maioria das áreas colonizadas e a dificuldade com as características da terra. Essa população fez surgir diversos municípios nas regiões de fronteiras agrícolas, com uma população pequena (Cunha, 2006). Devido a esse histórico, embora a ocupação de Mato Grosso tenha sido realizada através de assentamentos rurais, uma parcela pequena da população reside em zonas rurais, com 82% hoje residindo na área urbana (IBGE, 2024).

Na década de 1990 ocorreu uma maior urbanização e desenvolvimento no setor industrial e de serviços nas microregiões de Cuiabá, Rondonópolis e Alto Pantanal. Na região norte do Estado, conhecida como “Nortão”, ocorria expansão das fronteiras agrícolas sobre a Amazônia, com as atividades de garimpo em declínio e novos projetos de assentamento rural. Enquanto a região central de Mato Grosso, uma região predominantemente de cerrado, que abrange as microregiões de Parecis, Primavera do Leste, Alto Teles Pires e Canarana, cada vez destacavam-se mais no cultivo da soja, e ainda do algodão e do milho (Cunha, 2006).

O estado ficou então caracterizado por uma economia fundamentada na agropecuária, com a predominância de latifúndios e uma produção agrícola altamente tecnificada, desenvolvida pelo investimento governamental, com pouca utilização de mão-de-obra e baseada na monocultura de exportação, com 65% dos seus municípios com IDH médio ou baixo. Além de o estado ser marcado pela desigualdade social (Abad 2016), existem os conflitos com a população originária, e os diversos dilemas ambientais, entre os principais a contaminação ambiental devido à aplicação dos agrotóxicos.

Com a crescente intensificação da agricultura e expansão da fronteira agrícola,

desde 2002, o PIB de Mato Grosso cresceu o triplo da média nacional, sendo que o agronegócio movimenta 56% do PIB estadual (Sedec, 2023). Atualmente, a população de Mato Grosso corresponde a 1,8% da população brasileira, e seu PIB corresponde a 2,6% do PIB nacional, no 11º lugar no ranking entre os estados (IBGE, 2024), porém representando o segundo PIB per capita do país, embora não se observe uma distribuição de renda igualitária (Alves, 2023).

Mato Grosso também possui a maior área degradada entre os estados brasileiros. Entre janeiro e setembro de 2024 foi o estado com mais queimadas no país, responsável por 25% das queimadas ocorridas no Brasil, com uma área de 3,1 milhão de hectares (MapBiomas, 2024). Essa recorrente incidência de queimadas contribui significativamente para a degradação dos biomas locais, como o Cerrado e a Amazônia, que já enfrentam pressões crescentes. Além disso, é líder no consumo de agrotóxicos no Brasil, o que reflete o impacto ambiental associado à agricultura intensiva e ao uso extensivo de produtos químicos. Esse cenário preocupa tanto pelas consequências para a biodiversidade e a qualidade dos recursos hídricos, quanto pelos riscos à saúde das populações locais. O conjunto desses fatores evidencia a necessidade urgente de políticas ambientais e agrícolas mais sustentáveis no estado.

3.1.3 O Histórico dos Agrotóxicos no Brasil

Com a expansão das lavouras no Brasil, no inicio do século XX houve o aumento da preocupação com perdas ocasionadas por pragas. Sendo válido ressaltar o processo prévio de devastação ambiental das regiões cultivadas, e que a perda da biodiversidade resultando no aumento das pragas (Sartor et al., 2009).

Inicialmente as tentativas de combater organismos que atacavam as lavouras eram baseadas no teste da utilização de diversos procedimentos, como aplicação de cal ou água com sabão, e substâncias, como sulfuretos usados como formicidas devido a carência de estudos sobre a sua eficácia e de uma indústria produtiva pronta para atender a demanda nacional. Esse cenário resultou no surgimento dos primeiros órgãos públicos de pesquisa da defesa agrícola, como o Instituto Biológico de Defesa Agrícola e Animal, em São Paulo, no ano de 1927 (Silva, 2006).

Até meados da década de 1940 predominou para combate de pragas no Brasil a produção e consumo de produtos como a nicotina (extraída das folhas de tabaco), a rotenona (um inseticida natural extraído das plantas do gênero Derris), piretro (um composto extraído da flor de crisântemo) e o arsênico (um metal altamente tóxico considerado um veneno poderoso) (Bull et al., 1986). Porém, após a segunda guerra mundial os agrotóxicos organossintéticos passam a prevalecer no mercado mundial e nacional. Esse movimento, denominado “Revolução Verde”,

surgiu pós-segunda guerra com o desenvolvimento de tecnologias baseadas na química e na biologia para otimizar a produção de alimentos, tendo em vista a demanda gerada pelo rápido crescimento populacional. Para tal, além de técnicas como o melhoramento de sementes e motorização do cultivo e da colheita, intensificou o uso de fertilizantes e agrotóxicos na agricultura (Serra et al., 2016).

No ano de 1946 a Empresa Eletroquímica Fluminense iniciou a produção nacional de BHC (hexaclorobenzeno), e em 1948 a empresa Rhodia passou a fabricar no Brasil o inseticida Parathion, e em 1950 uma fábrica de armas químicas do exército do Rio de Janeiro iniciou a fabricação de DDT (diclo difeniltricloroetano) (Bull et al., 1986). Entretanto, a produção nacional de agrotóxicos não era suficiente para suprir a crescente demanda do consumo, o que culminou na criação, nos anos 1970, do Programa Nacional de Defensivos Agrícolas (PNDA) com o intuito incentivar a importação e, posteriormente, de fortalecer a indústria química na produção de pesticidas no país (Oliveira et al., 2018). Ocorre nessa época também a criação de instituições de pesquisa como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), fundada em 1973 (Lignani et al., 2022).

Esse processo de modernização da agricultura foi em grande parte responsável pelo êxodo rural e concentração da população em áreas urbanas, uma vez que a mão-de-obra foi substituída por maquinários, necessários frente ao forte aumento da demanda por alimentos. Além disso, considerando a importância na produção de produtos agrícolas para exportação e para a economia do Brasil, as empresas transnacionais produtoras de insumos industriais utilizados na agricultura tiveram incentivos para se instalar no país (Kageyama, 1990).

O governo instaurado durante o período da ditadura militar reconhecia na agricultura um papel fundamental para o crescimento da economia nacional. Por esse motivo interveio diretamente no setor, estimulando a indústria de insumos químicos para a agricultura e oferendo subsídios que incluíram oferta de crédito, políticas de preços, programas regionais, como no caso de Mato Grosso no período inicial de sua colonização (Lignani et al., 2022).

A Comissão de Desenvolvimento Industrial (CDI), criada em 1964, isentou as taxas de importação dos equipamentos utilizados na fabricação de agrotóxicos, além de isentar as empresas produtoras dos impostos de consumo (Bull et al., 1986). A aquisição dos insumos industriais agrícolas, por parte dos produtores, também foi facilitada. Um exemplo é o exemplo o Sistema Nacional de Crédito Rural, criado em 1965 pela Lei n. 4.829 de 5 de novembro, que determinou que 10% dos recursos captados via depósitos no sistema bancário nacional deveriam ser utilizados no financiamento agrícola (Delgado, 1985).

Na contramão do que ocorria nos países de primeiro mundo, as questões ambientais foram

negligenciadas nesse período. Em 1972 na primeira Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, em Estocolmo, na Suécia, a delegação brasileira se posicionou afirmando que não caberia a países mais pobres, como o Brasil, a preocupação com questões ambientais, mais sim com o desenvolvimento econômico (Duarte, 2015). A publicação do livro da norte-americana Rachel Carson, Silent spring (Primavera silenciosa), em 1962, discutindo a degradação ambiental ocasionada pelo uso de agrotóxicos nos Estados Unidos, principalmente do DDT, um pesticida de alta persistência ambiental (Carson, 2010), evidenciou a necessidade de encontrar alternativas que causassem menor impacto ao ambiente e à saúde humana. A publicação surtiu enorme efeito popular, com pressões da população e entidades de saúde, culminaram na proibição desse composto naquele país uma década após (Alves filho, 2002).

No Brasil, o DDT foi teve seu uso permitido até 1985, quando a Portaria nº 329, de 2 de setembro proibiu o uso agrícola de organoclorados, mas apenas em 2009 foi proibida a comercialização, a importação, a exportação e o estoque do produto, embora seu uso tenha continuado de forma clandestina (Ferreira et al., 2022). Ainda hoje o Brasil utiliza amplamente ingredientes ativos que são banidos nos Estados Unidos e na União Européia, embora esses compostos sejam produzidos naqueles países exclusivamente para a exportação.

A legislação que rege a comercialização dos agrotóxicos é chamada de marco regulatório. O primeiro marco regulatório do Brasil foi o Regulamento para Defesa Sanitária Vegetal, estabelecida no decreto nº 24.114 de 1934, que determinava os procedimentos para as empresas obterem registro e licença para a comercialização de inseticidas e fungicidas no Brasil (Brasil, 1934). Esse decreto entrou em vigor antes da utilização dos agrotóxicos organossintéticos e vigorou por mais de cinquenta anos, sendo revogado apenas em 1989.

Foi apenas na portaria nº 749 de 1978 que é pela primeira vez se estabeleceu na legislação brasileira, por iniciativa do Ministério da Agricultura, uma classificação toxicológica para os agrotóxicos. Seguindo o padrão internacional, foram definidas quatro classes de toxicidade: produtos extremamente tóxicos – classe I; produtos altamente tóxicos – classe II; produtos medianamente tóxicos – classe III; produtos pouco tóxicos – classe IV (Brasil, 1978). No entanto, por decisão do Ministério da Saúde a portaria foi revogada cinco meses depois, sob o argumento de que o Ministério da Agricultura não tinha competência para realizar a classificação (Silva, 2007).

Uma nova classificação foi realizada no ano de 1980 através de portarias nº 4 e 5 da Divisão Nacional da Vigilância Sanitária e do Ministério da Saúde, na qual 85% dos agrotóxicos foram classificados como extremamente (calsse I) e altamente tóxicos (classe II); 12% como medianamente tóxicos (classe III); e apenas 3% como pouco tóxicos (classe IV). Porém, foi

somente em 1981, através da portaria nº7 do Ministério da Agricultura, que ficou estabelecida a necessidade de receituário agronômico para o consumo dos agrotóxicos das classes I e II, e para as classes III e IV. Antes disso, a comercialização era livre. A nova classificação da portaria nº 2 de 1981 da Vigilância Sanitária, fez com que 80% dos agrotóxicos das classes I e II, passassem a ser classificados como classes III e IV (Silva, 2007). Embora essa reclassificação, com a finalidade de impedir o controle do uso excessivo das substâncias mais perigosas tenha sido revogada em 1985, quando a classificação anterior voltou a vigorar, algo semelhante ocorreu em 2019.

Tendo em vista a preocupação com as questões ambientais e a saúde pública, devido ao registro de mortes relacionadas à alguns agrotóxicos, e detecções desses compostos no ambiente, em 1989 é promulgada a lei 7.802, conhecida como Lei de Agrotóxicos (Meneses, 1996). Nesse contexto, a crise econômica pela qual o país atravessava encerrou o período de grandes incentivos à modernização da agricultura, e com isso o processo de industrialização de agrotóxicos foi substituído pelas importações.

Com a nova legislação, o registro dos agrotóxicos passou a ser efetuado nos ministérios da Agricultura, Meio Ambiente e saúde, sendo que qualquer um poderia indeferi-lo. A nova lei também determinou que o Ministério da Saúde fosse responsável pela classificação toxicológica e seus critérios, e que o agrotóxico que estivesse associado à câncer, mutação genética, toxicidade para o sistema reprodutivo, alterações hormonais e má formação fetal, seria proibido. No entanto, o Decreto 4.074 de 2002, que regulamentava a lei, estabelecia que a proibição só seria válida para novos produtos.

Em 1996 a Portaria nº 84 de 15 de outubro do IBAMA estabeleceu a classificação dos agrotóxicos de acordo com seu potencial de periculosidade ambiental. Estabelecida com base nos parâmetros de bioacumulação, persistência, transporte, toxicidade a diversos organismos, potencial mutagênico, teratogênico e carcinogênico, a classificação caracteriza os agrotóxicos como: Classe 1 - Produto Altamente Perigoso; Classe II - Produto Muito Perigoso; Classe III - Produto Perigoso; Classe IV - Produto Pouco Perigoso (Brasil, 1996).

A Lei n° 10.925/2004 e o Decreto 5.630/2005 contribuiram para importações de novos agrotóxicos e o aumento de registros desses produtos no país, propondo alíquota zero na tributação e denominando os agrotóxicos como defensivos agrícolas, alteração proposta por projetos de Lei desde 2002 (Rocha et al., 2022).

Em 2019 a legislação dos agrotóxicos passou novamente por uma mudança que ficou conhecida como Novo Marco Regulatório. A lei nº13.874/2019, facilitou a concessão de novos registros agilizando a liberação por diversos mecanismos. Como exemplo disso, o artigo 10º, inciso 1º, que estabelece o prazo para aprovação de requerimentos de novos registros e dispõe que,

uma vez decorrido esse período, a ausência de manifestação conclusiva do órgão ou entidade responsável sobre o deferimento do ato público de liberação implicaria em aprovação tácita, ou seja, automaticamente aprovados. Desta forma, sem uma avaliação dos órgãos responsáveis, a autorização de produtos pode ocorrer sem o rigor técnico-científico necessário, comprometendo a segurança, e resultando também no enfraquecimento da capacidade dos órgãos de realizarem avaliações adequadas dentro de um prazo compatível, aumentando os riscos para a saúde e o meio ambiente.

A lei de 2019 também altera a classificação quando a toxicidade, criando uma quinta classe, Categoria V- Improvável de causar dano agudo, além de incluir o item "não classificado" para produtos que são considerados como de baixíssimo potencial de dano, como os produtos de origem biológica. Com as novas categorias os agrotóxicos já registrados passaram por uma reclassificação, realizada pela ANVISA. Alguns agrotóxicos tiveram sua classificação de toxicidade reduzida, como o mais utilizado do Brasil, o glifosato, que até 2018 pertencia a Classe I- extremamente tóxico e passou a ser classificado como Categoria V- Produto improvável de causar dano, e não ser reconhecida como uma substância carcinogênica. No entanto, a Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC), baseado em evidências experimentais em animais e humanos, caracteriza o glifosato como provavelmente cancerígeno (Carvalho, 2010).

A legislação atual sobre agrotóxicos no Brasil, conhecida como a Nova Lei dos Agrotóxicos é a Lei nº 14.785, de 27 de dezembro de 2023. Essa nova lei regulamenta a aprovação, uso e comercialização de produtos com substâncias agrotóxicas. Entre as principais mudanças com essa lei estão a redução do tempo de análise de registro, que variava de até seis meses a até três anos, de acordo com o tipo do produto, para liberação de registros temporário ou definitivos com apenas 30 dias de análise do Ministério da Agricultura.

A lei de 2023 também retira as atribuições do IBAMA e da ANVISA e estabelece o Ministério da Agricultura como único órgão responsável pela reanálise de risco de agrotóxicos já aprovados e pela avaliação das mudanças no processo produtivo e alterações de matérias-primas dos agrotóxicos. Embora essa última alteração tenha sido vetada pela presidência da república, com o argumento de que ela é inconstitucional por colocar em riso os direitos à vida, à saúde e ao meio ambiente ecologicamente equilibrado previstos no *caput* dos art. 5º e art. 6º da Constituição, ofendendo-se o princípio da precaução (Brasil, 2023), em maio de 2024 o veto foi derrubado pelo congresso nacional.

Todo esse contexto ajuda a entender por que o Brasil se tornou líder mundial no consumo de agrotóxicos, com aumentos exponenciais a cada ano. Há uma série de incentivos financeiros e uma legislação permissiva que coloca em segundo plano as questões ambientais e a saúde pública,

sustentando uma política que compromete a conservação dos recursos naturais e impacta negativamente o meio ambiente.

3.1.4 A Política no Contexto dos Agrotóxicos

Para compreender a razão do histórico do uso de agrotóxicos no Brasil e sua legislação é necessário conhecer as forças políticas por trás desse processo. A Era Vargas foi marcada pela implementação de diversas legislações importantes para o país, entre elas a primeira lei dos agrotóxicos, em 1934. No mesmo ano foram criados também o Código Florestal, a primeira legislação florestal do Brasil e o Código de Águas, regulando o uso de águas no Brasil (Simioni, 2011).

As décadas de 1970 e 1980 foram marcadas por um movimento mundial de conscientização sobre a importância da preservação ambiental, que geraram pressões internas e externas, impactando no estabelecimento de normas internacionais e desenvolvimento de legislações nacionais, o que contribuiu com o surgimento das primeiras classificações toxicológicas dos agrotóxicos no Brasil (Neves, 2016). A Lei dos agrotóxicos de 1989, que pela primeira vez considera o risco das substâncias ao meio ambiente, também está associada a esse contexto, e a uma série de transformações jurídicas que o país passava no momento de redemocratização, incluindo a promulgação da constituição de 1988.

A legislação de agrotóxico no Brasil, desde a redemocratização até os dias atuais, passou por diversas alterações e projetos de lei com o intuito de alterá-la. Isso é explicado pelo fato de que o agronegócio é fortemente representado na política brasileira. O Congresso Nacional é formado por senadores e deputados federais que formam diferentes grupos articulados que não são relativos à partidos políticos, mas se organizam para defesa de seus interesses e reivindicações. Entre esses grupos, um dos maiores e mais influentes está a chamada “bancada ruralista”, conhecida como Frente Parlamentar da Agropecuária (FPA).

Com crescimento expressivo nas últimas eleições, bancada ruralista formou maioria no congresso nacional, com atualmente um total de 350 parlamentares, sendo 290 dos 513 deputados federais e 50 dos 81 senadores (FPA, 2024). Isso significa que, articulada, a FPA tem o poder de aprovar ou não qualquer lei de acordo com os seus interesses. Dentre as pautas em destaque de interesse desse grupo estão a flexibilização do licenciamento ambiental, fim da homologação de terras indígenas e quilombolas e a ampliação do uso de agrotóxicos (Martins, 2023). Entre os parlamentares que representam Mato Grosso no congresso Federal, seis, dos oito deputados federais, e dois, dos três senadores, pertencem a bancada ruralista.

O projeto de lei original que resultou no novo marco regulatório, apelidado de PL do Veneno é de autoria do ex-senador Blairo Maggi (Greenpeace, 2022). Maggi,é um empresário bilionário do agronegócio, um dos maiores produtores de soja do mundo, foi Ministro da Agricultura, Pecuária e Abastecimento entre 2016 e 2019, durante o mandato do ex-presidente Michel Temer, Governador de Mato Grosso de 2003 a 2010 e senador por Mato Grosso de 2011 a 2019.

Esse cenário de poder econômico e político explica o fato de que, independente do mandatário da Presidência da República, o consumo de agrotóxicos sempre foi crescente no Brasil. Os agrotóxicos representam um importante desafio à conservação e buscar alternativas viáveis para sua substituição é a melhor, senão a única forma de reversão desse quadro.

3.2 Percepção dos Produtores Rurais Com Relação aos Agrotóxicos

Embora o questionário tenha sido amplamente divulgado de forma on-line, observa-se que muitos proprietários têm receio de responder e estarem sendo de alguma forma julgados ou culpabilizados. Desta forma, obtivemos apenas 15 respostas, porém, estas apresentaram um conteúdo importante e relevante para este estudo.

Os produtores rurais que participaram dessa pesquisa têm idade entre 25 e 65 anos, desenvolvem agricultura, pecuária ou ambos e variam entre pequenos, médios e grandes proprietários. Na Figua 1 o perfil dos entrevistados.

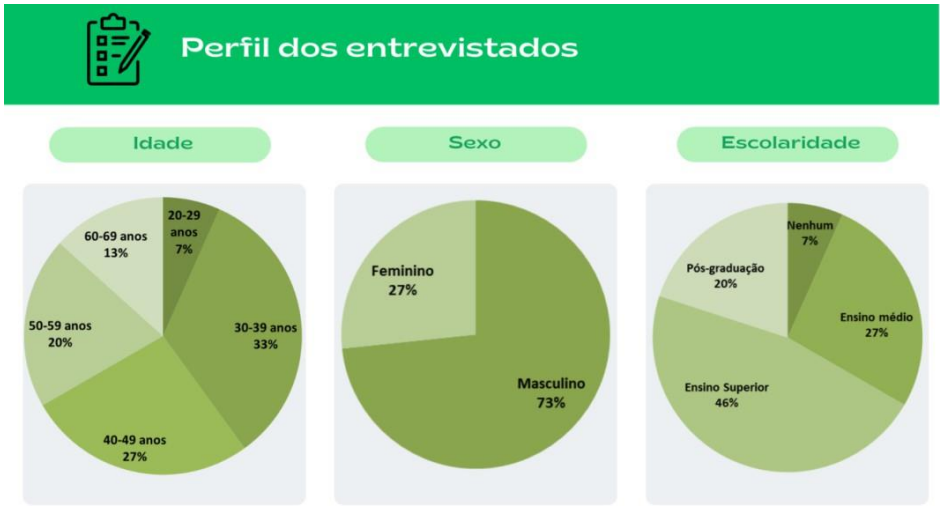
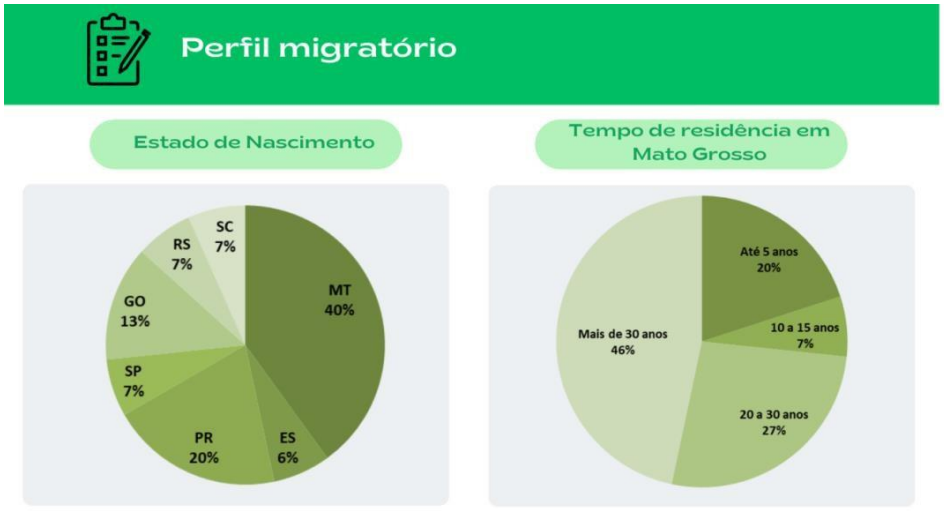


Figura 1. Perfil dos Proprietários Rurais entrevistados, com relação a idade, sexo e grau de escolaridade.

A maioria dos entrevistados, 66%, possui nível de graduação (Fig. 1), o que demonstra que

a o uso de agrotóxicos não está relacionado ao grau de instrução, uma vez que maioria os utiliza. Não ficou evidenciado também relação entre escolaridade e idade, uma vez que em todas as faixas etárias tem produtores com ensino superior e com graus de escolaridade menores.



2. Local de nascimento e o tempo que os produtores residem em Mato Grosso.

Conforme abordado na seção anterior, Mato Grosso possui um histórico de colonização por paulistas e principalmente sulistas. Um terço dos produtores entrevistados são nascidos no sul do país, 13% no sudeste e 53 % no próprio centro-oeste, que incluiu Mato Grosso e Goiás (Fig. 2). Há a possibilidade dos 40% nascidos em Mato Grosso serem uma segunda geração de agricultores migrantes do Sul e Sudeste do Brasil, já que a média de idade desse grupo é menor do que a dos que não nasceram no estado, com 35 e 48 anos, respectivamente.

A maioria dos entrevistados reside no estado há mais de 30 anos, o que coincide com o período de desenvolvimento da agricultura em Mato Grosso, no entanto, ainda que em um fluxo menor, a imigração com o intuito de desenvolver atividades agropecuárias ainda ocorre.

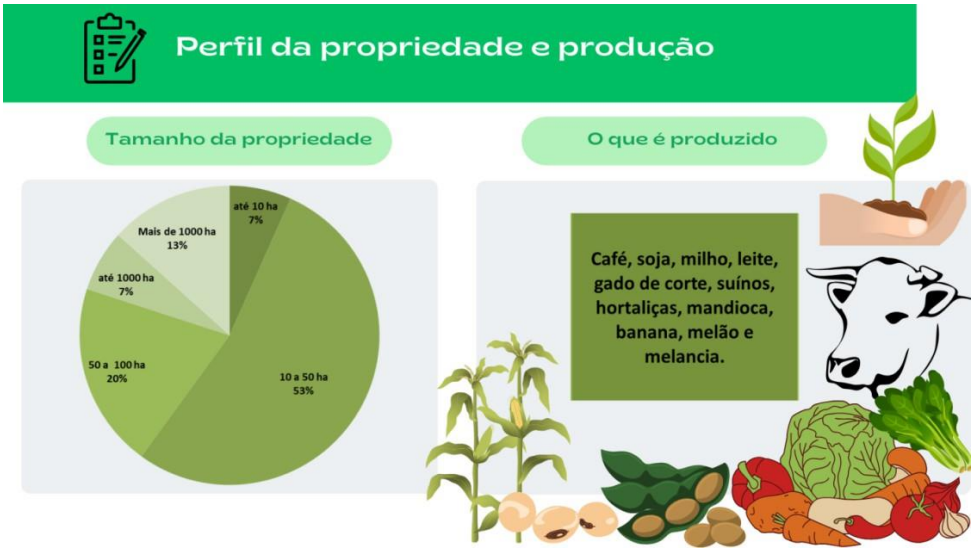


Figura 3. Tamanho das propriedades dos entrevistados, em hectares, e produtos cultivados.

Embora 80% dos entrevistados tenham se declarado pequenos produtores, 13% médios e 7% grandes, 87% das suas propriedades é considerada grande e 13% média de acordo com a classificação Oficial (Incra, 2007). O maior produtor entrevistado possui 4800 hectares em propriedades, que é mais que o dobro das somas das áreas das propriedades de todos os demais, ilustrando a desigualdade na distribuição de terras. Em nossa amostra estão presentes grandes proprietários e agricultores familiares. Desta forma, podemos observar a percepção do risco ambiental dos agrotóxicos sobre essas diferentes óticas.

A maior propriedade se dedica ao cultivo de soja e milho, outras grandes propriedades dedicam-se a criação de gado de corte e leiteiro, outros produtores declararam dedicar-se a fruticultura, cultivo de hortaliças, mandioca e café. Observa-se uma tendência de que quanto menor é a propriedade, maior a variedade das espécies cultivadas, confirmando o fato de que a monocultura e as grandes propriedades o caminham juntos. É importante ressaltar que quanto menor a diversidade maior é a incidência de pragas e maior é a necessidade do uso de agrotóxicos, que por sua vez reduz ainda mais a biodiversidade. Esta forma de manejo dos cultivos gera um circulo vicioso de dependência dos agrotóxicos.



Figura 4. Quantidade de produtores que utilizam agrotóxicos e quais são utilizados.

A grande maioria, 80% dos entrevistados, utilizam agrotóxicos em suas propriedades (Fig.4). Os 20% que afirmaram não utilizar praticam apenas a pecuária ou pecuária e agricultura juntos. Entre os agrotóxicos que os produtores declararam utilizar a maioria mencionou compostos genéricos herbicidas, inseticidas e fungicidas, o herbicida mais utilizado no Brasil e no mundo, o glifosato, foi frequentemente citado, junto com o picloram e o 2,4D, outros dois herbicidas

utilizados para controlar as chamadas “ervas daninhas” tanto em lavouras quanto em pastagens. Algumas marcas também foram citadas (Fig. 4).

Quando questionados se conhecem o risco ambiental dos agrotóxicos, 100% dos entrevistados afirmaram que sim. Esse resultado ao mesmo tempo que pode ser encarado como positivo, pois demonstra o esclarecimento dos produtores sobre essa problemática tão séria, pode também ser enxergado como algo preocupante. Ainda que conheçam os riscos a maioria utiliza esses compostos e não prioriza a busca de alternativas como veremos a seguir.

Outra pergunta era se os produtores se preocupam com os riscos ambientais dos agrotóxicos, e novamente 100% responderam que sim, o que novamente apresenta-se como um paradoxo, pois é positivo ver que esse grupo é sensível à questão ambiental e, no entanto, continuam utilizando amplamente esses poluentes químicos.

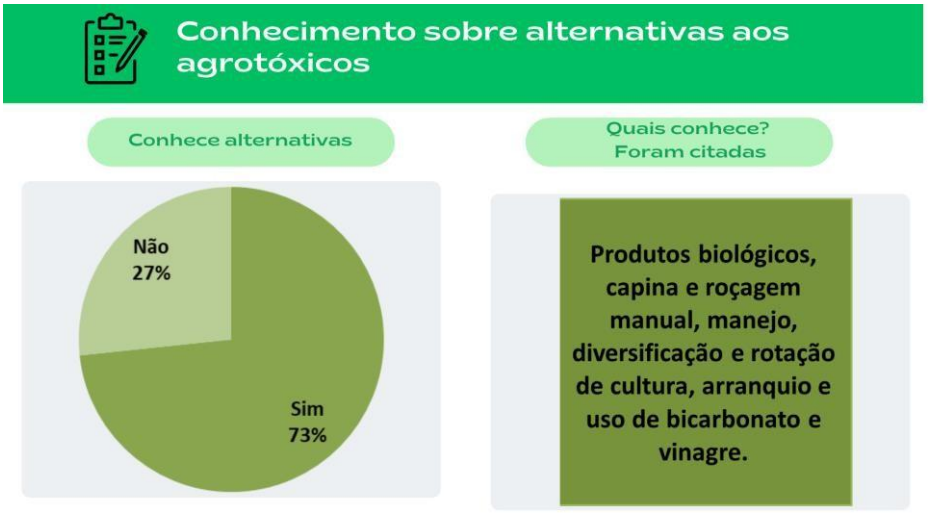


Figura 5. Conhecimento dos produtores sobre formas alternativas aos agrotóxicos para defesa das culturas, se conhecem e quais conhecem.

Quando questionados se conhecem formas alternativas aos agrotóxicos para combater as pragas, a maioria (73%) respondeu que sim (Fig. 5). Embora 60% tenha afirmado que já utilizou alguma dessas formas, apenas 40% que ainda utilizam (Fig. 6). As formas mais conhecidas pelos produtores entrevistados são Produtos biológicos e serviços manuais de eliminação de plantas indesejadas. Foi citado também o manejo, a diversificação e rotação de culturas e o uso de produtos como bicarbonato e vinagre (Fig. 5).

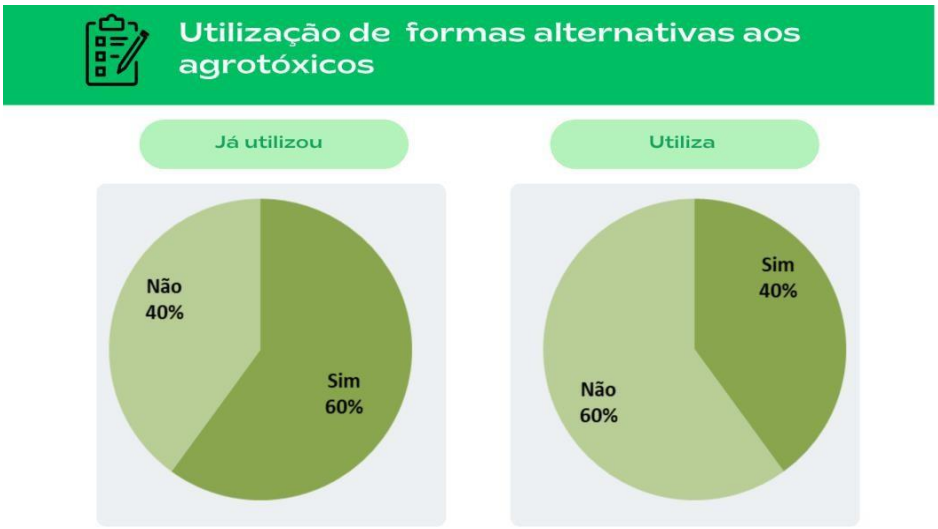


Figura 6. Utilização por parte dos produtores de formas alternativas aos agrotóxicos para a defesa das culturas, se já utilizaram e se ainda utilizam.
Fonte: A autora.

Na sequência, os produtores foram questionados sobre que formas alternativas aos agrotóxicos para o controle de pragas eles já utilizaram, se deixaram de utilizar (e o porquê), o que os impede de utilizar formas alternativas e se estariam dispostos a utilizar, bem como os motivos. As respostas mais recorrentes ou relevantes estão apresentadas no Quadro 1:

Quadro 1. Respostas quanto ao uso de formas alternativas aos agrotóxicos para o controle de pragas.

Quais formas alternativas para o controle de pragas você já utilizou? E por que não utiliza mais?	**O que te impede de utilizar formas alternativas para o controle de pragas?***	**Estaria disposto a utilizar formas alternativas para o controle de pragas? Por quê?**
Usei de fungos Metarhizium para o controle biológico da cigarrinha das pastagens. Na época ficou muito difícil de encontrar o produto, por que estava tendo muita procura e não estavam conseguindo atender toda a demanda.	**Respostas fechadas:** • Acha que não são tão eficientes – 33% • Falta de conhecimento- 33% • Dificuldade de acesso às tecnologias- 23% • Falta de incentivo- 14% • Preços- 27%	Embora a resposta fosse aberta, as respostas pecentualmente foram: • Sim- 74% • Não- 13% • Talvez/Depende- 13%

Uso e continuo usando controle biológico sem agrotóxicos.	**Respostas fechadas:**	**Demais respostas:**
	Já uso.	Sim, principalmente pela saúde das pessoas envolvidas, preservação da fauna, flora e nascentes de água.
O uso de alternativas como o vinagre, o alcool, o bicabornato demora ter efeito.	Não sei.	
No passado era usual roçar as plantas daninhas, hoje percebo que a indústria/comércio favorecem e facilitam o uso de herbicidas, além disso, diminui a mão de obra, reduz o tempo de serviço e é aparentemente mais eficaz.	Tem funcionado em conjunto com o químico produto biológico sozinho não tem total controle.	Sim, para minimizar impactos ambientais.
Uso Produtos biológicos para controle de lagarta, percevejos e cigarrinha do milho.		Sim. Para ajudar no meio ambiente.
Outro tipo de controle é muito caro e demorado.		Sim, ajuda na vida útil do solo e descontamina as águas.
São os próprios cultivos que conseguem controlar. Mas às vezes os fenômenos climáticos não ajudam muito.		Sim, porque acredito ser formas alternativas muito viáveis e eficiente no combate de pragas.
Só a roçada, não elimina as invasoras.		Depende da urgência no controle da praga.
		Sim, pois conseguimos diminuir o uso de químicos e melhorar o controle e também o residual de

		controle.
		**

* A pergunta apresentava alternativas que poderiam ser escolhidas de forma múltipla e espaço para respostas abertas.
** A resposta desse entrevistado foi extensa e bastante relevante para nosso estudo, por esse motivo apresentaremos a parte, fora do quadro de respostas, a seguir:

"Sim, estaria disposto a utilizar formas alternativas para controle de pragas. Porém deveria haver uma política nacional de incentivo a redução do uso de agrotóxicos e um fortalecimento efetivo da assistência técnica e extensão rural estatal, pois não é do interesse do mercado reduzir a venda de agrotóxicos e estão estruturados em uma cadeia de comercialização que atende do pequeno ao grande produtor de forma muito eficiente.

Muito além do imaginário popular que pensa no produtor rural com alguém de vida tranquila e sossegada, estamos com uma infinidade de preocupações para atender as burocracias do estado e para tentar não fechar o mês no vermelho, e diante de um problema como o surgimento de praga nos pastos/lavoura aquele que nos apresenta uma solução mais rápida e fácil nos conquista, e hoje os que fazem isso são os inúmeros "vendedores de veneno" que duas a três vezes por semana batem na minha porta com "soluções" para os meus problemas com muita disponibilidade e prestatividade para me dar assistência, regular pulverizador, emprestar equipamento (se for o caso), acompanhar a aplicação, avaliar os resultados etc.

Não acredito que agrotóxico seja nossa única alternativa, nem mesmo que seja a melhor alternativa, tenho plena consciência de seus riscos. Porém o produtor rural está tentando sobreviver e acaba indo pelo caminho aparentemente mais fácil."

Essa fala traz uma perspectiva autêntica e complexa sobre o uso de agrotóxicos na agricultura, destacando tanto os desafios enfrentados pelos produtores quanto a necessidade de políticas públicas que possam oferecer alternativas viáveis. Esse agricultor, assim como a grande maioria dos participantes da pesquisa, deixa claro que estaria disposto a adotar formas alternativas de controle de pragas, o que mostra uma abertura para práticas sustentáveis. No entanto, ele ressalta que, sem incentivos claros e assistência técnica qualificada, essa transição é dificultada. Isso evidencia que a questão não é uma resistência à mudança, mas sim uma dependência estrutural das práticas convencionais, que são suportadas e promovidas por uma cadeia de comercialização eficiente e dominada por grandes coprporações.

A resposta acima menciona também uma necessidade urgente de políticas nacionais de incentivo à redução do uso de agrotóxicos. Isso aponta para a falta de apoio governamental necessário para implementar métodos sustentáveis em larga escala. Sem uma política pública que ofereça suporte, incluindo incentivos financeiros e subsídios para práticas alternativas, a mudança

para práticas menos dependentes de agrotóxicos se torna economicamente inviável para muitos produtores.

A descrição do produtor rural como alguém sobrecarregado por burocracias e com dificuldades financeiras desconstrói o estereótipo de uma vida tranquila no campo. Esse contexto mostra como a complexidade do setor rural afeta as decisões dos produtores, que enfrentam obstáculos além do manejo da produção em si. O excesso de exigências pode fazer com que os agricultores optem por soluções rápidas para não comprometer sua produtividade, e, consequentemente, sua renda. Além disso, preço foi apontado por 27% dos entrevistados como um obstáculo para usos alternativos.

É importante notar como a presença e a abordagem dos vendedores de agrotóxicos influencia diretamente a decisão dos agricultores. Esses vendedores oferecem soluções práticas, prontamente disponíveis e que vêm acompanhadas de assistência e facilidade, o que os torna mais atraentes. O apoio que esses fornecedores oferecem (regulagem de equipamentos, empréstimos, acompanhamento) é uma forma de serviço que o agricultor pode necessitar e que é, muitas vezes, fornecido de maneira limitada pela assistência técnica estatal.

O modelo atual, baseado em uma dependência significativa de insumos químicos, está mais a serviço da lucratividade do mercado de agrotóxicos do que das necessidades dos produtores e do meio ambiente. O agricultor busca alternativas, mas essas precisam ser apoiadas por políticas que contemplem os desafios reais enfrentados no campo.

As respostas evidenciaram que os agricultores estão cientes dos riscos dos agrotóxicos, mas que, diante da pressão econômica, a opção "aparentemente mais fácil" se torna mais atraente, além de ser uma opção confiável quanto à eficácia. Isso reflete a realidade de muitos produtores, que sabem das consequências do uso contínuo de pesticidas, mas que, sem alternativas viáveis e economicamente sustentáveis, acabam adotando soluções que garantam, ao menos, a estabilidade da produção.

As alternativas citadas pelos entrevistados são bastante limitadas, o que indica a necessidade de desenvolvimento e divulgação de novas tecnologias. Nesse sentido, as instituições de pesquisa devem cumprir um papel crucial nesse processo de mudança de paradigma com relação ao uso dos agrotóxicos, assim como receber do estado o apoio financeiro que possibilite o desenvolvimento de alternativas eficazes e limpas.

As entrevistas sobre a percepção dos produtores, com relação ao uso dos agrotóxicos são de forma geral, bastante esclarecedoras. As respostas demostram um dilema enfrentado por muitos agricultores: o desejo de adotar práticas mais saudáveis e sustentáveis (considerando que todos os entrevistados manifestaram preocupação com o meio ambiente) confronta-se com um sistema que

oferece maior apoio para soluções químicas rápidas e convenientes. O desafio está em criar um modelo de assistência técnica e políticas públicas que deem ao produtor acesso facilitado a alternativas ecológicas, sem o ônus econômico e técnico que hoje recai sobre suas costas.

3.3 Perspectivas Para o Futuro, Políticas e Tecnologias

3.3.1 Alternativas ao Uso de Agrotóxicos

A agricultura moderna nasce dependente da indústria química, no paradigma da intensa utilização de agrotóxicos (Sampaio et al., 2018). No entanto, esse modelo cada vez mais apresenta sinais de esgotamento devido aos problemas ambientais e de saúde pública por ele gerados. Alternativas aos agrotóxicos têm sido pensadas há algumas décadas.

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) é uma abordagem ecológica para o controle de pragas agrícolas, que combina diferentes métodos para controlar as populações de pragas de forma sustentável, minimizando o uso de pesticidas químicos e reduzir impactos ambientais e à saúde humana. O MIP inclui controle biológico, controle comportamental, controle cultural, controle genético, controle vegetal, controle físico e controle químico (Kaur, 2020). A seguir apresentaremos é discutiremos algumas alternativas ao uso de agroquímicos, algumas conhecidas há décadas porém subtulizadas, ou utilizadas de formas inadequadas, outras mais modernas, algumas ainda em fase de desenvolvimento, mas todas com o intuito de representarem caminhos técnicos no sentido de avançar na redução do uso dos agrotóxicos no Brasil.

3.3.1.1 Melhoramento Genético

As plantas variam naturalmente em sua capacidade de resistir a pragas, o que significa que alguns tipos genéticos (genótipos e fenótipos) são mais suscetíveis, enquanto outros são mais resistentes a certos organismos patogênicos, herbívoros ou ectoparasitas. Essa diferença na resistência pode ser uma característica natural, desenvolvida através de interações ecológicas ao longo do tempo, ou pode ser induzida por fatores externos (Souza et al., 2021). A seleção de genótipos e fenótipos pode ser utilizada como aliada na redução do consumo de agrotóxicos, pois cruzamentos seletivos podem gerar espécies hibridas que herdem características desejadas, como no caso de maior resistência às pragas e doenças (Kirana et al., 2024).

Um exemplo disso ocorreu com o sorgo, que possui uma variedade, a AF-28, que apresenta resistência a insetos, porém não apresenta características interessantes comercialmente, realizou-se

então o cruzamento de variedades de sorgo, cujas características agronômicas são mais interessantes comercialmente devido à maior resistência, resultando em variedades híbridas melhoradas genéticamente (Rosseto, 1983). Mais pesquisas nessa direção podem ser realizadas incluindo o fator redução do impacto ambiental do cultivo como característica desejada, especialmente de resistência a pragas e doenças.

Na década de 1990 a biotecnologia, associando a engenharia genética com a tecnologia do DNA recombinante, insere na agricultura os organismos geneticamente modificados (OMG). Essa tecnologia possibilitou o aumento da produtividade e o desenvolvimento de cultivares com características agronômicas mais desejáveis, além da possibilidade da criação de produtos com proteção vegetal genética, ou seja, que dispensasse a necessidade de agrotóxicos (Runge et al., 2000). Porém, a maioria das empresas que desenvolveram sementes geneticamente modificadas eram empresas que também atuavam na produção dos agroquímicos, o que explica o desdobramento na aplicação dessa tecnologia.

A primeira geração de OGM apresentou o desenvolvimento de sementes com diferentes características quanto à defesa vegetal. Foram desenvolvidos cultivares com proteção genética resistentes a insetos e outras pragas, dispensando o uso de agrotóxicos. No entanto, foram também desenvolvidas plantas com necessidade de continuidade e estímulo ao aumento de proteção química, com sementes com maior tolerância a determinados agrotóxicos, como o caso das plantas resistentes ao herbicida Roundup (glifosato), com estimativas de um aumentou no lucro da empresa Monsanto (atual Bayer AG) em 150 milhões de dólares em 2000 (Albergoni, 2007).

A inserção de um gene da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt), que faz com que haja a emissão de uma substância tóxica aos insetos que tentam atacar as folhas das plantas, criou variedades resistentes a insetos. A inserção de um gene também de uma bactéria confere às plantas resistência ao ingrediente ativo do herbicida (James, 2006). Atualmente existem 2193 cultivares de soja registrados no Brasil, sendo 73% transgênicos, sendo que a soja genéticamente moficada corresponde a 95% da produção brasileira (MAPA, 2024).

Entre as características aprovadas nas sojas transgênicas cultivadas no Brasil 50% incluem tolerância a herbicidas, 6% resistência a insetos, 18,5 resistência a insetos + tolerância a herbicidas, 6,3% tolerância à seca, 6,3% tolerância à seca + tolerância à herbicidas, 6,3% melhoria na qualidade do óleo e 6,3% melhoria na qualidade do óleo + tolerância à herbicidas. O cultivo de milho transgênico só foi permitido no Brasil à parti de 2007. Dos 196 cultivares aprovados atualmente 66,8% são transgênicos, a maioria para resistir a herbicidas e aos insetos lepidópteros, como a lagarta-do-cartucho, lagarta-da-espiga e broca-do-colmo (CTNBio, 2020).

Esse quadro nos permite compreender porque os herbicidas são o grupo de agrotóxicos

mais utilizados no Brasil e em Mato Grosso. A engenharia genética, que é uma tecnologia com grande potencial para ser uma aliada na redução do consumo de agrotóxicos, acaba sendo uma forte estimuladora do consumo desses herbicidas. As plantas que resistem a maiores quantidades de herbicidas podem selecionar espécies de pragas super-resistentes que demandem cada vez maiores quantidades de agrotóxicos.

Uma ação viável seria a adoção de políticas públicas para diminuição do uso de agrotóxicos com regulação e aprovação de cultivares geneticamente modificadas (melhoramento genéticos) que eliminassem o uso dos agrotóxicos ao invés de aumentar. Nesse caso, o termo melhoramento genético deve ser repensado e utilizado da maneira correta, ou seja, melhoramento para quem? O correto deveria ser para os produtores, que ficam reféns do pagamento de *royalties* e de uma quantidade cada vez maior de agrotóxicos. Da mesma forma, deveria ser para o meio ambiente, cada vez mais impactado com os crescentes níveis de contaminação. Sobretudo, deveria ser para a população, exposta a doses cada vez maiores de susbstâncias químicas. Ao invés disso, o foco é na lucratividade da indústria química agrícola.

3.3.1.2 Controle biológico e comportamental

Outra forma que pode ser utilizada na redução do uso de inseticidas é o uso de armadilhas, como as que utilizam feromônios sexuais de insetos (Alam et al., 2023). Uma vez atraídos para essas armadilhas o aprisionamento resulta em redução populacional direta, além dos feromônios causarem confusão sexual, impedindo que os machos encontrem as fêmeas e acasalem, causando redução indireta ao alterar o comportamento desses organismos. Embora os impactos ambientais desse uso sejam consideravelmente menores do que os da pulverização de agrotóxicos, seu uso não é tão frequente devido ao custo e acesso. Novamente, além de apoio para mais pesquisas nesse tipo de tecnologia, incentivos para o consumo resultariam na diminuição do uso de pesticidas.

O controle biológico consiste no emprego de qualquer organismo vivo para combater os inimigos naturais de uma planta, ou seja, uma doença ou praga específica de planta por meio de parasitismo, morte ou competição por recursos ou espaço (Pandit et al, 2022). A exemplo citamos o biossurfactante estudado na pesquisa de Khedher et al. (2020) desenvolvido através da cepa bacteriana *Bacillus subtilis* V26 para combater mofo e insetos nas lavouras de tomate e uva. Sua aplicação danifica as hifas fúngicas e causa danos histológicos no intestino dos insetos na fase larval, com excelentes resultados no controle das principais doenças.

No Brasil o bioinseticida “Ponto final” foi desenvolvido pela Embrapa para o controle de lagartas que atuam como pragas nas culturas de soja, milho e hortaliças (Embrapa, 2005).

Desenvolvido através da bactéria *Bacillus thuringiensis*, que produz uma proteína que age no intestino das larvas e insetos que comem as folhas das plantas, os esporos da bactéria penetram no corpo da praga, germinam e a matam por infecção generalizada (Agrolink, 2009). O controle biológico tem sido bastante utilizado e foi citado por muitos dos produtores entrevistados na seção anterior, inclusive declararando-se como consumidores dessa forma de defesa agrícola desenvolvida pela pesquisa agropecuária. Devido a boa aceitação, essas técnicas devem ser ainda mais aprimoradas e utilizadas.

3.3.1.3 Rotação de Culturas e Plantio Direto

A monocultura é o modelo de prática agrícola predominante no Cerrado e Amazônia na Fronteira Agrícola. Contudo, esse tipo de lavoura contribui para o aumento de pragas e plantas daninhas, uma vez que os agentes propagadores de doenças tornam-se cada vez mais resistentes, o que resulta também em maiores aplicações de agrotóxicos. (Souza et al., 2021; Aman, 2020). A Rotação de culturas, que é o plantio com alternância de espécies, uma após a outra, na mesma área, pode auxiliar no redução da incidência de pragas e doenças, pois ao alternar as culturas o ciclo de vida das pragas e patógenos é quebrado, e as plantas do novo cultivo não serão suceptíveis aos inimigos da cultura anterior. (Yu, et al., 2022; Shah et al., 2021).

Para ilustrar a eficácia dessa técnica no controle de pragas citamos o estudo de Jalli et al. (2021) no qual foi avaliada a incidência e severidade de pragas e doenças no cultivo de trigo no sistema de monocultura, durante dois anos, e em rotação de culturas, durante quatro anos. Os resultados evidenciaram que o índice de doenças como mancha foliar, causada pelo fungo *Pyrenophora tritici-repentis*, foi menor na rotação de culturas.

O plantio direto, além de trazer outros benefícios para as culturas em termos de nutrição do solo, controle de erosão e armazenamento de água no solo, pode atuar como um agende redutor da aplicação de herbicidas. Esse método, comumente aplicado em conjunto com a rotação de culturas, consiste na ausência do revolvimento da cobertura do solo, com a colocação das sementes diretamente no solo não revolvido, sob a palhada da cultura anterior (Dang, et al., 2020). O surgimento de plantas daninhas, como são denominadas espécies vegetais indesejadas na agricultura, é dificultado pela barreira física criada pela palhada sobre o solo. Além disso, é possível que ocorra a liberação de compostos químicos com efeitos negativos sobre a emergência e crescimento dessas plantas, o fenômeno da alelopatia (Kumar, at al., 2020).

O método de plantio direto também pode ser associado ao sistema de integração agricultura-pecuária, com a produção de culturas forrageiras nos períodos entressafras ou em

rotação lavoura-pasto-lavoura, e o plantio sobre a palhada das gramíneas. No Brasil, destaca-se o cultivo de espécies forrageiras tropicais, como a *Urochloa brizantha*, associada com culturas de grãos, como soja, milho, feijão e sorgo (Marchão, 2024).

É possível observar que o controle biológico é mais comum para insetos e fungos, enquanto que para o controle de espécies de plantas é mais eficaz o manejo cultural e o controle físico através do emprego da palhada. O manejo integrado inclui a adoção de diversos métodos associados, pode ser mais trabalhoso do que simplesmente pulverizar substâncias tóxicas sobre a plantação, mas os ganhos ambientais justificam sua utilização. Além disso, insumos agrícolas, como fertilizantes e agrotóxicos oneram a produção e reduzem a renda líquida do produtor, ações que auxiliem na redução da compra desses produtos também são benéficas financeiramente.

3.3.1.4 Nanotecnologia e Estudos Computacionais

A nanotecnologia também possui uma grande potencial no auxílio da redução do uso de agrotóxicos. A União Internacional de Química Pura e Aplicada classificou os nanopesticidas em primeiro lugar entre dez inovações químicas mais sustentáveis, por seu baixo impacto ambiental e na saúde humana e seu potencial em mudar o mundo de forma sustentável (Gomollón-Bell, 2019). Atualmente, dos cerca de 10 mil produtos de base nanotecnológica comercializados, 231 são utilizados com fins agrícolas, sendo desses 43% nanofertilizantes e 28% nanoformulações destinadas ao aumento da resiliência das plantas contra doenças e pragas (StatNano, 2024).

Técnicas de encapsulamento de pesticidas aumentam sua eficiência e especificidade, reduzindo consideravelmente o volume de aplicação e os seus efeitos em organismo não-alvo, reduzindo assim o impacto ambiental de sua utilização. Testes com pesticidas nanoincapsulados, como Glifosato e atrazaina, também demostraram que nessa forma os compostos apresentam menor toxicidade ambiental por apresentarem diferentes mecanismos de absorção e interação celulares (Sabarivasan, 2024).

Outra tecnologia que vem se desenvolvendo são os adjuvantes em nanoemulsão, que consistem em substâncias adicionadas aos produtos para melhorar as propriedades de absorção ou redução da tensão superficial. Uma vez que desempenham um papel de aumento da ação da pulverização e a redução da perda dos pesticidas, contribuem para diminuir sua utilização e dispersão para o ambiente (Romeh et al., 2024).

O desenvolvimento de novos ingredientes ativos é lento e caro. Nesse sentido, os estudos

computacionais têm auxiliado na investigação e desenvolvimento de moléculas eficazes para o controle de pragas e doenças. É possível a criação virtual de ativos otimizados com relação a sua ação muito mais específica, além de prever as características indesejáveis, como a toxicidade e resistência no ambiente (Milićević et al., 2024).

3.3.2 Programa Nacional de Redução de Agrotóxicos

Em 2012 a presidência da República, através do Decreto nº 7.794, de 20 de agosto, instituiu Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica – PLANAPO, que foi estruturado originalmente em 4 Eixos principais. O Eixo 1, que tem por objetivo a ampliação e fortalecimento dos produtos orgânicos e de base agroecológica, tinha como uma de suas metas o desenvolvimento de um Programa Nacional para Redução do Uso de Agrotóxicos – Pronara (Pronara, 2014).

Para a elaboração da proposta do Pronara, foi criado, em dezembro de 2013, o GT Agrotóxicos, constituído por representantes do governo e da sociedade civil. O Pronara foi então estruturado em torno dos seguintes seis eixos temáticos: 1) Registro; 2) Controle, Monitoramento e Responsabilização de Toda a Cadeia Produtiva; 3) Medidas Econômicas e Financeiras; 4) Desenvolvimento de Alternativas; 5) Informação, Participação e Controle Social; e 6) Formação e Capacitação.

Depois de mais de uma década, em outubro de 2024, o Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica foi lançado, após sucessivos adiamentos devido à recusa do Ministério da Agricultura em aderir o PRONARA, devido à pressão de setores do agronegócio. No entanto, após diversas mobilizações, o PRONARA foi incluído dentro do PLANAPO.

O Programa Nacional Para Redução de Agrotóxicos é um importante passo rumo às mudanças profundas necessárias na política nacional para o uso de agrotóxicos, e para a conservação dos recursos naturais. Porém, o programa possivelmente encontrará muitos obstáculos em sua execução, necessitando da conscientização para que a sociedade esteja mobilizada e preparada para o diálogo entre o setor ambientalista e o rural.

4. CONCLUSÃO

Embora haja muitos desafios, é possível uma mudança de paradigma no uso de agrotóxicos, de forma que essas substâncias deixem de ocupar um papel central para a viabilidade da agricultura brasileira e Mato-grossense. Para que mudanças efetivas ocorram, é necessário o

envolvimento do estado, com o desenvolvimento de uma política que incentive o fim do uso excessivo dos agrotóxicos, que o produtor esteja disposto a sair de sua zona de conforto para aplicar novas técnicas e utilizar diferentes produtos, assim como é fundamental o desenvolvimento cada vez maior de pesquisas na área.

Nesse sentido apresenta-se o Programa Nacional de Redução de Agrotóxicos, o produtor rural aberto a utilizar alternativas aos agrotóxicos, conforme observamos em nossos resultados, e técnicas e tecnologias que podem ser utilizadas, aperfeiçoadas e desenvolvidas para que os pesticidas sejam cada vez mais dispensáveis. Nesse processo, é fundamental o insentivo à pesquisa e inovação e o suporte técnico estatal ao agricultor, uma carências que as empresas vendedoras agroquímicas suprem e agrava o problema do excesso do uso de agrotóxicos.

O objetivo deste estudo não foi apontar uma solução pronta e definida, mas sim apontar direções que podem ser tomadas em direção à busca por soluções. Como é possível constatar, a problemática dos agrotóxicos no Brasil e em Mato Grosso é uma questão complexa, que exigirá um trabalho conjunto entre governo e diferentes setores da sociedade para ser solucionado. A mitigação do uso excessivo dos agrotóxicos é essencial no futuro da conservação da biodiversidade e dos recursos naturais.

5. REFERÊNCIAS

ALAM, Aleena et al. Emerging trends in insect sex pheromones and traps for sustainable management of key agricultural pests in Asia: beyond insecticides—a comprehensive review. *International Journal of Tropical Insect Science*, v. 43, n. 6, p. 1867-1882, 2023.

ALBERGONI, Leide; PELAEZ, Victor. Da revolução verde à agrobiotecnologia: ruptura ou continuidade de paradigmas? *Revista de Economia*, v. 33, n. 1, 2007.

ALMEIDA GALVÃO, Rodrigo Regis de. O biogás do agronegócio: transformando o passivo ambiental em ativo energético e aumentando a competitividade do setor. *Boletim de Conjuntura*, n. 3, p. 4-6, 2017.

AMAN, Mohammed. Impact of monocropping for crop pest management. *Academic Research Journal of Agricultural Science Research*, v. 8, p. 447-452, 2020.

ASSOULINE, Gerald; JOLY, Pierre-Benoit; LEMARIE, Stephane. Plant biotechnology and agricultural supply industry restructuring. *International Journal of Biotechnology*, v. 4, n. 2-3, p. 194-210, 2002.

ALVES FILHO, José Prado. Uso de agrotóxicos no Brasil: controle social e interesses corporativos. São Paulo: Annablume, 2002.

ALVES, Mario Ribeiro. Deficiências nutricionais e iniquidades em municípios do estado de Mato Grosso, Amazônia brasileira: 2007 a 2021. *Revista Pan-Amazônica de Saúde*, v. 14, 2023.

AMAN, Mohammed. Impact of monocropping for crop pest management. *Academic Research Journal of Agricultural Science Research*, v. 8, p. 447-452, 2020.

Ben Khedher, S.; Boukedi, H.; Laarif, A.; Tounsi, S. Biosurfactant produced by *Bacillus subtilis* V26: a potential biological control approach for sustainable agriculture development. *Organic Agriculture*, v. 10, p. 117-124, 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio. Decreto Federal n. 24.114, de 12 de abril de 1934. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Rio de Janeiro, RJ, 05 de abr. de 1934, p. 8.514.

BRITO, Jorge Luís Silva; DOS REIS, Laís Naiara Gonçalves. Mapeamento das áreas de conversão do uso da terra para cana-de-açúcar na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG por meio de imagens TM/Landsat. *Revista Caminhos da Geografia*, v. 13, n. 41, p. 170-186, 2012.

BUENO, Juliana dos Santos Neta; OLIVEIRA, Olda Assunção de; NASCIMENTO, Marcus Vinicius do. Análise da relação das exportações de soja dos estados do Mato Grosso e Paraná com o PIB do agronegócio nacional utilizando regressão linear múltipla. In: *XII FATECLOG Gestão da Cadeia de Suprimentos no Agronegócio: Desafios e Oportunidades no Contexto Atual*, Mogi das Cruzes, SP, 2021.

BUENO, Pedro Henrique; VISMARA, Lilian Souza; DE MORAIS, Josmaria Lopes. Diálogos sobre Mudanças Climáticas: experiência em curso de extensão remoto realizado com acadêmicos e egressos de cursos de licenciatura. *Ambiente & Educação: Revista de Educação Ambiental*, v. 29, n. 1, p. 1-21, 2024.

BULL, D.; HATHAWAY, D. Pragas e venenos: agrotóxicos no Brasil e no terceiro mundo. Petrópolis: Vozes, 1986.

CARSON, Rachel. Primavera silenciosa. São Paulo: Gaia, 2010.

CRUTZEN, P. J. Geology of mankind. *Nature*, v. 415, n. 23, 2002.

CUNHA, José Marcos Pinto da. Dinâmica migratória e o processo de ocupação do Centro-Oeste brasileiro: o caso de Mato Grosso. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 23, p. 87-107, 2006.

CTNBio. Características dos eventos aprovados de sojas transgênicas. 2020. Disponível em: https://croplifebrasil.org/conceitos/desmistificando-a-soja-transgenica/. Acesso em: nov. 2024.

CUNHA, Roberto Cesar Costa; ESPÍNDOLA, Carlos José; FARIAS, Fernando Rodrigo. A geoeconomia dos agronegócios no Brasil: desempenho produtivo e territorial da produção de soja no estado do Mato Grosso pós-2003. *Revista Pantaneira*, v. 23, p. 48-66, 2024.

Dang, Y. P.; Page, K. L.; Dalal, R. C.; Menzies, N. W. No-till farming systems for sustainable agriculture: an overview. *No-till Farming Systems for Sustainable Agriculture: Challenges and Opportunities*, p. 3-20, 2020.

DELGADO, G. da C. Capital financeiro e agricultura no Brasil: 1965-1985. São Paulo: Ícone, 1985.

DUARTE, Regina Horta. Turn to pollute: poluição atmosférica e modelo de desenvolvimento no milagre brasileiro. *Tempo*, v. 21, n. 37, p. 65-87, 2015.

Embrapa. Ponto Final. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/190392/1/PONTOFINAL.pdf. Acesso em: nov. 2024.

FPA - Frente Parlamentar Agropecuária. Todos os membros. Disponível em: https://fpagropecuaria.org.br/todos-os-membros/. Acesso em: outubro de 2024.

FERREIRA, A. L. L. et al. Presença de poluentes organoclorados no leite humano e sua associação com o excesso de peso pré-gestacional, 2022.

FRIEDRICH, Karen et al. Situação regulatória internacional de agrotóxicos com uso autorizado no Brasil: potencial de danos sobre a saúde e impactos ambientais. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 37, p. e00061820, 2021.

GALVÃO, Joana Rita; TEDESCO, Carla Denise. Contribuições da percepção ambiental para a sustentabilidade na zona de amortecimento de unidade de conservação. *Ambiente & Sociedade*, v. 25, p. e02625, 2022.

Gomollón-Bel, F. Dez inovações químicas que mudarão nosso mundo: A IUPAC identifica tecnologias emergentes em química com potencial para tornar nosso planeta mais sustentável. *Química Internacional*, v. 41, n. 2, p. 12–17, 2019. DOI: 10.1515/CI-2019-0203.

GREENPEACE. Relatório PL dos Agrotóxicos. Disponível em: https://www.greenpeace.org/brasil/relatorio_pldosagrotoxicos_pl1459-pdf-2/. Acesso em: outubro de 2024.

INCRA. Módulo Fiscal. Disponível em: https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/governanca-fundiaria/modulo-fiscal. Acesso em: outubro de 2024.

Jalli, M. et al. Effects of crop rotation on spring wheat yield and pest occurrence in different tillage systems: a multi-year experiment in Finnish growing conditions. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 5, p. 647335, 2021.

James, C. Global status of commercialized biotech/GM Crops: 2006. *ISAAA Briefs*, n. 35, 2006. Disponível em: http://www.isaaa.org/Resources/Publications/briefs/35/executivesummary/default.html. Acesso em: nov. 2024.

KAGEYAMA, A. A. O novo padrão agrícola brasileiro: do complexo rural aos complexos agroindustriais. In: DELGADO, G. et al. (org.) Agricultura e políticas públicas. Brasília: IPEA, 1990. p. 113-223.

KAUR, Tamanreet; KAUR, Mandeep. Integrated pest management: a paradigm for modern age. *IntechOpen*, 2020.

Kumar, V. et al. Challenges and opportunities for weed management in no-till farming systems. *No-till Farming Systems for Sustainable Agriculture: Challenges and Opportunities*, p. 107-125, 2020.

LIGNANI, Leonardo de Bem; BRANDÃO, Júlia Lima Gorges. A ditadura dos agrotóxicos: o Programa Nacional de Defensivos Agrícolas e as mudanças na produção e no consumo de pesticidas no Brasil, 1975-1985. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, v. 29, n. 2, p. 337-359, 2022.

MACEDO, T. M.; SILVA, A. V. S.; GONÇALVES, M.; DIAS, A. Pau-brasil: como conservar sem conhecer. *Diversidade e Gestão*. Volume Especial: Conservação in situ e ex situ da Biodiversidade Brasileira, 2018.

Marchão, R. L. et al. Integrated Crop–Livestock–Forestry Systems for Improved Soil Health, Environmental Benefits, and Sustainable Production. *Soil Health Series: Volume 3 Soil Health and Sustainable Agriculture in Brazil*, p. 19-61, 2024.

MARTINS, Lucas Araújo. A construção do espaço político da bancada ruralista no Congresso Nacional e a questão agrária no século XXI (1999-2022). 2023.

MENEZES, F. A. da F. Legislação – antes tarde do que nunca. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 4, n. 22, p. 57, jan./fev. 1986.

Milićević, J. et al. Recent computer-aided studies on herbicides: a short review. *Chemistry & Biodiversity*, e202400531, 2024.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Registro nacional de cultivares. Disponível em: https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php. Acesso em: nov. 2024.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Portaria n° 443, de 17 de dezembro de 2014. Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção. *Diário Oficial da União*, v. 18, p. 110-121, 2014.

MIRANDA, Hellem Ranny Nascimento; DE SOUSA, Emylle Stefane Borges; DE GODOI SANTANA, Gustavo. Controle biológico: combate de pragas de forma sustentável na fase vegetativa do milho. *Facit Business and Technology Journal*, v. 2, n. 46, 2023.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Portaria n° 443, de 17 de dezembro de 2014. Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção. *Diário Oficial da União*, v. 18, p. 110-121, 2014.

NEVES, Estela Maria Souza Costa. Institutions and Environmental Governance in Brazil: the Local Governments‘ Perspective. *Revista de Economia Contemporânea*, v. 20, n. 3, p. 492-516, 2016.

OLIVEIRA, A. U. de. A fronteira amazônica matogrossense: grilagem, corrupção e violência. Tese de livre-docência. São Paulo, USP, 1997.

OLIVEIRA, M. F.; BRIGHENTI, A. M.; DOS SANTOS, A. M. B. Controle de plantas daninhas: métodos físico, mecânico, cultural, biológico e alelopatia, 2018.

OLIVEIRA SAMPAIO, Rafaela Monique; NETO, JDCG. O paradigma da intensa utilização de agrotóxicos no Brasil sob o contexto da mundialização da agricultura. *Revista Direito Agrário e Agroambiental*, v. 4, n. 1, p. 111-129, 2018.

Pandit, M. A. et al. Major biological control strategies for plant pathogens. *Pathogens*, v. 11, n. 2, p. 273, 2022.

PAVÃO, Vagner Marques et al. Impacto da conversão da cobertura natural em pastagem e área urbana sobre variáveis biofísicas no sul do Amazonas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 32, p. 343-351, 2017.

Pinto, Luís Fernando Guedes et al. Quem são os poucos donos das terras agrícolas no Brasil - o mapa da desigualdade. *Sustentabilidade em Debate*, 2020.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Mensagem n° 743, de 27 de dezembro de 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/Msg/Vep/VEP-741-23.htm. Acesso em: outubro de 2024.

PRONARA. Proposta Pronara-Programa Nacional de Redução de Agrotóxicos. Disponível em: https://www.icict.fiocruz.br/sites/www.icict.fiocruz.br/files/pronara-programa-nacional-de-reducao-de-agrotoxicos-aprovado-por-merito-na-cnapo-em-agosto-de-2014.pdf. Acesso em: nov. 2024.

ROCHA, Rosiane Rangel; DOS SANTOS, Luís Felipe Umbelino; PINTO, Augusto Eduardo Miranda. Retrocessos normativos no procedimento de registro de agrotóxicos no Brasil e o direito ao meio ambiente sadio. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, v. 16, n. 2, p. 17-38, 2022.

REDIN, Marciel. Desempenho da cultura da soja com diferentes doses de pó de basalto em Latossolo no Sul do Brasil. 2023. Tese de Doutorado – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

ROCKSTRÖM, Johan et al. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, v. 14, n. 2, 2009.

ROMEH, Z. A. A. et al. Efficiency of nano-emulsion of propolis with activator adjuvants in improving the pesticide application technology on eggplant leaves. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, v. 22, 100976, 2024.

ROSSETTO, Carlos Jorge; IGUE, Toshio. Herança da resistência da variedade de sorgo AF-28 a *Contarinia sorghicola* Coquillet. *Bragantia*, v. 42, p. 211-219, 1983.

RUNGE, C. Ford; JACKSON, Lee Ann. Labelling, trade and genetically modified organisms. *Journal of World Trade*, v. 34, n. 1, 2000.

SABARIVASAN, R.; MURALI ARTHANARI, P. Application of nanoencapsulation technology in agriculture for effective and sustainable weed management: a critical review. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, p. 1-15, 2024.

Shah, K. K. et al. Diversified crop rotation: an approach for sustainable agriculture production. *Advances in Agriculture*, v. 2021, n. 1, p. 8924087, 2021.

SANTANA, M. L. N.; HACK, M. C. L. O. Corporativismo do agrotóxico e as ameaças à sociedade. *Revista Espaço Público: Revista de Políticas Públicas da UFPE*, v. 7, 2022.

SARTOR, Laércio Ricardo; DE GOUVEA, Alfredo. Manejo integrado de pragas de pastagens. *Sistemas de Produção Agropecuária – Ano 2009*, 2009.

SEDEC – Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico. PIB de Mato Grosso cresceu o triplo da média nacional desde 2002. Disponível em: <www.sedec.mt.gov.br>. Acesso em: outubro de 2024.

SERRA, L. S.; MENDES, M. R. F.; SOARES, M. D. A.; MONTEIRO, I. P. Revolução Verde: reflexões acerca da questão dos agrotóxicos. *Revista Científica do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB*, v. 1, n. 4, p. 2-25, 2016.

SILVA, André Felipe Cândido da. A campanha contra a broca-do-café em São Paulo (1924-1927). *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, v. 13, p. 957-993, 2006.

SILVA, Eliane Alves da; PEDROZO, Eugenio Avila; SILVA, Tania Nunes da. A agricultura e sua interpretação dos limites planetários sob aspectos biofísicos e sociais. *Simbiótica: Revista Eletrônica*, v. 10, n. 3, p. 31-56, 2023.

SILVA, Karla Karoline Rodrigues; MAIA, Cláudio Lopes. Latifúndio: uma análise a partir do arcabouço normativo do regime de sesmarias no Brasil. *Revista de Direito Agrário e Agroambiental*, v. 5, n. 1, p. 1-17, 2019.

SIMIONI, Rafael Lazzarotto. Motivações históricas do Código Florestal Brasileiro: energia ou meio ambiente? *Lusíada. Direito e Ambiente*, v. 1, 2011.

SIMONSEN, Roberto C. História econômica do Brasil: 1500-1820, 2005.

SIQUEIRA, Tagore Villarim de. O ciclo da soja: desempenho da cultura da soja entre 1961 e 2003, 2004.

SOUZA, C. et al. Resistência de sorgo a insetos-praga, 2021.

Souza, Lucas Conceição; Procópio, Luciano. The profile of the soil microbiota in the Cerrado is influenced by land use. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 105, n. 11, p. 4791-4803, 2021.

StatNano. Nanotecnologia na indústria agrícola | NPD. Disponível em: https://product.statnano.com//industry/agriculture. Acesso em: 7 jun. 2024.

TESTA, Patrícia Aparecida; DE ROSA, Krishna Rodrigues; FAVERO, Leandro. Biodiversidade: principais ameaças e alertas. *RETEC - Revista de Tecnologias*, v. 13, n. 1, 2020.

VAZ, Ana Maria Rodrigues; BALTAZAR, Nathalia Cristina. O processo de ocupação do território brasileiro: do período colonial à revolução verde. *IV Simpósio Regional de Geografia da UAEIGEO/UFG/RC*, p. 115, 2019.

ZANINI, A. M.; SANTOS, A. R. D.; MALICK, C. M.; OLIVEIRA, J. A. D.; ROCHA, M. B. Estudos de percepção e educação ambiental: um enfoque fenomenológico. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 23, p. e32604, 2021.

YU, Taize et al. Benefits of crop rotation on climate resilience and its prospects in China. *Agronomy*, v. 12, n. 2, p. 436, 2022.

III. CONCLUSÕES GERAIS

O ritmo acelerado do crescimento do consumo de Agrotóxicos no Brasil e em Mato Grosso é alarmante. Os ingredientes ativos pulverizados no ambiente, por suas características toxicológicas, possuem o potencial de desiquilibrar os ecossitemas através de seus efeitos nocivos aos organismos, e reduzir a biodiversidade. A contaminação química dos recursos naturais compromete sua integridade e ameaça a saúde pública.

Para que esse cenário fosse instaurado ocorreu um processo histórico, cultural e legal. É fundamental o conhecimento desse processo para encontrarmos caminhos que nos levem no sentido contrário, ou seja, na diminuição do uso de agrotóxicos. É necessário também dialogar e conhecer o ponto de vista de quem disponibiliza esses produtos no ambiente, que é o produtor rural. Por isso, além do diagnóstico do problema ambiental que os agrotóxicos representam neste momento a nível nacional e estadual, as demais etapas foram realizadas nesse trabalho.

Ao olhar para o futuro vemos a perspectiva de resolução da questão dos agrotóxicos, através de alternativas que se melhor desenvolvidas e difundidas poderão atenuar o volume de agroquímicos utliziados. Os produtores rurais também indicaram não apresentar resistência em utilizar formas alternativas de defesas das lavouras, desde que se mostrem eficazes e recebam suporte técnico. A legislação brasileira também sinaliza avanços através do Programa Nacional de Redução de Agrotóxicos.

Obviamente por se tratar de um tema com grande interesse econômico, haverá vários desfios, porém com a conscientização e insentivos governamentais na execução das políticas de redução de agrotóxicos, no apoio a pesquisa e inovação e em insentivo aos agricultores são os caminhos que apontamos para a segurança alimentar e ambiental.

APÊNDICES

ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA UTILIZADA COMO INSTRUMENTO DE PESQUISA JUNTO AOS PRODUTORES RURAIS DO ESTADO DE MATO GROSSO

Entrevista N^{o} _____ Data: _____/_____/_____

DADOS PESSOAIS:

Sexo: ( ) Feminino ( ) Masculino Idade: _____

Naturalidade: _____ Município de residência: _____

Tempo de residência em Mato Grosso: _____

Nível de escolaridade:( ) Nenhum ( ) Fundamental incompleto ( ) Fundamental completo

( ) Ens. Médio incompleto ( ) Ens. Médio completo ( ) Superior incompleto

( ) Superior completo ( ) Pós-graduação.

1- ATIVIDADES DESENVOLVIDAS: ( ) Agricultura ( ) Pecuária

2- O QUE PRODUZ:

_____

_____

_____

3- PORTE: ( ) Pequeno produtor ( ) Médio produtor ( ) Grande produtor

4- TAMANHO DA PROPRIEDADE: _____

5- UTILIZA AGROTÓXICOS? ( ) Sim ( ) Não

6- QUAIS SÃO OS AGROTÓXICOS MAIS APLICADOS EM SUA PROPRIEDADE?

_____

_____

_____

7- CONHECE OS RISCOS AMBIENTAIS DO USO DE AGROTÓXICOS? ( )Sim ( ) Não

8- PREOCUPA-SE COM OS RISCOS AMBIENTAIS DO USO DE AGROTÓXICOS?

( ) Sim ( ) Não

9- CONHECE FORMAS ALTERNATIVAS DE CONTROLE DE PRAGAS?

( ) Sim ( ) Não. Quais?_____

10- QUAIS SÃO AS FORMAS ALTERNATIVAS PARA O CONTROLE DE PRAGAS QUE VOCÊ CONHECE? _____

_____

_____

11- UTILIZA FORMAS ALTERNATIVAS DE CONTROLE DE PRAGAS?

( ) Sim ( ) Não. Quais?_____

12- JÁ UTILIZOU FORMAS ALTERNATIVAS DE CONTROLE DE PRAGAS?

( ) Sim ( ) Não. Quais?_____

Se for o caso, por que não utiliza mais?_____

13- O QUE LHE IMPEDE DE UTILIZAR FORMAS ALTERNATIVAS DE CONTROLE DE PRAGAS?

( ) Acha que não é tão eficiente ( ) Falta de conhecimento ( ) Acesso ( ) Falta de incentivo

( ) Preço ( ) Outros. Quais_____

14- ESTARIA DISPOSTO A UTILIZAR FORMAS ALTERNATIVAS DE CONTROLE DE PRAGAS? POR QUÊ?