



UNIVERSIDADE DE RIBEIRÃO PRETO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL

MESSIAS PEREIRA JUNIOR

NOVAS PROPOSTAS PARA DESTINAÇÃO DAS EMBALAGENS POLIMÉRICAS DE
DEFENSIVOS AGRÍCOLAS ORIUNDAS DO MANEJO DE SOJA NO MUNICÍPIO
DE AÇAILÂNDIA/MA

RIBEIRÃO PRETO
2024

MESSIAS PEREIRA JUNIOR

NOVAS PROPOSTAS PARA DESTINAÇÃO DAS EMBALAGENS POLIMÉRICAS DE
DEFENSIVOS AGRÍCOLAS ORIUNDAS DO MANEJO DE SOJA NO MUNICÍPIO
DE AÇAILÂNDIA/MA

Tese apresentada como requisito para obtenção do título de
Doutor pelo programa de Pós-graduação em Tecnologia
Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e
Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Bortoletto-Santos

Coorientador: Prof. Dr. Murilo Daniel de Mello Innocentini

RIBEIRÃO PRETO
2024

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Processamento
Técnico da Biblioteca Central da UNAERP
- Universidade de Ribeirão Preto -

PEREIRA JUNIOR, Messias, 1982-

P436n Novas propostas para destinação das embalagens poliméricas de defensivos
agrícolas oriundas do manejo de soja no município de Açailândia/MA /
Messias Pereira Junior. – Ribeirão Preto, 2024.

100 f. : il. color.

Orientador: Prof.º Dr.º Ricardo Bortoletto-Santos.

Tese (Doutorado) - Universidade de Ribeirão Preto, UNAERP,
Doutorado em Tecnologia Ambiental, 2024.

1. Logística reversa. 2. Embalagens de defensivos agrícolas.
3. Soja. II. Título.

CDD 628

FOLHA DE APROVAÇÃO

MESSIAS PEREIRA JUNIOR

NOVAS PROPOSTAS PARA DESTINAÇÃO DAS EMBALAGENS POLIMÉRICAS DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS ORIUNDAS DO MANEJO DE SOJA NO MUNICÍPIO DE AÇAILÂNDIA/MA

Tese de Doutorado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto, para a obtenção do título de Doutor em Tecnologia Ambiental.

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

Data de defesa: 29 de fevereiro de 2024

Resultado: **APROVADO**

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **RICARDO BORTOLETTO SANTOS**
Data: 01/03/2024 13:46:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ricardo Bortoletto-Santos
Presidente/UNAERP

Documento assinado digitalmente
 **JULIANA CHIARETTI NOVI**
Data: 01/03/2024 14:31:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Juliana Chiaretti Novi
UNAERP

Documento assinado digitalmente
 **HERNANE DA SILVA BARUD**
Data: 04/03/2024 11:28:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Hernane da Silva Barud
UNIARA

Documento assinado digitalmente
 **LISANDRO SIMÃO**
Data: 01/03/2024 13:54:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Lisandro Simão
UNAERP

Documento assinado digitalmente
 **OLÍMPIO GOMES DA SILVA NETO**
Data: 07/03/2024 12:40:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Olímpio Gomes da Silva Neto
Instituto Federal do Sul de Minas
IFSULDEMINAS

RIBEIRÃO PRETO
2024

AGRADECIMENTOS

À Deus, por mostrar os melhores caminhos e me amparar nos momentos difíceis.

Agradeço em especial ao meu orientador Prof. Dr. Ricardo Bortoletto-Santos pela atenção e disponibilidade em me auxiliar em todas as etapas deste trabalho em conjunto com o professor Dr. Murilo Daniel de Mello Innocentini.

Aos meus queridos pais Messias Pereira Costa e Julinda Alves Costa pelos valiosos ensinamentos, exemplo de força e determinação. Minha eterna gratidão!

Aos meus filhos Miguel de Sousa Pereira e Murilo de Sousa Pereira que iluminam a minha vida.

A minha esposa Vanessa da Conceição de Sousa por incentivar e apoiar as minhas decisões. Grato a Deus e a ela pela compreensão e paciência em momentos de ausência no decorrer desse trabalho.

A todos os meus familiares pelo incentivo, compreensão e carinho que recebi ao longo desse período que precisei me ausentar para finalizar esta pesquisa.

Agradeço, também, a importante colaboração de todos os profissionais das fazendas pesquisadas, da AGED e da Associação do Comercio de Insumos Agropecuários da Região Tocantina (ACIART) pela atenção e cordialidade no apoio prestado.

Aos colegas do Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade de Ribeirão Preto.

A todos que colaboraram direta ou indiretamente para a realização desta pesquisa. Muito obrigado!

“Nem tudo que se enfrenta pode ser modificado, mas pode ser modificado até que seja enfrentado”.

Albert Einstein

RESUMO

A necessidade crescente de produção de alimentos está diretamente ligada ao crescimento populacional global e à extensa utilização de agroquímicos para alcançar os atuais níveis de produtividade agrícola. Nesse contexto, há uma discussão em ascensão sobre a urgência em adotar práticas agrícolas mais sustentáveis e inovadoras, visando estabelecer um equilíbrio entre produção, meio ambiente e sociedade. Embora os defensivos agrícolas desempenhem um papel crucial no controle de pragas e doenças, seu uso acarreta um significativo passivo ambiental associado às embalagens e sua destinação, resultando em diversos riscos ambientais, incluindo a persistência de resíduos químicos no solo, ameaça à saúde de agricultores e comunidades vizinhas, além da poluição ambiental. Diante desse cenário, o presente trabalho objetivou realizar um diagnóstico dos resíduos de embalagens de defensivos agrícolas provenientes da produção de soja em Açaílândia, no Estado do Maranhão, buscando investigar soluções viáveis para minimizar seus impactos e promover o desenvolvimento econômico regional. Além disso, o trabalho buscou identificar lacunas no atual gerenciamento, visando propor alternativas de um modelo eficaz e abrangente. Para tanto, buscou-se aprimorar não apenas a coleta de embalagens vazias, mas implementar sistemas de logística reversa bem-sucedidos. A efetividade dessas medidas demandou a colaboração e engajamento de múltiplos setores, que incluem produtores, fabricantes e comerciantes. O município de Açaílândia apresenta-se como a nova fronteira de produção de soja, elevando em 30 vezes a área cultivada nos últimos 10 anos, o que reflete o aumento exponencial na produção de soja. Outro fator que tem relação direta com o aumento da produtividade é o uso de produtos e tecnologias, destacando, principalmente, defensivos agrícolas, com consumo médio de 12,5 litros por hectare em 2022, considerando herbicidas, inseticidas e fungicidas. Por outro lado, a produção de embalagens tem acompanhado o crescimento da produção agrícola nos últimos anos, totalizando 32 toneladas apenas em 2022, com taxa média de devolução de 90%, de acordo com registros da Associação do Comércio de Insumos Agropecuários da Região Tocantina (ACIART). Dentre as propostas para a destinação das embalagens produzidas localmente, pode-se destacar a incineração, aproveitamento na indústria de cimento, ferro e aço, ou reciclagem e reuso, visto que o custo, considerando 90% de recebimento das embalagens, totaliza, aproximadamente, R\$ 45.000,00 por ano. Vale ressaltar que esse custo não inclui processo de separação, prensagem e armazenamento. Paralelamente a essas propostas, a implementação de um ecoponto vinculado ao cooperativismo surge como uma alternativa viável, promovendo benefícios sociais, ambientais e econômicos. Além disso, a adoção de iniciativas de logística reversa pode contribuir significativamente para a criação de um ambiente favorável à sustentabilidade, ao mesmo tempo em que atende às necessidades econômicas dos agricultores e promove a preservação ambiental. Associado a isso, o rastreamento das embalagens por meio de mecanismos de inteligência artificial pode elevar o padrão do sistema "Campo Limpo". Por fim, a utilização de bioinsumos como parte da transição para uma agricultura sustentável em Açaílândia representa um avanço significativo tanto em termos ambientais quanto financeiros. Esse fato se deve ao manejo que combina produtos biológicos e alguns produtos químicos, cujas interações resultariam em um ambiente mais saudável, produtivo e equilibrado para as plantas, bem como reduziria a quantidade de defensivo aplicado e, conseqüentemente, de embalagens vazias. Em resumo, Açaílândia apresenta potencial para se tornar um grande produtor de soja, assim como soluções viáveis podem ser adotadas para dinamizar a produção, elevando os padrões sociais, financeiros e ambientais do processo produtivo na região.

Palavras-chave: Logística reversa, embalagens de defensivos agrícolas, soja.

ABSTRACT

The growing need for food production is directly linked to global population growth and the extensive use of agrochemicals to achieve current levels of agricultural productivity. In this context, there is a growing discussion about the urgency of adopting more sustainable and innovative agricultural practices, aiming to establish a balance between production, environment, and society. Although agricultural pesticides play a crucial role in controlling pests and diseases, their use entails a significant environmental liability associated with packaging and its disposal, resulting in several environmental risks, including the persistence of chemical residues in the soil, threatening the health of farmers and neighboring communities, in addition to environmental pollution. Given this scenario, the present work aimed to diagnose agricultural pesticide packaging residues from soybean production in Açailândia, in the State of Maranhão, seeking to investigate viable solutions to minimize their impacts and promote regional economic development. Furthermore, the work sought to identify gaps in current management, aiming to propose alternatives for an effective and comprehensive model. To this end, we sought to improve the collection of empty packaging and implement successful reverse logistics systems. The effectiveness of these measures requires collaboration and engagement with multiple sectors, including producers, manufacturers, and traders. The municipality of Açailândia presents itself as the new frontier of soybean production, increasing the cultivated area by 30 times in the last ten years, which reflects the exponential increase in soybean production. Another factor that has a direct relationship with increased productivity is the use of products and technologies, mainly highlighting agricultural pesticides, with an average consumption of 12.5 liters per hectare in 2022, considering herbicides, insecticides, and fungicides. On the other hand, packaging production has accompanied the growth of agricultural production in recent years, totaling 32 tons in 2022 alone, with an average return rate of 90%, according to records from the Agricultural Inputs Trade Association of the Tocantina Region (ACIART). Among the proposals for the disposal of locally produced packaging, we can highlight incineration, use in the cement, iron, and steel industry, or recycling and reuse, given that the cost, considering 90% of packaging receipt, totals approximately R\$45,000.00 per year. It is worth mentioning that this cost does not include the separation, pressing, and storage process. Parallel to these proposals, implementing an eco-point linked to a cooperative appears as a viable alternative, promoting social, environmental, and economic benefits. Furthermore, adopting reverse logistics initiatives can significantly contribute to creating an environment conducive to sustainability while meeting the economic needs of farmers and promoting environmental preservation. Associated with this, tracking packaging through artificial intelligence mechanisms can raise the standard of the "Campo Limpo" system. Finally, the use of bio inputs as part of the transition to sustainable agriculture in Açailândia represents a significant advance in both environmental and financial terms. This fact is due to management that combines biological products and some chemical products, whose interactions would result in a healthier, more productive, and balanced environment for plants, as well as reducing the amount of pesticide applied and, consequently, empty packaging. In summary, Açailândia has the potential to become a major soybean producer, as well as viable solutions can be adopted to boost production by raising the region's social, financial, and environmental standards of the production process.

Keywords: Reverse logistics, Empty Pesticide Packaging; Soybean.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Logística do destino das embalagens de defensivos agrícolas.....	25
Figura 2 -	Responsabilidade dos atores envolvidos na cadeia logística dos defensivos....	31
Figura 3 -	Exemplo de tríple lavagem de embalagens.....	33
Figura 4 -	Dispositivos de enxágue sob pressão.....	35
Figura 5 -	Prensa para tambor de defensivos agrícolas não solúveis em água.....	36
Figura 6 -	Quantidade de embalagens coletadas pelo inpEV.....	37
Figura 7 -	Embalagens destinadas pelo Sistema Campo Limpo (em mil toneladas)	38
Figura 8 -	Exemplo do Sistema Biobed Brasil implantado na Embrapa.....	60
Figura 9 -	Resíduos do ponto de abastecimento do pulverizador.....	60
Figura 10 -	Localização da bacia do MATOPIBA, grande área agrícola envolvendo os estados Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia.....	62
Figura 11 -	Imóveis rurais do município de Açailândia cadastrados no SICAR até junho de 2022.....	63
Figura 12 -	Descrição das etapas a serem desenvolvidas na pesquisa.....	66
Figura 13 -	Área abrangida pela central ACIART no não de 2023.....	70
Figura 14 -	Evolução da área plantada e colhida para soja nos últimos 10 anos.....	78
Figura 15-	Produção de soja entre os anos de 2013 a 2022.....	78
Figura 16 -	Mapeamento das fazendas de soja visitadas de acordo cadastro da AGED.....	86
Figura 17 -	Produção de resíduos de EVAs na produção de soja dos últimos dez anos.....	88
Figura 18 -	Embalagem devolvida na ACIART depois de sofrer o corte.....	92
Figura 19 -	Embalagem armazenada de forma incorreta.....	93
Figura 20-	Biofábrica para produção de bioinsumos.....	106
Figura 21 -	Destinação final das embalagens vazias de defensivos agrícolas.....	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Classificação dos resíduos sólidos.....	22
Tabela 2 -	Área de preservação permanente exigida entre corpos d'água e empreendimento agrícola no estado do Maranhão.....	49
Tabela 3 -	Classificação sugerida dos pontos de carregamento segundo seu uso (independente do volume de aplicação) e recomendação de equipamentos de segurança.....	58
Tabela 4 -	Demonstrativo das fases do projeto.....	65
Tabela 5 -	Inventários de PEAD, PP, Papelão e Metais.....	74
Tabela 6 -	Composição e inventário do COEX.....	74
Tabela 7 -	Composição e inventário dos materiais sujeito a incineração.....	74
Tabela 8 -	Matriz de produção agrícola na região de Açailândia no período de 2013 - 2022.....	81
Tabela 9 -	Consumo dos defensivos agrícolas (litros) por princípio ativo por hectare de soja	82
Tabela 10 -	Classificação toxicológica dos defensivos agrícolas (líquidos e sólidos), com base na DL50, e suas respectivas cores de faixa.....	85
Tabela 11 -	Formulação x Embalagens x análise gravimétrica safra 2021/2022.....	88
Tabela 12 -	Matriz CPD para criação da cooperativa de produção de soja em Açailândia.....	97
Tabela 13 -	Receita bruta da soja produzida nos sistemas convencional e misto por hectares.....	104
Tabela 14 -	Custos com insumos para produção de soja cultivada sob manejo convencional.....	105

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EVAs	Embalagens Vazias de Defensivos Agrícolas
2,4-D	herbicida 2,4-D NORTOX
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACIART	Associação do Comercio de Insumos Agropecuários da Região Tocantina
AGED	Agência Estadual de Defesa Agropecuária
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
AVB	Aço Verde Brasil
BINS	Contentores de madeira ou plástico
BPF	Boas práticas de fabricação
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CL	Campo Limpo
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CO2	Gás Carbônico
COEX	Polietileno Co-Extrudado
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CP	Coprocessamento
CPD	Condicionantes, Potencialidades e Deficiências
EVAs	Embalagens Vazias de Defensivos agrícolas
EVOH	Copolímero de Etileno e Álcool Vinílico
FAO	Food and Agriculture Organization
FISPQ	Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GUSA	Ferro proveniente dos altos-fornos, com impurezas, moldado em barras
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto de Circulação de Mercadorias
inpEV	Instituto Nacional De Processamento De Embalagens Vazias
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
NBR	Norma Regulamentar Brasileira
NBR	Norma Brasileira Registrada
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONGs	Organizações Não Governamentais
ONU	Organização das Nações Unidas
PA-6	poliamida-6
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PP	Polipropileno
PVC	Policloreto de Vinila
REPOM	Regulamento dos Arranjos de Pagamento
LR	Logística reversa
SEAGRI	Secretaria Municipal de Agricultura e Pesca
SICAR	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural
SINAPI-Ma	Sistema Nacional de Índices da Construção Civil

SUMÁRIO

1.	Introdução.....	14
2.	Objetivos	17
2.1	Objetivo geral.....	17
2.2	Objetivos específicos.....	17
3.	Revisão da literatura.....	18
3.1	As embalagens vazias de defensivos agrícolas.....	18
3.2	Tecnologia reversa de embalagens de defensivos agrícolas	23
3.3	Aplicação da economia circular e o projeto campo limpo.....	27
3.4	Tríplice lavagem das embalagens de defensivos agrícolas.....	28
3.5	Riscos associados a embalagens vazias de defensivos agrícolas.....	36
3.6	Armazenamento adequado das embalagens de defensivos agrícolas.....	42
3.6.1	Diretrizes legais para o gerenciamento das embalagens vazias de defensivos agrícolas.....	42
3.6.2	Design das embalagens.....	45
3.6.3	Alternativas para o destino das embalagens.....	46
3.7	Rampa de pulverização.....	48
3.8	Soluções adotadas quanto à filosofia do manejo do piso e do resíduo.....	49
3.9	Aspectos construtivos dos diferentes modelos de pisos de pontos de abastecimento.....	53
3.9.1	Sugestões para construção da rampa de abastecimento ideal para produtores de soja.....	56
3.10	Sistema Biobed Brasil e seu uso.....	58
4.	Material e métodos.....	61
4.1	Abordagem metodológica.....	61
4.2	Produção de soja em Açailândia-Maranhão.....	62
4.3	Desenvolvimento da pesquisa.....	64
4.4	Primeira etapa.....	67
4.4.1	Revisão bibliográfica.....	67
4.4.2	Diagnóstico	67
4.5	Segunda etapa.....	69
4.5.1	Caracterização da central de recebimento ACIART.....	70
4.5.2	Caracterização das fazendas produtoras.....	71
4.5.3	Caracterização dos custos de devolução.....	71
4.5.4	Caracterização das embalagens tratadas.....	73

4.6	Terceira etapa.....	74
5.	Resultados e discussão.....	77
5.1	Diagnóstico do consumo de defensivos agrícolas e o destino das embalagens vazias.....	77
5.1.1	Diagnóstico da tríple lavagem das embalagens e dos equipamentos pulverizadores.....	91
5.2	Propostas de soluções.....	94
5.2.1	Cooperativismo.....	95
5.2.1.1	Implementação do sistema de rastreamento de embalagens e educação ambiental no sistema de cooperativas	99
5.2.2	Construção do ecoponto em Açailândia / Maranhão.....	102
5.2.3	Uso de bioinsumos.....	103
5.2.4	Incineração das embalagens vazias.....	107
6.	Conclusões.....	111
	Referências.....	113
	Anexos.....	126
	Apêndice.....	132

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com as condições ambientais apresenta raízes antigas. No contexto bíblico do Antigo Testamento, encontramos uma preocupação com o meio ambiente e a sobrevivência da espécie humana. No capítulo 20 de Deuteronômio, versículos 10-20, é indicado que não se deve cortar árvores, pois delas obtemos a alimentação necessária durante um cerco. Além disso, em 111 a.C., Platão acusou o uso inadequado da terra devido ao excesso de pastoreio de ovelhas e ao desmatamento, que causava erosão nas colinas de Atenas, na Grécia (PELICIONI, 2005).

As ações humanas têm gerado graves consequências para o planeta. O estilo de vida "moderno", caracterizado pelo consumo desenfreado de proteína animal e derivados de soja, tem impactos generalizados no meio ambiente (GOMIERO, 2015). Hoje, mesmo em áreas remotas, a poluição está presente, demonstrando que esse estilo de vida pode acarretar graves consequências para a humanidade. Como observado, os estuários dos rios apresentam uma redução na qualidade da água devido à presença de poluentes e sedimentos resultantes de atividades humanas (BEZERRA, 2021). Exemplos incluem a industrialização acelerada, ocupação inadequada de terras, expansão urbana sem planejamento, crescimento populacional e tratamento insuficiente de efluentes industriais, urbanos e agrícolas (MOREIRA, 2018).

A agricultura é uma das maiores consumidoras de energia e recursos naturais, sendo a maior consumidora de água potável entre os processos industriais (RESENDE, 2020). Ela também consome intensivamente energia, recursos naturais e insumos, como fertilizantes e defensivos agrícolas, que, quando usados de maneira inadequada, acabam entrando no meio ambiente e causando poluição generalizada em todos os ecossistemas do planeta (PICUNOA, 2021). Também, a preparação de soluções de pesticidas para aplicação agrícola é uma prática comum em muitas fazendas, de modo que essas soluções são frequentemente preparadas em tanques ou equipamentos específicos, que precisam ser limpos e preparados corretamente para evitar a contaminação de culturas, solo e água (CASTILLO et al., 2008). No entanto, muitos

operadores realizam essa preparação repetidamente no mesmo local da fazenda, o que pode resultar em contaminação ambiental e prejudicar a saúde humana e animal (PANTA, 2022). Além disso, a limpeza inadequada dos equipamentos de aplicação de pesticidas pode levar ao acúmulo de resíduos e à contaminação cruzada entre os pesticidas utilizados (SANTOS, 2020). Portanto, é fundamental que os operadores adotem as melhores práticas para a preparação de soluções de pesticidas e a limpeza dos equipamentos, seguindo regulamentações e diretrizes específicas para minimizar os riscos ambientais e de saúde associados ao uso de pesticidas na agricultura (CARVALHO, 2020), o que resulta em maiores concentrações nas águas subterrâneas e no escoamento.

A aplicação de pesticidas em fazendas normalmente envolve três etapas: (i) preparação da solução no tanque, (ii) pulverização nas terras agrícolas e (iii) limpeza do tanque. Embora a preparação da solução de pesticidas tenha o potencial de introduzir pequenas quantidades de líquidos altamente concentrados no meio ambiente, a fase de limpeza pode introduzir volumes maiores de líquidos mais diluídos (CASTILLO et al., 2008).

Os trabalhadores agrícolas são incentivados a seguir as diretrizes de preparação descritas no rótulo pelas empresas de pesticidas e normalmente são obrigados a usar equipamentos de proteção individual, reduzindo o potencial de fontes pontuais e exposição do trabalhador durante o primeiro estágio de aplicação. Embora o foco das fontes pontuais de pesticidas seja tipicamente a fase de pulverização da aplicação, esta fase é altamente regulamentada (FIOCRUZ, 2016). No entanto, a terceira e última fase do processo de aplicação (limpeza dos tanque) permanece pouco investigada. Embora tenham surgido questões sobre as melhores práticas de limpeza de equipamentos agrícolas para minimizar tanto a exposição do trabalhador quanto as fontes pontuais para o meio ambiente, pouca pesquisa foi feita nesta fase, seja em condições idealizadas ou para identificar as práticas reais empregadas pelos

trabalhadores agrícolas (RAMWELL et al., 2007), o que sugere que a lavagem do interior dos mesmos tanques de pulverização provavelmente levará a concentrações ainda maiores.

Dessa forma, não é surpresa que o solo sob as áreas de preparação e limpeza de pesticidas mostre concentrações mais altas de pesticidas do que outras áreas da fazenda (MACHADO, 2008). Isso provavelmente ocorre devido a uma combinação de derramamentos, vazamentos e liberação de enxágues diluídos durante a fase de limpeza da aplicação (PEREIRA, 2014). Nesse contexto, muitas pesquisas se concentraram no uso de biofossas, que são misturas de turfa, palha e solo superficial, cobertas por grama, projetadas para reter e degradar resíduos contendo pesticidas produzidos durante a preparação e limpeza da solução (CASTILLO et al., 2008).

Além disso, outro problema associado ao uso de defensivos agrícolas que causa muitos impactos ambientais negativos é o tratamento e destino final de suas embalagens, as quais são consideradas de alto risco para a biodiversidade, uma vez que apresentam características perigosas para o meio ambiente e a saúde humana. Essas embalagens muitas vezes contêm resíduos químicos e substâncias tóxicas que podem contaminar o solo, a água e os organismos vivos, comprometendo ecossistemas inteiros e representando uma ameaça à saúde pública. O descarte inadequado dessas embalagens pode resultar na contaminação de cursos d'água, afetando a fauna aquática e causando danos irreversíveis aos ecossistemas aquáticos. Além disso, a queima indiscriminada dessas embalagens pode liberar substâncias tóxicas no ar, contribuindo para a poluição atmosférica e representando um risco para a saúde respiratória das pessoas. Portanto, é crucial implementar medidas eficazes de gestão e reciclagem dessas embalagens para mitigar os impactos negativos associados ao seu tratamento e destino final.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve como objetivo realizar um diagnóstico das embalagens de defensivos agrícolas provenientes da produção de soja no município de Açailândia (Maranhão), visando apresentar propostas de melhorias na coleta e na destinação final das embalagens vazias, assim como investigar soluções viáveis para minimizar seus impactos e criar potencial econômico com retorno para a região.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como estratégias para atingir esse objetivo, o trabalho baseou-se nos seguintes pontos:

- Realizar um diagnóstico da produção de soja e uso de defensivos agrícolas no município de Açailândia;
- Realizar diagnóstico do processo de logística reversa de embalagens vazias de defensivos agrícolas (EVAs);
- Recomendar ações de otimização da gestão dos resíduos de defensivos agrícolas, de forma a adaptá-los à realidade específica de Açailândia, focando na eficiência e na sustentabilidade ambiental;
- Apresentar soluções viáveis para o destino final das embalagens, juntamente com o desenvolvimento de procedimentos com o intuito de reduzir os impactos pontuais causados pelas embalagens vazias de defensivos agrícolas em Açailândia, no Maranhão;
- Propor soluções que visam mitigar os impactos ambientais, promovendo práticas sustentáveis e alinhadas com os princípios da responsabilidade social.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. AS EMBALAGENS VAZIAS DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

Em "*Silent Spring*", escrito por Rachel Carson em 1964, a autora examinou o uso excessivo de produtos químicos agrícolas nas décadas de 1940 e 1950, mostrando que esse uso excessivo levou aos problemas de biodiversidade americanos. Em seu trabalho, o autor destaca o uso de defensivos agrícolas por motivos fúteis: "Esses *sprays*, esses pós, esses aerossóis são hoje quase universalmente usados em fazendas, em jardins, em florestas e em residências; são produtos químicos não seletivos que matam todos os tipos de insetos, bons e ruins; [...] isso ao mesmo tempo, mesmo que o propósito seja matar algumas ervas daninhas ou alguns insetos" (CARSON, 1964). Como resultado, as preocupações com o uso indevido desses produtos químicos existem desde a primeira metade do século XX. E desde então, muitos inseticidas foram banidos ou substituídos por outros considerados mais eficazes, e seu uso aumentou, principalmente em países onde a geografia é propícia para a agricultura (CARSON, 1964; PIGINATI et al., 2017).

Os autores López e Albuquerque (2018) observam que a política pública brasileira incentiva o crescimento do comércio de defensivos agrícolas por meio da cobrança de uma taxa mínima para o registro desses produtos e de isenções fiscais em alguns estados. Com o uso em larga escala de defensivos agrícola, surge um importante problema ambiental:

- O que deve ser feito com as embalagens desses produtos após o consumo?

Atualmente no Brasil, a nomeação desses pacotes é regida por um conjunto de leis e regulamentos que exigem a participação ativa de todos os relacionados ao produto em seu processo de nomeação. O projeto foi instalado com o fenômeno conhecido como Campo Limpo, sendo a logística reversa a técnica escolhida para a destinação correta das embalagens (PAIVA, 2023). A logística reversa de embalagens de defensivos agrícolas é um tema de grande importância, pois tais resíduos podem representar riscos à saúde humana e ao meio ambiente, caso não sejam corretamente gerenciados. Dessa forma, é essencial que sejam desenvolvidas

soluções para a gestão adequada desses resíduos, a fim de minimizar seus impactos (NOGUEIRA, 2020).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010) estabeleceu a obrigatoriedade da logística reversa de embalagens de defensivos agrícolas, ou seja, a responsabilidade pela destinação final desses resíduos é dos fabricantes, importadores e comerciantes desses produtos. Com isso, o setor agropecuário tem buscado soluções para a gestão desses resíduos, a fim de cumprir com as exigências da legislação. De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a logística reversa consiste no retorno das embalagens vazias aos pontos de venda, onde são armazenadas e enviadas para centros de recolhimento e, posteriormente, destinadas para reciclagem ou descarte adequado (MENDONÇA, 2020). No Brasil, a logística reversa de embalagens de defensivos agrícolas é regulamentada por diversas leis e normas técnicas, como a PNRS, a Lei dos defensivos agrícolas, a NBR 9843-3, entre outras. A implementação de sistemas de logística reversa é um desafio para o setor agropecuário, que tem buscado parcerias e soluções tecnológicas para viabilizar essa atividade.

A gestão de embalagens de defensivos agrícolas requer um esforço conjunto de diferentes setores, desde o produtor rural até os fabricantes e importadores de defensivos agrícolas. A conscientização e a participação dos produtores rurais são essenciais para a logística reversa, uma vez que eles são os responsáveis pelo manuseio e armazenamento adequado das embalagens vazias (MARSOLA, 2021). O processo envolve atividades complexas e desafiadoras com diversas etapas, desde a coleta até a destinação final adequada. A implementação de sistemas de logística reversa bem-sucedidos depende de uma série de fatores, como a infraestrutura disponível, a conscientização dos envolvidos e a legislação vigente (OLIVEIRA, 2021). Além disso, esse mecanismo pode ser visto como uma oportunidade para a implementação de práticas sustentáveis no setor agropecuário, de modo que a gestão adequada desses resíduos pode contribuir para a redução da poluição ambiental,

bem como para a promoção da saúde pública e da qualidade de vida das comunidades rurais (PIGNATI, 2017).

A logística reversa de embalagens de defensivos agrícolas é um tema complexo e que envolve diferentes perspectivas e interesses. A implementação de sistemas de logística reversa bem-sucedidos depende da colaboração de diferentes atores, como produtores rurais, fabricantes, importadores e comerciantes de defensivos agrícolas, bem como órgãos governamentais, entre esses o mais bem sucedido o Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (inpEV) (LEITE, 2017). Desde a sua criação, o inpEV afirma ter reciclado mais de 500 mil toneladas de embalagens vazias e 93% das embalagens resultantes viraram matéria-prima para um ou outro ciclo produtivo (inpEV, 2022).

O tratamento comumente dispensado a esse tipo de embalagem, antes da legislação que está em vigor, era de 15% dispostas no campo, 10% armazenadas ao relento, 25% queimadas a céu aberto e 50% doadas ou vendidas sem nenhuma fiscalização (LEITE, 2017). O abandono dessas embalagens em solo pode levar a contaminação de corpos d'água, devido à lixiviação ou percolação de águas que entraram em contato com o agroquímico. Alguns estudos comprovam que a água contaminada pode percorrer grandes distâncias e ser detectada em locais distintos de onde o defensivo foi aplicado (MENDONÇA, 2020).

Os descartes das embalagens e dos resíduos, até o ano 2000, podiam ser realizados pelo próprio agricultor, conforme o artigo 45 do decreto nº 98.816/1990. Ele poderia incinerar, aterrar, e realizar outros procedimentos, desde que observasse as orientações contidas na bula do produto (BRASIL, 1990). Atualmente os invólucros utilizados para transportar os pesticidas são compostos de plástico ou metal, mas, por muito tempo, usou-se o vidro como material na composição dessas embalagens, já que esse material não absorve umidade, é reciclável e não reativo, entre outras vantagens (ALENCAR et al., 1998). Contudo, o problema do vidro está relacionado à sua fragilidade, o que estimulou a sua descontinuação (MACHADO, 2016). Por

outro lado, as embalagens plásticas são leves, não oxidáveis, resistentes a impactos e mais baratas que os recipientes de vidro. No entanto, algumas podem ser reativas, absorver umidade e o processo de reciclagem pode ser bastante complexo, devido à diversidade de polímeros existentes, de modo que são limitados os tipos de polímeros em sua composição (LEITE, 2017).

O crescimento do número de embalagens desse material utilizado para esse fim motivou um esforço conjunto entre empresas de defensivos agrícolas, órgãos governamentais e 15 órgãos públicos para criar uma logística eficiente para o descarte adequado desse tipo de embalagem. Consequentemente, várias normas foram desenvolvidas para a correta destinação final dessas embalagens (inpEV, 2022).

Os resíduos sólidos são classificados de acordo com os processos e atividades que os geram e os elementos que os compõem, pois de acordo com esses fatores os resíduos podem gerar impactos ambientais e à saúde (ABNT, 2004). Nesse cenário, a ABNT desenvolveu a norma NBR 10.004, que estabelece os critérios para classificação dos resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública. Essa norma é fundamental para orientar a gestão adequada dos resíduos, incluindo as embalagens vazias de defensivos agrícolas, garantindo a sua destinação final correta e a redução dos impactos ambientais associados ao seu tratamento. A classificação adequada dos resíduos é essencial para o desenvolvimento de políticas e práticas sustentáveis, promovendo a preservação dos recursos naturais e a promoção da saúde da população. Dessa forma, em 2004, os resíduos sólidos foram reclassificados em dois tipos (ABNT, 2004), conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação dos resíduos sólidos.

Resíduos classe I – Perigosos	São aqueles que apresentam algum nível de periculosidade de acordo com as categorias de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.
Resíduos classe II – Não perigosos	Não Inertes: Resíduos que não se encaixam na classe I e possuem propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade e solubilidade em água.
	Inertes: São aqueles que, após testes, seus constituintes não são solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água.

Fonte: Adaptado da ABNT, 2004.

Segundo com esta norma, as embalagens de defensivos agrícolas devem ser classificadas como Classe I. De acordo com a Lei nº 7.802/1989, os defensivos agrícolas compreendem agentes químicos, físicos ou biológicos capazes de alterar a composição de animais e plantas para protegê-los de potenciais danos de exposição de organismos. Para atingir esse objetivo, os defensivos agrícolas possuem um certo nível de toxicidade, variando de levemente tóxico a extremamente tóxico, de acordo com a classificação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (MENDES, 2018). No entanto, os riscos podem ser mitigados pelo processo de limpeza das embalagens, tais como “tríplice limpeza (manual) ou pressurização (mecânica)” conforme orienta a NBR 13.968 (BRASIL, 1997).

Vale ressaltar que a limpeza é uma etapa muito importante para a destinação correta, pois evita a contaminação e permite um descarte mais seguro e a futura reciclagem dessa embalagem (CHIQUETTI, 2005), assim como o documento especifica qual deve ser o procedimento para embalagens laváveis para que pelo menos parte delas se transformem em lixo comum. No entanto, lavar a embalagem não a torna “inofensiva”, visto que de acordo com a NBR 11.564 (2002, p.3): "Recipientes vazios, mas não limpos, contendo substâncias perigosas devem ser considerados substâncias perigosas", classificadas como de baixo risco para fins de transporte (ABNT, 2002; BRASIL, 1997).

3.2. TECNOLOGIA REVERSA DE EMBALAGENS DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

Atualmente, o correto destino das embalagens vem sendo uma preocupação de toda a sociedade, pois se o seu manejo e descarte não forem realizados de forma adequada, tornando-se uma problemática tanto para a saúde como para o meio ambiente, logo a má utilização tem causado prejuízos agravantes. Diante disso, objetivou-se analisar os métodos adequado e inadequado do manejo das embalagens de agroquímicos, a fim de alertar sobre os malefícios ao meio ambiente e à saúde (MARQUES, 2016).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) alerta que a intoxicação gera uma grande preocupação para os produtores que utilizam produtos tóxicos, e que inúmeras vezes armazenam as embalagens em locais impróprios, ou até mesmo no manuseio sem as devidas precauções. O meio ambiente também é uma grande vítima do manuseio incorreto, tanto as que são jogadas no solo, as quais, além de contaminá-lo, levam anos para poder se deteriorar, bem como os rios que sofrem contaminação por esses poluentes, sendo que muitas vezes são lavadas e até mesmo jogadas nos recursos hídricos, causando graves impactos ambientais (ARAGOS, 2021). Portanto, as que são descartadas de forma incorreta podem elevar os índices de poluição, de modo que leis que regulamentam o descarte correto foram criadas, servindo tanto para controlar a poluição quanto para prevenir doenças causadas por agentes químicos contidos nas embalagens. Essas leis servem de alerta ao fabricante, pois quem não cumprir pode ser autuado e multado (CARVALHO, 2020). Dessa forma, as embalagens vazias devem ser entregues no ponto de compra ou nos pontos de recolha disponibilizados pelo município. Deve-se notar que existem diferentes tipos de embalagens, por ex., lavável e não lavável. Essa informação está no rótulo da embalagem, onde o usuário deve ler com atenção para saber como retirar ou mesmo lavar corretamente algumas embalagens, e como conservá-las até a coleta (BUENO, 2016). Visando minimizar o problema de contaminação, a legislação instituiu o retorno das embalagens dos defensivos agrícolas com a utilização do processo da logística reversa. Essa logística consistente em um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar

a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para aproveitamento em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou para destinação final ambientalmente adequada (RAETANO, 2011). A aplicação da logística reversa requer integração entre União, Estados, Municípios e particulares, que irão somar investimentos e esforços com a preocupação da conservação do meio ambiente (MARQUES, 2016).

São vários motivos identificados para o crescimento da logística reversa, como a crescente preocupação com os impactos ambientais causados por materiais e produtos que no seu pós-uso são dispostos de forma indesejável na natureza, pela compressão crescente nas margens de rentabilidade, o que leva, por vezes, as empresas a buscarem oportunidades em focos antes não bem explorados, pelo menor Ciclo de Vida do produto em função da necessidade do consumidor em querer coisas novas, pela maior exigência dos mercado que não relutam em devolver produtos que lhe chegam com alguma discrepância (LOPES, 2013). Ainda de acordo com esse autor, as principais razões que levam as empresas a atuarem mais fortemente na logística reversa são:

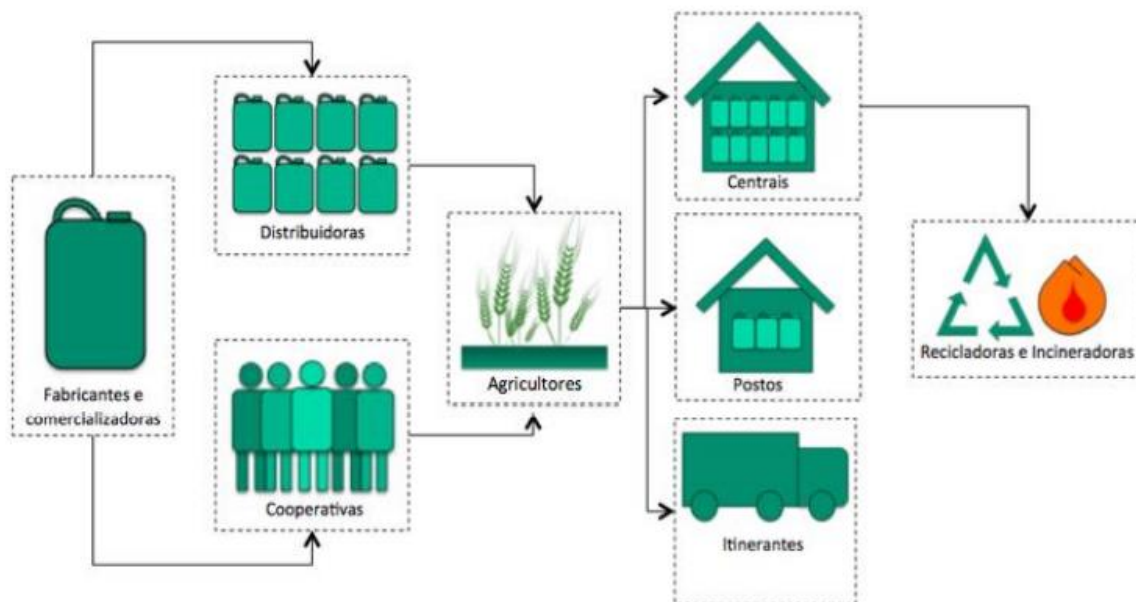
- Legislação Ambiental, que força as empresas a retornarem seus produtos e cuidar do tratamento necessário; benefícios econômicos do uso de produtos que retornam ao processo de produção, ao invés dos altos custos do correto descarte do lixo; a crescente conscientização ambiental dos consumidores; razões competitivas - diferenciação por serviço; limpeza do canal de distribuição; proteção de margem de lucro; e recaptura de valor e recuperação de ativos.

- Os benefícios gerados pela logística reversa ultrapassam os aspectos legais, como redução de custos de estocagem e armazenagem, aumento do ciclo de vida do produto ou dos seus derivados, além da preservação ambiental; esses benefícios podem ser alcançados concomitantemente (LOPES, 2013).

O manejo da logística reversa das embalagens vazias de defensivos agrícolas emerge como uma ferramenta essencial na redução dos impactos ambientais, conforme ilustrado na

Figura 1, decorrentes da inadequada disposição desses recipientes. Constitui-se como um requisito progressivamente adotado para o avanço no setor agrícola, visando à correta destinação dos resíduos perigosos gerados por essa atividade (OLIVEIRA, 2012).

Figura 1 - Logística do destino das embalagens de defensivos agrícolas.



Fonte: Adaptado do Relatório de sustentabilidade inpEV, 2018.

A problemática do armazenamento de defensivos agrícolas em diversas propriedades suscita preocupações significativas no contexto atual. Apesar da existência de legislações nacionais que delineiam a obrigatoriedade da construção de instalações apropriadas para tal finalidade, constata-se uma notável resistência à conformidade com essas normativas. Essa resistência é particularmente evidente entre os produtores de pequeno e médio porte, cujas limitações, tanto em termos de conscientização quanto de recursos econômicos, os levam a negligenciar a construção de estruturas adequadas para o armazenamento dos defensivos agrícolas destinados às suas plantações (HAHMED, 2014).

Embora órgãos do governo com entidades envolvidas no processamento de embalagens mencione a importância da conscientização, ainda está muito distante, pois muitos produtores não são devidamente informados sobre o correto uso e manipulação das embalagens de defensivos agrícolas (RIBEIRO, 2021). E, além disso, alguns desses produtores possuem baixa

escolaridade, o que faz com que atitudes básicas, como ler e entender as bulas dos produtos fitossanitários, levam ao uso e armazenamento de forma inadequada dos produtos, contribuindo para a contaminação do solo, rios e, também, ocasionando acidentes com as pessoas que manipulam esses produtos (SOUSA, 2012).

De acordo com Hahmed (2014), acidentes com defensivos agrícolas em propriedades rurais que fazem o uso dos mesmos e armazenam os produtos de forma inadequada são preocupantes. Um desses acidentes causados pelo armazenamento inadequado é a intoxicação de humanos e animais, assim como estima-se que ocorram no mundo cerca de três milhões de intoxicações por defensivos agrícolas com 220 mil mortes por ano (BARROSO; WOLFF, 2012). Diante disso, alguns estudos têm demonstrado como o armazenamento inadequado desses produtos são comuns nas propriedades rurais. Em uma pesquisa realizada por Espíndola (2011), nem todas as propriedades analisadas tinham instalações adequadas para o armazenamento dos defensivos agrícolas, uma vez que, em geral, muitas áreas de cultivo estão localizadas longe da sede principal e, nesse caso, as instalações são bem precárias e construídas apenas com lonas plásticas pretas ou brancas, com solo exposto e às vezes sem ventilação. E em muitos casos, o manuseio dos produtos acaba ocorrendo primeiramente dentro dessas instalações e, em outros, o mesmo espaço é dividido para o preparo das embalagens. Em estudo realizado por Carvalho (2020), grande parte dos defensivos agrícolas, 64,9%, é armazenada de maneira incorreta. Estes são armazenados em depósitos temporários, com outros produtos, na própria lavoura. Segundo os produtores, eles guardam apenas defensivos agrícolas fechados em casa, sendo está, também, uma maneira incorreta de armazenamento. Assim, tanto os agricultores quanto suas famílias, os animais e o meio ambiente estão expostos à contaminação e intoxicação por defensivos agrícolas em decorrência do armazenamento inadequado desses produtos (RIBEIRO, 2021). Também, vale destacar que os pesticidas são vulneráveis a roubo, vandalismo, uso indevido (acidental ou intencional) ou exposição a condições climáticas

extremas durante o armazenamento. Dessa forma, é importante conhecer as condições mínimas para construir e manter um local adequado para armazenamento de produtos tanto para o usuário, para terceiros e para o meio ambiente (HAHMED, 2014).

3.3. APLICAÇÃO DA ECONOMIA CIRCULAR E O PROJETO CAMPO LIMPO

O Projeto Campo Limpo é uma iniciativa que teve início em 1999 com o propósito de viabilizar a destinação adequada das embalagens vazias de defensivos agrícolas. A implementação desse projeto resultou na criação de um sistema de logística reversa, que possibilitou a reciclagem dessas embalagens, contribuindo para a preservação ambiental e fomentando a economia circular (COSTA, 2019). Desde sua concepção, o projeto acumulou mais de 620 mil toneladas de embalagens coletadas, evidenciando uma média significativa de recebimento anual. Além disso, foram estabelecidas 459 unidades de recebimento em todo o território nacional, garantindo a abrangência e eficiência do projeto em âmbito nacional (MAGALHÃES, 2022).

O Projeto Campo Limpo é uma referência mundial em termos de logística reversa e economia circular. Isso porque, além de promover a reciclagem das embalagens, o projeto também estimula a conscientização ambiental dos produtores rurais e de toda a cadeia produtiva do agronegócio (CARVALHO, 2020). Ao longo dos anos, o projeto tem investido em tecnologia e inovação para melhorar ainda mais a eficiência da logística reversa. Um exemplo disso é a criação de um processo que transforma as embalagens em matéria-prima para a produção de outros produtos, como tubos corrugados e sarrafos de madeira plástica (CARNEIRO, 2022). Dessa maneira, o projeto é uma iniciativa que tem como objetivo dar uma destinação adequada às embalagens vazias de defensivos agrícolas, evitando que elas sejam descartadas de forma inadequada no meio ambiente. Além de ter um impacto positivo na preservação ambiental, o projeto também está relacionado com a economia circular (MARSOLA, 2021).

A economia circular é um conceito que propõe uma forma mais sustentável de produção e consumo, baseada na redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e recursos. Ao adotar a economia circular, busca-se reduzir o desperdício e maximizar o uso dos recursos disponíveis, gerando benefícios econômicos, sociais e ambientais (CARNEIRO, 2022). No contexto do Projeto Campo Limpo, a economia circular se manifesta de várias formas. Em primeiro lugar, ao dar uma destinação adequada às embalagens vazias de defensivos agrícolas, evita-se a contaminação do solo, da água e do ar, preservando o meio ambiente e protegendo a saúde das pessoas e dos animais (COSTA, 2019). Além disso, as embalagens coletadas pelo Projeto Campo Limpo são recicladas e transformadas em novos produtos, como tubos e conexões para irrigação, caixas d'água, postes de cerca e até mesmo móveis (MARSOLA, 2021). Dessa forma, é possível reduzir a demanda por matérias-primas virgens e gerar renda para os catadores e cooperativas que participam do processo de reciclagem. Outro papel que o Projeto Campo Limpo desempenha é na educação ambiental, na qual são realizadas campanhas de conscientização e capacitação voltadas aos agricultores. Essas iniciativas visam estimular o uso seguro e responsável de defensivos agrícolas, além de incentivar a redução do desperdício e o reaproveitamento de materiais (MAGALHÃES, 2022; LEITE, 2017). Dessa maneira, e de acordo com Carvalho (2020), o Projeto Campo Limpo contribui para a economia circular ao fomentar a inovação e o desenvolvimento de novas tecnologias e soluções para o reaproveitamento de materiais.

3.4. TRÍPLICE LAVAGEM DAS EMBALAGENS DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

A produção de soja é uma atividade que tem impactos significativos no meio ambiente. Uma das questões ambientais mais preocupantes é a forma como os produtos químicos utilizados na produção agrícola são descartados, especialmente os defensivos agrícolas. A tríplice lavagem das embalagens de defensivos agrícolas é uma prática que visa minimizar esses impactos, e sua falta pode gerar graves consequências (LAUERMANN, 2020).

A tríplex lavagem é um processo que consiste em lavar as embalagens de defensivos agrícolas três vezes com água, a fim de remover os resíduos do produto químico. Essa prática é importante porque as embalagens contaminadas podem causar sérios danos ao meio ambiente e à saúde humana (CHIQUETTI, 2005). Quando as embalagens não são devidamente lavadas, existe o risco de liberação de resíduos tóxicos no solo e na água. Esse fenômeno pode ocorrer devido à presença de resíduos remanescentes dos defensivos agrícolas que ficam aderidos às superfícies internas das embalagens. Com o tempo, esses resíduos podem se desprender e serem carregados pela água da chuva ou pela irrigação, infiltrando-se no solo ou chegando diretamente aos corpos d'água próximos (MAGALHÃES, 2022). Assim, os impactos ambientais da deficiência da tríplex lavagem das embalagens de defensivos agrícolas são alarmantes, bem como o descarte inadequado dessas embalagens pode resultar em poluição da água, do solo e do ar, além de causar a morte de animais e plantas que são expostos aos produtos químicos.

A contaminação da água pode afetar o abastecimento público, tornando a água imprópria para o consumo humano e animal (MARSOLA, 2021). Também, a exposição aos defensivos agrícolas pode causar graves problemas de saúde em humanos, como câncer, problemas respiratórios, neurológicos e hormonais, além de afetar o sistema reprodutivo. Esses problemas podem ser causados pela ingestão de água e alimentos contaminados ou pelo contato direto com os produtos químicos durante a aplicação e o descarte das embalagens (LAUERMANN, 2020). Nesse contexto, e visando minimizar esses impactos ambientais, é fundamental que as embalagens de defensivos agrícolas sejam corretamente lavadas e descartadas.

A tríplex lavagem deve ser realizada em locais apropriados, como postos de coleta de embalagens vazias, e as embalagens devem ser encaminhadas para destinação adequada, que pode ser a reciclagem ou a incineração em aterros especiais. É importante ressaltar que a responsabilidade pelo descarte correto das embalagens é de todos os envolvidos na cadeia

produtiva, incluindo fabricantes, distribuidores, agricultores e órgãos governamentais (ALENCAR, 1998). E o manuseio inadequado ou a lavagem inadequada das embalagens de pesticidas podem causar poluição ambiental e humana. Se tudo isso prejudica a saúde das pessoas, imagine a saúde dos trabalhadores rurais que são expostos regularmente e diretamente a essas substâncias (ALMUSSA, 2009).

As embalagens têm tamanhos, modelos e composição diferentes, podendo ser divididas basicamente em dois grupos: laváveis ou não laváveis. As laváveis são compostas por materiais rígidos (plásticas e metálicas), sendo que a maioria são de plásticos dos tipos: polietileno de alta densidade (PEAD), polietileno co-extrudado (COEX) e polipropileno (PP). O grupo das laváveis representam a maioria, que são os tambores plásticos de 20 a 200 litros, as bombonas de 10 a 20 litros, e as de 1 a 5 litros (BERNARDI; HERMES; BOFF, 2018). O grupo das laváveis tem alto potencial de reciclabilidade, entretanto é obrigatório a execução do processo intitulado de “tríplice lavagem”, que consiste na limpeza da embalagem após o uso do agroquímico ainda na propriedade rural. Neste caso, a embalagem deve receber água limpa até $\frac{1}{4}$ do seu volume, seguido de agitação por 30 segundos, despejo do conteúdo no tanque de aplicação. Este procedimento deve ser repetido por três vezes, sendo finalizado com a operação de perfuração do fundo da embalagem. Esse procedimento garante a remoção adequada dos resíduos de defensivos agrícolas das embalagens, tornando-as seguras para o reaproveitamento ou reciclagem (BERNARDI; HERMES; BOFF, 2018).

Por outro lado, o grupo das não laváveis, que também são conhecidas como embalagens secundárias, trata-se de embalagens flexíveis compostas, principalmente, por plástico, papel, metalizados e mistos. Como exemplo dessas embalagens destacam-se produtos para tratamento de sementes, caixas de papelão, cartuchos de cartolina e fibralata (INPEV, 2022). Estas embalagens, juntamente com as demais que não passam pela tríplice lavagem, têm como destino a incineração (LAUERMANN, 2020).

A legislação brasileira sobre embalagens e descontaminação apresenta uma evolução significativa ao longo do tempo. Inicialmente, destaca-se a Lei dos Defensivos Agrícolas (BRASIL, 1989), seguida pela atualização dessa lei em 2000. Posteriormente, em 2002, foi estabelecido o Decreto dos Defensivos Agrícolas, complementando a legislação existente. Em paralelo, em 2010, foi promulgada a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que trouxe diretrizes adicionais sobre a destinação adequada de resíduos e embalagens. Conforme estabelecido na Lei dos Defensivos Agrícolas, os agricultores são obrigados a realizar a tríplice lavagem das embalagens rígidas, seguida pela perfuração, e devolvê-las dentro de um ano a partir da data de compra, em um local indicado na nota fiscal. Por sua vez, os comerciantes são responsáveis por fornecer um local para a devolução das embalagens, já especificado na nota fiscal de venda. E, por fim, os postos e centrais de recebimento têm a responsabilidade de receber as embalagens vazias e realizar sua separação, distinguindo entre contaminadas e não contaminadas (BRASIL, 1989), assim como cabe ao fabricante do produto encaminhar as embalagens lavadas para reciclagem ou incinerar de acordo com a Figura 2.

Figura 2 - Responsabilidade dos atores envolvidos na cadeia logística dos defensivos.

	Indústria de defensivos agrícola • Realizar a destinação final das embalagens de agroquímicos; • Implementar programas educativos e ações de estímulos à lavagem e devolução nas centrais de recebimento
	Comércio varejista • Orientar o procedimento de tríplice lavagem; • Indicar o local de devolução para embalagem vazia
	União e estados • Fiscalizar o uso dos defensivos agrícolas; • Fiscalizar a devolução das embalagens
	Agricultores • Realizar tríplice lavagem; • Realizar devolução das embalagens vazias e lavadas

Fonte: Adaptado do Relatório de sustentabilidade inpEV, 2022.

No Brasil, o maior obstáculo a ser superado para um sistema de logística reversa (LR) é o alto custo de transporte devido a longas distâncias (ARAGOS, 2021), uma infraestrutura logística precária (ARKADER, FERREIRA, 2004) e a predominância do modal rodoviário (MOREIRA et al., 2021). Existem regiões no Brasil com baixa densidade populacional e falta de infraestrutura que levam a condições de mobilidade reduzidas, marcadas pela falta de rede viária e/ou alto nível de degradação viária (MENDONÇA, 2020).

Especificamente para a logística reversa dar certo, é necessário a tríple lavagem feita de maneira correta, ocorrendo uma preocupação adicional em relação à variedade de agentes na cadeia reversa, o que se torna um desafio a ser superado tanto pelo setor privado quanto pelo público (GUARNIERI, 2020). A efetividade da logística reversa de embalagens vazias de defensivos agrícola é diretamente afetada pela disposição final dos produtos recuperados, que depende da lavagem adequada dos recipientes (BASSI, 2020). O resíduo de pesticidas que pode permanecer nos recipientes após o uso é uma grande preocupação ambiental devido ao uso massivo desses recipientes e ao risco de contaminação que representam (LI, HUANG, 2018; MENDONÇA, 2020).

O triplo enxágue é o método a ser utilizado na ausência de equipamentos mecânicos de enxágue específicos. Provavelmente, é a opção mais prática em economias em desenvolvimento. Pode ser usado para limpar recipientes de todos os tamanhos, mas a técnica é ligeiramente diferente para recipientes pequenos, que podem ser agitados à mão, como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Exemplo de tríplice lavagem de embalagens.



Fonte: FAO, 2019.

Para recipientes pequenos, o suficiente para serem agitados manualmente, o relatório da inpEV 2022 descreve as etapas da tríplice lavagem de acordo com o esquema abaixo:

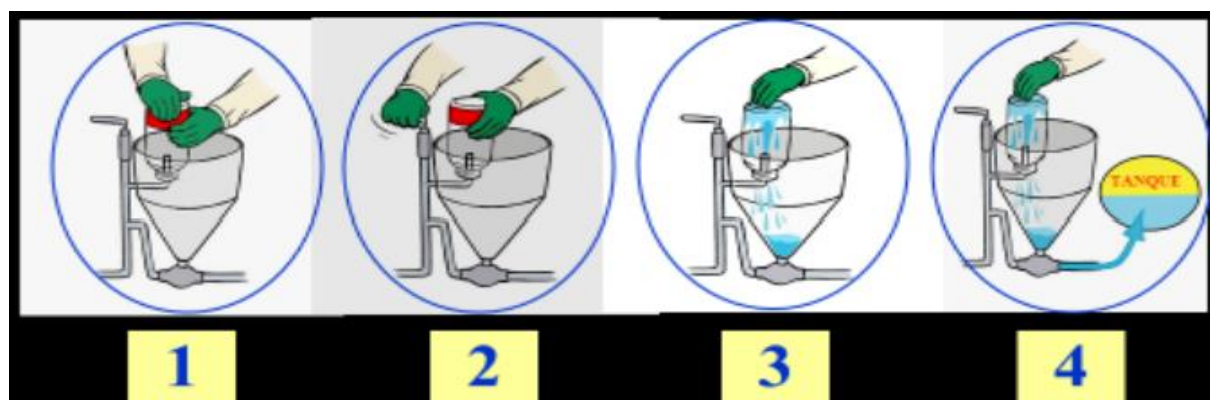
- É necessário esvaziar o conteúdo restante no equipamento de aplicação ou tanque de mistura e deixar drenar por pelo menos 30 segundos após o fluxo começar a pingar;
- Encher o recipiente 1/4 com água limpa;
- Fechar a tampa com segurança;
- Agitar, girar e inverter o recipiente para que a água alcance todas as superfícies internas;
- Adicione o enxágue no equipamento de aplicação ou tanque de mistura ou armazene para uso ou descarte posterior;
- Deixar o recipiente drenar por 30 segundos após o fluxo começar a pingar;
- O procedimento deve ser repetido pelo menos mais duas vezes até que o recipiente pareça limpo.

Para recipientes que são muito grandes para serem agitados manualmente, recomenda-se as seguintes etapas:

- Esvazie o conteúdo restante no equipamento de aplicação ou tanque de mistura;
- Encha o recipiente 1/4 com água;
- Substitua e aperte os fechamentos;
- Incline o recipiente de lado e role-o para frente e para trás, garantindo pelo menos uma revolução completa, por 30 segundos;
- Coloque o recipiente na posição vertical e incline-o para frente e para trás várias vezes;
- Vire o recipiente para o outro lado e incline-o para frente e para trás várias vezes;
- Esvazie o enxágue no equipamento de aplicação ou tanque de mistura ou armazene o enxágue para uso ou descarte posterior;
- Repita este procedimento pelo menos mais duas vezes até que o recipiente pareça limpo.

Equipamentos de enxágue sob pressão utilizam água pressurizada (tipicamente três atmosférico - atm) na forma de um jato estático ou rotativo e uma válvula. Os jatos de água atingem as superfícies internas do recipiente, removendo e dissolvendo os resíduos de pesticidas. Alguns equipamentos de enxágue sob pressão incluem um dispositivo pontiagudo que penetra nas paredes do recipiente para fins de enxágue, oferecendo assim a vantagem adicional de tornar o recipiente inutilizável para armazenamento (QUEIROS, 2020). Esses dispositivos devem ser usados de acordo com as instruções dos fabricantes para evitar lesões ao operador. Exemplos de enxágues sob pressão são mostrados na Figura 4.

Figura 4 - Dispositivos de enxágue sob pressão.



Fonte: COSTA, 2019.

Pires (2019) descreve o procedimento para enxágue sob pressão de recipientes maiores e aplicadores agrícolas:

- Usar os equipamentos de proteção individual listados no rótulo do produto;
- Instalar a ponta de enxágue sob pressão na mangueira conectada a uma fonte de água capaz de fornecer três bar de pressão;
- Permitir que a formulação goteje e drene do recipiente para o tanque do pulverizador por pelo menos 30 segundos;
- Pressionar firmemente a extremidade da ponta de enxágue sob pressão na lateral ou fundo do recipiente de pesticida até que a sonda seja inserida e encaixada, em seguida, ligar e enxaguar o recipiente por pelo menos 30 segundos com a água drenando para o tanque do pulverizador;
- Durante o enxágue, balançar e girar a ponta para que os jatos de água alcancem todas as superfícies internas do recipiente;
- Certificar-se de que as alças ocas sejam adequadamente enxaguadas. Para pesticidas formulados em solvente ou óleo e que não são solúveis ou dispersíveis em água, o processo de enxágue deve usar um solvente como meio de enxágue.

- Os enxágues com solvente podem não ser adequados para serem adicionados ao produto formulado para aplicação, caso em que devem ser tratados como resíduos de pesticidas e serem descartados de maneira ambientalmente adequada;

- Enxágue automatizado com solvente e esmagamento de tambor.

Equipamentos de limpeza com precisão estão disponíveis para enxaguar recipientes que continham pesticidas à base de óleo e solvente. Tal equipamento tem sido utilizado com eficácia para limpar e esmagar os recipientes vazios resultantes de campanhas para controlar o gafanhoto do deserto, como mostra a Figura 5.

Figura 5 - Prensa para tambor de defensivos agrícolas não solúveis em água.



Fonte: FAO, 2019.

3.5. RISCOS ASSOCIADOS A EMBALAGENS VAZIAS DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

No início do século XX, iniciou-se o alto consumo de defensivos agrícolas no Brasil com produtos derivados de componentes químicos que são utilizados no combate de pragas, entre esses, compostos inorgânicos à base de flúor, arsênico, mercúrio, selênio, chumbo e sais de cobre e zinco, que causam males significativos à saúde (RIBEIRO, 2022). Com grande consumo nas décadas de 1960 e 1980, o Brasil tornou-se o terceiro maior consumidor do mundo de defensivos agrícolas, aumentam assim os problemas de saúde devido ao contato químico e o seu descarte incorreto (MOSSOLIM, 2017).

Atualmente, o Brasil ocupa a posição de quarto maior consumidor de defensivos agrícolas do mundo, segundo dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (Food and Agriculture Organization - FAO) referentes a 2020. No entanto, o Brasil segue como referência mundial no recolhimento de embalagens de defensivos agrícolas, bem como a Figura 6 mostra a quantidade de embalagens coletadas pelo inpEV, com cerca de 90% de retorno (inpEV, 2023).

Figura 6 - Quantidade de embalagens coletadas pelo inpEV.



Fonte: inpEV, 2023.

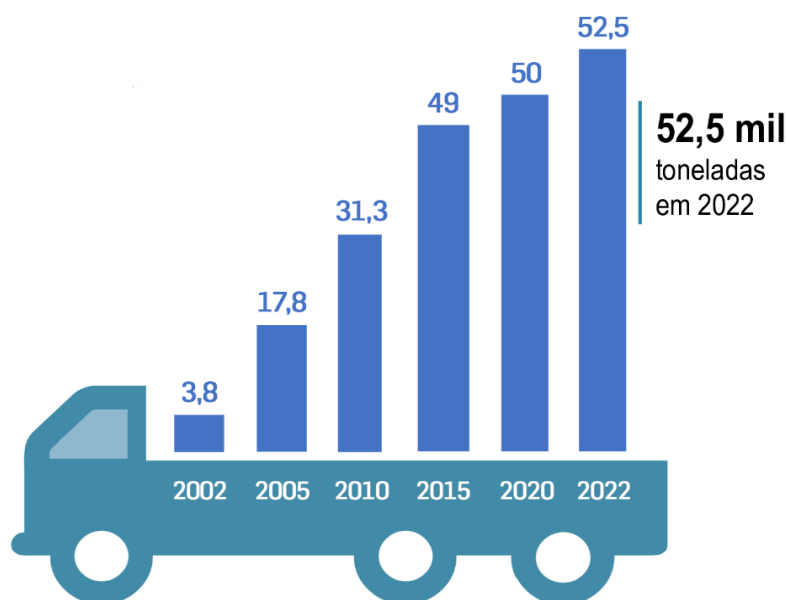
No Brasil, 92% das embalagens plásticas primárias comercializadas são destinadas pelo inpEV. O índice médio brasileiro de destinação de embalagens vazias é calculado dividindo-se a massa total destinada pelo Sistema Campo Limpo pela massa total de colocada no mercado pelos fabricantes. No entanto, no momento do cálculo do índice, parte colocada no mercado pelos fabricantes podem não ter sido esvaziadas pelos agricultores ou permanecerem nos estoques dos canais de distribuição e, portanto, ainda não foram devolvidas nas unidades do Sistema (inpEV, 2023).

Essa quantidade de embalagens “não-esvaziadas” ou “não-vendidas” ao consumidor final são estimadas anualmente e deduzidas da quantidade informada pelos fabricantes para o cálculo do índice médio. Alguns fatores justificam essa possível demora no uso dos produtos, entre eles, variações climáticas que podem diminuir a ocorrência de insetos, doenças ou de plantas daninhas e o aumento do plantio de variedades geneticamente modificadas e resistentes

à insetos e doenças, reduzindo a necessidade do uso de defensivos agrícolas (inpEV, 2023). Além disso, outro fator que pode resultar numa venda menor do que a prevista pelos distribuidores é o uso de produtos ilegais, falsificados ou contrabandeados, cujas embalagens não são devolvidas pelo agricultor. Estima-se hoje que o uso destes produtos esteja em 21,9% no acumulado, resultando em potencial dano ambiental, uma vez que estas embalagens não têm destinação adequada (inpEV, 2023).

Segundo dados do inpEV (2022), o perigo do descarte incorreto das embalagens de defensivos agrícolas é que a exposição pode causar doenças sérias, como distúrbios respiratórios, neurológicos e até câncer. Antigamente, os produtores e agricultores se viam obrigados a queimar as embalagens, e, também, era comum a reutilização delas. A Figura 7 apresenta o desenvolvimento da coleta de embalagens no Brasil após a implantação do Sistema Campo Limpo inserido na dinâmica da econômica circular.

Figura 7 - Embalagens destinadas pelo Sistema Campo Limpo (em mil toneladas).



Fonte: inpEV, 2023.

Lamentavelmente, as informações mais recentes sobre intoxicação de agricultores por defensivos agrícolas no Brasil são de 2019, e foram publicadas pelo Ministério da Saúde em seu Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN, 2019), em que foram registrados 2.315 casos de intoxicação por defensivos agrícolas em trabalhadores rurais no Brasil, com 89 óbitos. Os estados que apresentaram maior número de casos foram Mato Grosso, Paraná, São Paulo, Rio Grande do Sul e Minas Gerais. É importante lembrar que esses números provavelmente subestimam a real incidência de intoxicações por defensivos agrícolas no país, devido a subnotificação e dificuldades na identificação e notificação dos casos (BRASIL, 2023). Além disso, a exposição a defensivos agrícolas também pode ter efeitos crônicos na saúde dos trabalhadores, como doenças neurológicas, respiratórias e câncer, que podem não ser diagnosticados como intoxicação aguda (VASCONCELOS, 2012). Essas intoxicações, quando são lentas, podem gerar câncer e doenças que podem se reproduzir nos filhos, enquanto a intoxicação aguda pode levar à morte. As intoxicações podem vir via contaminação do meio ambiente, ou seja, solo, águas, plantas, semente, alimentos e o ar que respiramos (GUEIROS, 2013).

O uso de defensivos agrícolas traz muitos pontos negativos para a saúde humana, doenças crônicas causadas pelos defensivos agrícolas nos trabalhadores e populações que residem próximo às áreas rurais e consumidores em geral, levando à má formação fetal, dores de cabeça constantes, diarreia, vômitos, desmaios, náuseas, problemas nos rins, doenças de pele, irritação ocular e auditiva, depressão, lesão neurológica, câncer, neurite na coluna neurológica cervical, problemas hormonais, neurológicos e reprodutivos. Além disso, a contaminação pode acontecer a partir de alimentos, na poluição de rios, onde erroneamente são lavadas as embalagens, bem como a intoxicação e morte de muitos animais, com riscos de espécies entrarem em extinção (BRASIL, 2022; INCA, 2022).

Segundo o item 2.4 do objetivo 2 da Agenda 2030, é fundamental garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem produtividade e a produção que ajudem a manter os ecossistemas. Nesse sentido, a aplicação do manejo e destino adequado das embalagens de defensivos agrícolas pode ser utilizada como ferramenta para a efetivação da Agenda 2030.

Os defensivos agrícolas mais comuns usados na cultura da soja incluem herbicidas, inseticidas e fungicidas. Embora esses produtos sejam importantes para garantir a produtividade e a qualidade dos cultivos, alguns deles podem ter efeitos adversos na saúde humana (BRASIL, 2017). Os herbicidas mais comuns usados na soja incluem o glifosato e o 2,4-D. O glifosato é um herbicida de amplo espectro que age inibindo uma enzima necessária para o crescimento de plantas. Embora o glifosato tenha sido considerado seguro pela maioria das agências reguladoras, alguns estudos sugerem que ele pode estar associado a um maior risco de câncer, distúrbios hormonais e problemas de saúde reprodutiva (IDEC, 2020).

O 2,4-D é outro herbicida comum usado na soja, que age de forma semelhante ao glifosato. Ele também foi associado a alguns efeitos adversos na saúde humana, incluindo riscos aumentados de câncer, danos ao sistema nervoso e problemas de saúde reprodutiva (VASCONCELOS, 2012). Entre os inseticidas mais usados na soja, estão os piretróides, organofosforados e neonicotinóides. Os piretróides são frequentemente usados para controlar pragas como a lagarta-da-soja e o bicudo-do-algodoeiro. Embora sejam considerados relativamente seguros para os seres humanos, alguns estudos sugerem que eles podem estar associados a distúrbios hormonais e problemas neurológicos (IDEC, 2020).

Os organofosforados são outro grupo de inseticidas comuns na soja, que atuam como inibidores da colinesterase, uma enzima crucial para a transmissão de impulsos nervosos. Eles foram associados a efeitos adversos na saúde humana, como problemas respiratórios, distúrbios neurológicos e danos ao sistema imunológico (INCA, 2017). Os neonicotinoides são um tipo de inseticida sistêmico que atua no sistema nervoso dos insetos. Eles são frequentemente usados para controlar pragas como os percevejos, pulgões e brocas-da-soja. Embora sejam considerados relativamente seguros para os seres humanos, alguns estudos sugerem que eles podem estar associados a efeitos adversos na saúde humana, incluindo problemas neurológicos e distúrbios hormonais (IDEC, 2020).

Os fungicidas são usados para controlar doenças fúngicas que afetam essas cultivares. Entre os mais comuns usados incluem o triazol e o estrobilurina. Embora sejam considerados relativamente seguros para os seres humanos, alguns estudos sugerem que eles podem estar associados a efeitos adversos na saúde humana, incluindo problemas neurológicos e distúrbios hormonais (INCA, 2017). É importante ressaltar que os efeitos na saúde humana causados dos defensivos agrícolas podem variar dependendo da exposição, da dose e do período de exposição. Além disso, muitos dos estudos que investigam os efeitos desses produtos na saúde humana são controversos e ainda não são conclusivos (VASCONCELOS, 2012).

O inpEV também realiza campanhas de combate ao *Aedes aegypti*, que têm como objetivo de ação utilizar a capilaridade do Sistema Campo Limpo que, atualmente, envolve cerca de 1,7 milhões de propriedades agrícolas para conscientizar a população da importância de eliminar os focos de água parada que se tornam criadouros do mosquito. Por meio do Sistema Campo Limpo, as embalagens são devolvidas às centrais de recebimento e o inpEV dá o destino ambientalmente correto ao material, que pode ser a reciclagem ou incineração (BERNARDI, 2018).

Cada elo da cadeia de elos levou à eliminação de 94 embalagens primárias de defensivos agrícolas, tornando o Instituto referência mundial em reciclagem de materiais. O manuseio adequado das embalagens de defensivos agrícolas destaca a importância do envolvimento de todas as partes interessadas, a fim de proteger as áreas rurais e urbanas dos insetos e das ameaças que eles representam (inpEV, 2022).

3.6. ARMAZENAMENTO ADEQUADO DAS EMBALAGENS DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA (2022), apesar de importantes avanços, tanto por parte do setor público quanto do privado, persistem grandes desafios do manejo de produtos químicos tóxicos e na gestão de dejetos, o que ameaça à segurança humana, especialmente nas áreas urbanas o uso de agroquímicos para uso doméstico no controle de pragas duplicou desde 1990. O uso dos defensivos agrícolas nas plantações já se tornou algo comum em nosso meio, porém o armazenamento e o descarte correto das embalagens são uma das causas que vem sendo discutida, pois inúmeros produtores não descartam de maneira correta as embalagens (PIRES, 2019).

Como consequência, o meio ambiente vai sendo atingido de diversas maneiras, como a poluição dos rios e dos solos (ALENCAR, 1998). Com relação a esse assunto, o documento do IPEA (2012) diz que o manejo de zonas costeiras ainda é insuficiente e as águas residuais chegam sem tratamento a rios e oceanos. Mas se houvesse o armazenamento e descarte adequado, vários problemas ambientais poderiam ser reduzidos (ALENCAR, 1998).

3.6.1. Diretrizes legais para o gerenciamento das embalagens vazias de defensivos agrícolas

O retorno crescente das embalagens com os esforços de todos os membros da cadeia produtiva, que inclui varejistas, cooperativas, indústria produtora, autoridades e agricultores, trabalha junto para processar a grande quantidade de embalagens de defensivos agrícolas no Brasil (OLIVEIRA, 2012). A conscientização sobre o uso dessas embalagens e sua logística

reversa é importante para reduzir o impacto ambiental dessas atividades (SOUSA, 2016). A fiscalização de acordo com a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, em seu artigo 10 sobre o uso e armazenamento de defensivos agrícolas e componentes afins é a legislação à disposição da sociedade. No artigo 11 exige que estados e distritos federais promulguem leis sobre o armazenamento de defensivos agrícolas e seu uso, produção, consumo, comércio e transporte. Já no artigo 10 descreve a função federal, que deve tomar as providências necessárias para a fiscalização das embalagens de defensivos agrícolas em nível nacional. Em particular, legislando sobre produção, registro, comércio, exportação, importação, transporte, testes e controle tecnológico e toxicológico.

O artigo 12 da mesma lei regulamentado que compete ao poder público fiscalizar a devolução e destinação dessas embalagens vazias de defensivos agrícolas. Embalagens apreendidas em fiscalização, responsabilidade do poder público, devem ser entregues a uma unidade de recebimento que fará as devidas providências e ainda emitir o comprovante de devolução (REINATO, 2012). No tratado da Lei nº 7.802 de 1989, as responsabilidades administrativa, civil e penal por qualquer tipo de prejuízo à saúde humana e do meio ambiente é cabível ao profissional, quando comprovada receita errada, ao usuário ou prestador de serviço quando proceder em desacordo com a legislação, ao comerciante quando vender sem ou em desacordo com o receituário ou em desacordo com as recomendações do fabricante e registro ambiental. A estes, quando não cumprirem com a legislação pertinente referente à destinação de embalagens vazias de defensivos agrícolas, seus componentes e afins, bem como a produção, comercialização, utilização e transporte (BRASIL, 2017).

Em caso de não cumprimento da lei, o indivíduo estará passível de punição. Conforme a Lei nº 7.802 de 11 de julho de 1989, Art. 15, estará sujeito a multa e pena de reclusão de dois a quatro anos, aquele que der destinação a resíduos e embalagens vazias de defensivos agrícolas seus componentes e afins, além daquele que produzir, vender, transportar, utilizar e/ou prestar

serviço. Assim, também, aquele que deixar de promover as medidas necessárias de proteção à saúde e ao meio ambiente pode sofrer pena de dois a quatro anos de reclusão, além de multa de 100 a 1.000 reais (BRASIL, 2017).

As diretrizes da normativa brasileira delegam o gerenciamento de embalagens de pesticidas descartáveis após o uso. A menos que os recipientes vazios de pesticidas sejam gerenciados corretamente, eles são perigosos para a humanidade e para o meio ambiente. Existe o perigo de recipientes vazios serem reutilizados para armazenar alimentos e água, o que pode resultar em intoxicações por pesticidas (SILVA, 2021). Contêineres abandonados no meio ambiente podem levar à poluição por pesticidas no solo e nas águas subterrâneas. Dessa forma, um gerenciamento correto pode minimizar esses riscos, fazendo parte da economia circular e da agenda 2030, conforme abordado no Código Internacional de Conduta sobre a Distribuição e Uso de Pesticidas.

Um esquema de gerenciamento de embalagens deve garantir que:

- Os recipientes serão descontaminados logo após o uso de seu conteúdo;
- Evita-se o uso inadequado dos recipientes vazios;
- É fácil para os usuários devolverem seus contêineres vazios ao esquema.

A gestão segura e ambientalmente correta das embalagens em fim de vida representa um ônus para a comercialização e utilização de produtos pesticidas. Portanto, o esquema de gerenciamento de embalagens deve assumir esses custos. Projetos eficazes, como o Campo Limpo no Brasil, supervisionado pelo inpEV, demandam financiamento apropriado para sustentar todas as suas operações e para a gestão ambiental correta. Além disso, é crucial obter o engajamento e apoio de todas as partes interessadas na cadeia de abastecimento, incluindo órgãos governamentais, fabricantes, usuários, distribuidores, fornecedores, recicladores, trituradores, ONGs e sindicatos (SILVA, 2021).

3.6.2. Design das embalagens

O design das embalagens de pesticidas de forma adequada pode ajudar a minimizar riscos de vazamentos durante o transporte e armazenamento, exposição dos usuários e o impacto no meio ambiente no final da vida útil do recipiente (FOY, 1996). Um recipiente mal projetado pode ser perigoso, por isso é importante que os países regulamentem tanto o design do recipiente quanto a formulação do pesticida durante o registro do produto (ASTRE, 2022)

Os principais critérios para um recipiente bem projetado incluem a contenção do produto, proteção contra danos durante o armazenamento e transporte, transferência segura do produto e minimização do impacto ambiental na reciclagem ou descarte do recipiente vazio. As autoridades de registro devem avaliar se o recipiente atende aos critérios de armazenamento, transporte e uso, antes de considerar a minimização do impacto ambiental na reciclagem ou descarte do recipiente vazio no final da sua vida útil (BRASIL, 2019).

Os critérios de design para armazenamento, transporte e uso de um recipiente podem ser atendidos de acordo a NBR 9843-3 de setembro de 2019, quando:

- Ele está em conformidade com os códigos de embalagem;
- Ele é construído com materiais inertes, impermeáveis ao conteúdo e aos líquidos de lavagem, aos quais os pesticidas não aderem;
- Ele é suficientemente robusto para resistir aos perigos da distribuição e armazenamento;
- Ele é à prova de líquidos e possui uma tampa com selo;
- É fácil de manusear pelos usuários;
- Ele despeja com precisão e suavidade sem pingar ou borbulhar;
- Ele pode ser completamente esvaziado, evitando recursos que prendem o conteúdo;
- É rotulado apropriadamente;
- Possui um método fácil para identificar a quantidade de pesticida restante no recipiente, como paredes de recipientes translúcidos;

- É fácil de lavar.

Desde o início do século passado até os dias atuais, tem-se observado um aumento significativo no uso de polímeros na sociedade, evidenciado por uma considerável quantidade de artigos que empregam esses materiais como base para diversas aplicações. A busca inicial por polímeros sintéticos fundamentou-se em sua notável inércia e resistência à biodegradação. Contudo, o crescente problema do acúmulo de resíduos nas cidades motivou a substituição desses materiais de difícil degradação por um polímero natural biodegradável (NASROLLAHI, 2022). Entre as possibilidades está o polihidroxibutirato (PHB), objeto de investigação atual. A relevância do PHB reside na sua versatilidade para a fabricação de uma ampla gama de produtos. Notavelmente, o tempo médio de degradação desses bioplásticos é de 6 a 12 meses, em comparação com os 40 a 50 anos, ou até mesmo 200 anos, associados aos polímeros sintéticos (COUTINHO, 2007). Apesar das vantagens ambientais evidentes, os plásticos biológicos apresentam custos mais elevados e, devido à sua menor flexibilidade, possuem aplicações mais restritas em comparação aos polímeros sintéticos (PORTA, 2019).

3.6.3. Alternativas para o destino das embalagens

A forma mais comum de embalagem usada para pesticidas é o recipiente descartável, que precisa ser gerenciado após o esgotamento do seu conteúdo. No entanto, existem designs de recipiente alternativos que foram desenvolvidos para evitar a necessidade de reciclagem ou descarte dos recipientes vazios, incluindo recipientes reutilizáveis/refiláveis e recipientes solúveis em água (PIROLA, 2021).

Os recipientes refiláveis foram desenvolvidos para aplicações de pesticidas em que há uma grande e regular demanda e os produtos são usados relativamente próximos ao local onde os recipientes podem ser recarregados. Os recipientes refiláveis são, portanto, apropriados apenas em poucos casos (FOY, 1996). A vantagem potencial de usar recipientes reutilizáveis/refiláveis é evitar o custo de fabricação de um novo recipiente e o custo de seu

descarte após cada uso. Existem problemas que precisam ser considerados com recipientes reutilizáveis, incluindo a permeação a longo prazo do pesticida no material do recipiente, a integridade a longo prazo do recipiente e do rótulo, o acúmulo de resíduos após o uso e recarga repetidos, separação ou cristalização e homogeneidade dos resíduos e do produto a ser recarregado (COUTINHO, 2007).

Os recipientes reutilizáveis devem ser recarregados apenas com o mesmo produto de pesticida formulado para evitar os riscos de contaminação cruzada (ALENCAR, 1998). Embalagens solúveis em água são uma opção para pesticidas que são diluídos em água antes da aplicação. Os sacos solúveis são colocados diretamente no tanque de pulverização, onde se dissolvem e liberam seu conteúdo. Existem duas principais vantagens: não há exposição do operador ao conteúdo, pois os sacos não precisam ser abertos; e não há recipiente contaminado para ser reciclado ou descartado (MUCKE, 2020).

O recipiente solúvel deve ser considerado um componente integral da formulação. Embalagens solúveis requerem uma embalagem secundária impermeável para protegê-las contra danos durante seu armazenamento e distribuição. As regulamentações de pesticidas devem incentivar a inovação no design de embalagens que melhorem a segurança pública e reduzam a carga sobre o meio ambiente (MUCK, 2020). Os mais avançados mecanismos de gerenciamento de embalagens transformam os materiais coletados em novos produtos. Desde que os materiais possam ser segregados adequadamente em componentes suficientemente puros, eles podem ser facilmente reciclados. Produtos plásticos de alta qualidade e alto valor requerem matérias-primas puras e específicas, portanto, é muito importante manter os diferentes tipos de plástico separados. É possível fabricar alguns produtos de baixa qualidade e baixo valor a partir de plásticos misturados (SILVA, 2021).

Ao empreender o processo de reciclagem, é essencial exercer cautela em relação aos produtos finais originados a partir dos materiais recuperados. Estes materiais, por sua vez,

podem conter resquícios mínimos de contaminantes de pesticidas, representando uma potencial fonte de danos em determinados usos. Notadamente, o vidro, o aço e o alumínio, uma vez submetidos à fusão em elevadas temperaturas, são reconfigurados para dar origem a novos produtos. Esse procedimento de fusão e refino revela-se eficaz na eliminação de quaisquer vestígios remanescentes de pesticidas, conferindo aos materiais a possibilidade de serem comercializados diretamente no mercado de materiais secundários (RENATO, 2012).

3.7. RAMPA DE PULVERIZAÇÃO

Parcela significativa das unidades de produção de soja não conta com local adequado para abastecimento de pulverizadores e para armazenar embalagens de defensivos agrícolas cheias e vazias. Não é muito difícil observar, nos pontos de abastecimento de pulverizadores, embalagens vazias de defensivos agrícolas acondicionadas em contentores de madeira (BINS) ou, ainda, amontoadas no chão a céu aberto por vários meses após sua utilização. Alguns produtores ainda praticam a queima destas embalagens ou deixam-nas espalhadas pelo ambiente, tratando-se de crime ambiental (COUTO, 2018).

A estrutura e forma dos pontos de abastecimento de pulverizadores são pontos críticos no sistema de produção integrada de soja. Atualmente, por não existir legislação, normatização e/ou referência consolidada para orientação, esse sistema está sendo construído conforme a necessidade do agricultor, a conformação do terreno, a disponibilidade de água ou outro fator limitante (COUTO, 2018). Convém salientar que, apesar da inexistência de pesquisas que determinem orientações técnicas oficiais, e, até o momento, não haver uma cobrança mais rígida ou determinação da metodologia de instalação de tais pontos de abastecimento por parte dos órgãos ambientais, existe um conjunto de leis e normas ambientais que abrangem o código florestal (Lei Federal 4.771/65, modificada pela Medida Provisória 2.166- 65/02) que estabelece a distância mínima para produção agrícola, como mostrado na Tabela 2, assim como a Lei de crimes ambientais (Lei Federal 9.605/98), as resoluções do CONAMA (004/85, 357/05

e 302/02) e as legislações estaduais e municipais pertinentes ao assunto que, dependendo da forma de interpretação e aplicação, podem gerar um passivo ambiental de alto custo.

Tabela 2 - Área de preservação permanente exigida entre corpos d'água e empreendimento agrícola no estado do Maranhão.

Faixas de preservação permanente	
Largura do corpo d'água	Largura da área de preservação
Até 10 metros	30 metros
De 10 a 50 metros	50 metros
De 50 a 200 metros	100 metros
De 200 a 600 metros	200 metros
Acima de 600 metros	500 metros
Nascentes ou “olhos d'água”	50 metros
Lagoas, lagos ou reservatórios de água naturais ou artificiais	Áreas urbanas – 30 metros; Áreas rurais: Área superficial até 20 ha – 50 m; Área superficial > 20 ha – 100 m.

Fonte: Brasil, 2013.

Isso significa que o produtor poderá investir recursos na estruturação da atividade, e, futuramente, refazer o investimento, bem como ainda recuperar o passivo ambiental gerado pelo ponto anterior. Assim, é importante que os produtores de soja, conheçam e entenda sobre os riscos do investimento no planejamento ou instalação inadequada de tal sistema, ou seja, respeitando a legislação vigente e o ambiente.

3.8. SOLUÇÕES ADOTADAS QUANTO À FILOSOFIA DO MANEJO DO PISO E DO RESÍDUO

Sob o aspecto ambiental, a principal função do local de abastecimento é impedir os contaminantes de atingirem pontos passíveis de danos ambientais ou causarem risco a população (WENNEKER et al., 2008). Desconsiderando as tentativas de utilização de impedimento natural (leito de rocha ou argila compactada), que por sua natureza, não garantem segurança ao ponto de abastecimento por falta de controle construtivo, há hoje duas formas de se manejar o resíduo de agroquímicos nestes locais.

O primeiro modelo, ou sistema, é baseado na ideia de coleta e descarte. Assim, constrói-se um local que possibilite o recolhimento de eventuais derrames de defensivos agrícolas e seus resíduos, dispondo-os posteriormente em local apropriado. Isto é feito a partir da impermeabilização e da conformação do piso, usando materiais como concreto (NOYES, 1989; GEBLER, 2004), ou aço (NOYES et al., 1996), evitando que o contaminante chegue ao solo e às águas. Neste sistema, dependendo do material escolhido para o ponto de abastecimento, existe o risco físico relacionado com a quebra da impermeabilização, incrementando a velocidade ou o volume no transporte de contaminantes em direção ao solo e subsolo (CARTER, 2000). Isto pode acontecer, por exemplo, pela formação de rotas preferenciais (rachaduras) através da pressão exercida pelos rodados das máquinas agrícolas, ou por abrasão química, provocada pela natureza físico-química dos produtos reagindo com o material construtivo utilizado (NOYES, 1989; HELWEG et al., 2002). Em ambos os casos, são variáveis dependentes, que demandam estudos relacionados com a ciência dos materiais. Já a retirada do excesso de contaminantes da superfície, utilizando-se ou não o princípio da tríplice lavagem do piso, objetiva a redução da taxa de risco (RAMWELL et al., 2004; REICHENBERGER et al., 2007).

Isto é necessário, pois a configuração do ponto de descarte apropriado para este resíduo também se encontra em discussão em muitos locais, não havendo, para tanto, recomendação científica uniforme e nem clareza na legislação brasileira (ABNT, 2004). A questão do descarte no Brasil pode ser resumida a dois problemas: (i) concentração de resíduos em relação à concentração de trabalho, e, (ii) o impedimento legal da mistura destas sobras de defensivos agrícolas com outras substâncias sem o manejo apropriado. Esta última preocupação encontra respaldo na legislação brasileira, ao proibir misturas de produtos comerciais diferentes nos tanques de pulverização sem prévia aprovação governamental. A legislação determina, ainda, o momento em que a sobra do agroquímico passa a ser classificada como resíduo perigoso,

saindo do âmbito da Lei dos defensivos agrícolas, para as interpretações da Lei de crimes ambientais e resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente, que regem este assunto segundo a natureza do composto resultante. Portanto, não havendo mistura, e seguindo basicamente a interpretação técnica, a solução para o resíduo fica contida no âmbito da Lei dos defensivos agrícolas, devendo-se prever sua destinação como tal (GEBLER, 2004).

Assim, sobre a superfície dos pontos de abastecimento, mesmo o contaminante sofrendo o mesmo tipo de ação de degradação que ele encontra no solo, a proporção desta pode ser diferenciada, muitas vezes, com intensidades ou velocidades de reação exponencialmente inferior à do processo natural de atenuação, pois, sobre esta superfície artificial, há grande probabilidade que predominem reações não biológicas (FAY et al., 1997). Esta menor taxa esperada de biodegradação, em relação às demais rotas existentes, é devido à natureza observada do local, já que a vida microbiana expressiva, responsável pela maior eficiência na remediação de áreas impactadas com moléculas orgânicas, tem dificuldade em se manter na superfície exposta do ponto de abastecimento (CORSEUIL; ALVAREZ, 1996; MONTEIRO, 1997).

Ainda hoje há algumas lacunas de conhecimento sobre a metodologia no trato de resíduos. Discute-se, por exemplo, sem a necessária precisão, sobre o que acontece quando há a formação de rachaduras no piso de concreto que permitam ao contaminante se afastar da superfície e da luz solar (diminuindo ou eliminando os processos de fotólise e volatilização), somado ao retardo da ação biodegradadora devido à possível baixa população biótica nestes locais (CARTER, 2000; HELWEG et al., 2002). Nestes casos, dependendo da natureza química do agroquímico e dos compostos do concreto, é possível que o piso do ponto de abastecimento de pulverizadores passe a se comportar como um reservatório de acumulação (RAMWELL, 2005), garantindo a integridade da molécula de contaminante naquele ponto.

O primeiro objetivo ambiental do reator (biobed) é o mesmo do piso impermeável, evitando que os contaminantes atinjam solo e água, reduzindo riscos de contaminação ambiental. Além disso, ao sugerir que o tratamento destes resíduos seja feito no próprio local, a partir de um processo biológico de leito fixo, ele tenta responder à questão de inativação local do resíduo, onde todo o volume de líquidos que é derrubado durante o processo de enchimento do pulverizador é retido em um composto organo-mineral, que privilegia ações de biorremediação. Este composto apresenta uma vida útil determinada pelo seu uso, sendo recomendada sua substituição no momento que sua massa é reduzida (determinado pela altura da coluna de substrato no biobed) (SPLIID et al., 2006; FAIT et al., 2007; VISCHETTI et al., 2008; MONACI et al., 2009).

Em países da Europa, que recomendam ou adotam o biobed como mecanismo de segurança nos pontos de trabalho com pulverizadores, os testes demonstraram que, uma vez cumpridas as exigências construtivas e de manejo do sistema, há a inativação de todos os resíduos, mesmo os mais resilientes (TORSTENSSON; CASTILLO, 1997; FOGG et al., 2003a; 2003b; 2004a; GREGOIRE et al., 2008). Esta inativação se dá tal qual a biodegradação existente no solo, porém é artificialmente acelerada pelo fornecimento de matéria orgânica fresca e aeração em profundidade, que favorece aos processos de degradação biológica (VISCHETTI et al., 2004). Dessa forma, a mistura para preenchimento do biobed (solo, dejetos orgânicos animais e de palha), também conhecida como mix biológico, favorece a redução do movimento vertical (percolação) do contaminante, pela adsorção das moléculas do agroquímico, e a disponibilização facilitada dos contaminantes como substrato às bactérias e fungos do sistema (CASTILLO; TORSTENSSON, 2007). Assim é feito a contenção e o tratamento final dos resíduos *in situ*, onde, após o tempo de vida útil do mix, deve-se ainda compostar a massa por um período de segurança fora do biobed, utilizando-a, posteriormente,

como adubação organo-mineral suplementar na propriedade rural (DEBAER; JAEKEN, 2006; COPOLLA et al., 2007).

As limitações apontadas para este modelo são:

- A necessidade de controle no fluxo de água de entrada, que deve permanecer abaixo de determinada velocidade de percolação, evitando acúmulo nas camadas inferiores do biobed, que dificultaria o fluxo de ar por todo o sistema (FOGG et al., 2004b);

- A questão referente à segurança do ambiente, uma vez que o biobed é desenhado para tratar de gotejamentos, vazamentos ou leves derrames acidentais que ocorram no momento do trabalho de enchimento do pulverizador, mesmo tendo havido poucos testes que reproduzissem situações limites, como em casos de derrame de grandes volumes de produto comercial concentrado de defensivo (HELWEG et al., 2002);

- O custo de manutenção do biobed pode ser outro fator limitante, uma vez que ao envolver mão de obra da propriedade rural, para manejo do biomix, gera-se custos extras em relação aos outros modelos.

3.9. ASPECTOS CONSTRUTIVOS DOS DIFERENTES MODELOS DE PISOS DE PONTOS DE ABASTECIMENTO

Quanto aos aspectos construtivos, ambos os modelos apresentam uma exigência em comum: impermeabilização (ou isolamento). Mesmo para os biobeds, a impermeabilização da caixa que contém o mix biológico é uma medida de segurança recomendada (CASTILLO et al., 2008; ROSE et al., 2008). No modelo baseado em pisos para os pontos de abastecimento, agregado à segurança dada pela impermeabilização, deve-se acompanhar ainda de um reforço estrutural adequado ao esforço exercido nos pontos de contato dos rodados dos tratores e implementos sobre toda a superfície (GEBLER, 2004; RUFATTO et al., 2006). Este reforço, necessário para fazer frente às forças de tração e compressão, será dependente do material que compõe o piso. Construtivamente a decisão de espessura, qualidade, uso uniforme ou misto de

materiais, reforço estrutural, irá depender de fatores como trânsito, peso dos tratores e equipamento, tipo de defensivos agrícola utilizados, período úmido no ano, dentre outros.

O material que melhor responde a estes critérios é o metal, e dentre eles, o aço (NOYES et al., 1996). É um material uniforme, cujas seções devem ser impermeabilizadas por soldas estanques, aplicado na forma de piso integral ou como camada de revestimento sobre outro material (de origem reciclada ou não), sem perda de eficiência. Além disso, suporta as trações e pressões exercidas pelas forças externas (CASTILLO et al., 2008). Na maioria das vezes, dependendo do mercado local, o fator negativo relacionado ao uso do aço é o custo elevado, dependente da qualidade exigida para fazer frente à corrosão química e hídrica, que ditará o tempo de vida do revestimento do piso.

O concreto tem sido utilizado como o principal material construtivo dos pontos de abastecimento de pulverizadores, isoladamente ou em conjunto com os revestimentos de aço (NOYES et al., 1996). Quando novo, apresenta suficiente impermeabilização e resistência moderada aos esforços, necessitando reforço de armadura estrutural, porém mantendo um custo acessível (GEBLER, 2004). O atendimento aos critérios de segurança por parte deste material irá depender de fatores construtivos como:

- Tipo de cimento (FCK) e dos agregados (areia e brita), e seu manejo, pois todos influem no volume de poros internos;
- Espessura do piso;
- Diâmetro da ferragem e dimensão da trama da armadura;
- Forma de impermeabilização utilizada (física ou química), dentre outros (HELENE, 1997; ABNT, 2003).

Além disso, dependerá de fatores antrópicos externos, como volume de uso do local, espécie química do material usado, e peso dos equipamentos (vinculado com o tipo de rodado), dentre outros. Os aspectos negativos no uso do concreto armado como material do piso é a

eventual formação de rotas preferenciais (rachaduras) e excessiva degradação química, principalmente em situações de condições adversas, facilitando a percolação de líquidos. Ainda, dependendo de fatores construtivos (materiais, técnicas e mão-de-obra inadequada), o concreto pode se apresentar demasiadamente poroso, absorvendo os contaminantes da parte superior e os liberando, após determinado período, em sua parte inferior (COUTO, 2018). Havendo esta ação, ele passa da classificação de equipamento de segurança para fonte emissora para passivo ambiental. Assim, a vida útil do piso de concreto armado irá depender de vários aspectos, como composição, construção e manejo, sendo necessários estudos sobre a interação entre os agentes químicos dos defensivos agrícolas com os componentes do concreto (além do cimento e agregados, pode-se esperar a presença de aditivos) (COUTO, 2018).

Um dos fatores recomendados que possa influenciar positivamente estas rampas no meio rural, seria a procura por profissionais habilitados para o cálculo estrutural, dimensionando os elementos da construção segundo projeto (NOYES, 1989). Alguns outros materiais, como lonas plásticas ou polímeros plásticos aplicados sobre o solo, foram cogitados como impermeabilizantes de piso, mas ainda não demonstraram reunir as condições necessárias de resistência, impermeabilidade ou durabilidade para prover este local com a segurança exigida (COOPER; TAYLOR, 2008).

Em relação aos biobeds, as necessidades estruturais quanto a resistência de esforços se concentra no suporte aos trilhos de movimentação do maquinário agrícola e na resistência das paredes da caixa de retenção às forças laterais provindas do solo (ROSE et al., 2008). Quanto a impermeabilização do fundo do biobed, ou mesmo de suas paredes, por não haver trânsito direto de máquinas, além de aço ou concreto, pode-se lançar mão de materiais alternativos, como lonas plásticas ou geomembrana (CASTILLO et al., 2008). Isto pode resultar em um custo construtivo menor, porém com uma vida útil proporcionalmente mais curta que em relação aos materiais tradicionais. Em relação ao custo, um dos fatores que também oneram o

biobed é a necessidade de mão de obra treinada para sua construção, preparo e colocação inicial do mix de compostagem, necessitando-se treinar e manter uma equipe antes da implantação do sistema (COUTO, 2018).

3.9.1. Sugestões para construção da rampa de abastecimento ideal para produtores de soja

Na construção de rampas de carregamento e abastecimento de pulverizadores, é importante que o proprietário observe as recomendações a seguir. Apesar de não serem ainda recomendações oficiais, elas foram embasadas nas Normas Brasileiras de Referência – NBRs (INMETRO, 2003), para setores que trabalham com produtos orgânicos de características semelhantes aos defensivos agrícolas, como os combustíveis, podendo diminuir ou mesmo evitar maiores problemas ao longo do tempo.

- Os pisos devem ser construídos com material capaz de suportar cargas referentes à pressão exercida pelos pneus do trator e pulverizador, além da tração da dilatação térmica do próprio concreto. Recomenda-se o uso de concreto preparado na proporção 2:2:1 (duas partes de brita média, duas partes de areia média/fina e uma parte de cimento). O cimento utilizado deverá ter padrão FCK 250 ou superior, na proporção de 450 kg de cimento por metro cúbico de concreto, visando diminuir a porosidade do material. Após a concretagem, deve-se aguardar a secagem por, pelo menos, 28 dias;

- Utilizar armação de ferro com bitola de 0,6 cm, formando uma trama de 10 por 10 centímetros, evitando-se fissuras causadas pela dilatação;

- A espessura recomendada é de pelo menos 10 cm, cuja finalidade principal é reter ou dificultar a infiltração, sendo também suficiente para suportar carga e evitar rachaduras no piso;

- A superfície do piso deverá ser polida para reduzir a porosidade superficial, evitando a infiltração de calda remanescente;

- As dimensões mínimas recomendadas são 300 cm de largura por quatro de comprimento (com trator e pulverizador sobre a rampa o recomendado é sete metros de

comprimento), possibilitando sobra de espaço nas laterais do pulverizador para evitar que derrames atinjam o solo. Além disso, deve obedecer a um sentido único de direção para maior segurança dos usuários e operadores;

- A declividade do piso deverá ser de 2% tanto no sentido do eixo em direção ao dreno como das laterais para o centro. Essa declividade pode ser obtida tanto por pré-preparo do terreno como por aumento na espessura do piso, desde que a espessura mínima obedeça aos critérios da norma;

- Toda a sobra de líquido deverá ter um destino conforme a classificação de uso do ponto de abastecimento em questão.

Esta classificação está vinculada ao risco de ocorrência de acidentes e não ao volume ou área do produtor, não levando em conta, portanto, tipo ou dimensão do equipamento de aplicação, mas o número de vezes de manuseio de produto na área da rampa, necessário para o término da sessão de tratamento. A recomendação básica será sempre a presença de piso para todas as situações, conforme mostra a Tabela 3. Quando utilizado sistema de drenagem, o mesmo deverá ser localizado pelo menos a um metro de distância da rampa, podendo ser pré-fabricada - recomenda-se o policloreto de vinila (PVC) neste caso - ou embutida no talude, o que for mais adequado. Vale lembrar que mesmo os drenos construídos devem atender aos critérios de projeto para reduzir a porosidade (COUTO, 2018), o local deve ser aberto e exposto à luz solar para garantir uma certa taxa de decomposição fotolítica dos produtos sensíveis que podem cair no solo e para facilitar a hidrólise dos produtos na água onde é necessária energia, como catalisador (FURTADO, 2012).

Tabela 3 - Classificação sugerida dos pontos de carregamento segundo seu uso (independente do volume de aplicação) e recomendação de equipamentos de segurança.

Número de cargas por sessão de tratamento	Tipo de equipamento necessário
Até 10 cargas	Somente piso
De 11 a 25 cargas	Piso e um decantador
26 a 50 cargas	Piso e dois decantadores ou piso e sistema de reciclagem
Acima de 51 cargas	Piso e sistema de reciclagem

Fonte: Adaptado pelo autor FUNDACENTRO, 2003.

Ainda na área da rampa, outro ponto que chama a atenção é a forma de preparo da calda. Esse processo tem evoluído, principalmente, após a criação dos sachets com quantidade fixa de produto para diluição direta no tanque. Entretanto, a maioria dos produtos ainda necessita de manuseio direto do pó ou líquido, a partir de medições e pesagens, para preparo da dose a ser aplicada. Quanto aos riscos ambientais e de segurança do trabalhador, existem publicações técnicas de instituições como, por exemplo, a FUNDACENTRO (2003), que tratam desse assunto. É importante lembrar que o preparo da calda é uma das etapas de grande risco, tanto para o trabalhador como para o ambiente, uma vez que se manuseia o produto químico na forma concentrada.

3.10. SISTEMA BIOBED BRASIL E SEU USO

O uso de pesticidas pode causar poluição local ou generalizada do meio ambiente. A intoxicação difusa ocorre, principalmente, quando misturas químicas são aplicadas em culturas agrícolas. A poluição pontual resulta do descarte inadequado durante as atividades agrícolas, principalmente resíduos de sucos e descargas de sprays de lavagem (FOGG et al., 2003; RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ et al., 2018).

Biolith é uma tecnologia desenvolvida com o objetivo de eliminar e reciclar esses resíduos (CASTILLO; TORSTENSSON, 2007). De baixo custo e fáceis de manusear, os biolitos são feitos na fazenda, e consiste em biomix contendo solo agrícola, fonte

lignocelulósica e componente humano (BRICEÑO et al., 2014). Sua eficiência na degradação dos defensivos agrícolas se baseia na atividade decompositora de uma microbiota ativa e nos processos de sorção mantidos pelos substratos (DIEZ, 2010).

O biobed vem sendo utilizado oficialmente nas propriedades agrícolas, como tecnologia de proteção ambiental contra defensivos agrícolas, em países como Guatemala, Reino Unido, Suécia e França (RISE, 2020). Na América Latina, o biobed tem sido difundido na forma de comunicados oficiais e manuais, que podem ser utilizados pelos produtores agrícolas como guia para a montagem e o uso da tecnologia. Como exemplo, pode-se citar manuais produzidos no sul do Brasil (GEBLER, 2015), e para regiões específicas do Chile (DIEZ et al., 2013), Costa Rica (CICA, 2015) e Uruguai (DIGEGRA, 2014).

A partir destes documentos, o produtor encontra-se amparado tanto na questão técnica, já que os manuais são detalhados e as instituições responsáveis por eles, normalmente, têm a preocupação de desenvolver um relacionamento com os agricultores; quanto na questão legal, as adaptações da tecnologia já foram desenvolvidas de acordo com as especificações legais de cada região, em relação ao manuseio de defensivos agrícolas e à proteção ambiental. Vários aspectos dos biobeds têm sido explorados para adequá-los às exigências legais e disponibilidade de materiais em cada região para garantir sua eficácia na degradação de defensivos agrícolas (FOGG et al., 2003; CHU; EIVAZI, 2016). Outros estudos se concentraram em avaliar a capacidade da microbiota de degradar pesticidas (CASTROGUTIERREZ et al., 2016), avaliando seu risco ecotoxicológico (HUETE-SOTO et al., 2017) ou desenvolvendo ferramentas analíticas para facilitar o monitoramento de resíduos de pesticidas.

O sistema biobed foi desenvolvido na Suécia e adaptado como Biobed Brasil pela Embrapa Uva e Vinho (GEBLER et al., 2015) como pode ser observado na Figura 8.

Figura 8 - Exemplo do Sistema Biobed Brasil implantado na Embrapa.



Fonte: GEBLE, (2017).

Nesses sistemas poderão ser incluídos os derrames acidentais de produtos comerciais concentrados ou de sobras de calda e lavagem de equipamentos, ocorridos após a pulverização no campo (Figura 9).

Figura 9 - Resíduos do ponto de abastecimento do pulverizador.



Fonte: GEBLE, (2017).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. ABORDAGEM METODOLÓGICA

A abordagem metodológica foi dividida em três etapas. A primeira etapa consistiu em um diagnóstico com a vertente exploratória, a segunda etapa envolveu o desenvolvimento de ações que puderam ser aplicadas para a problemática de Açaílândia, incluindo a problemática abrangendo as embalagens geradas. A terceira etapa focou na seleção de metodologias que poderiam ser viáveis e aplicadas para a região de Açaílândia (MENDONÇA, 2014).

As ações realizadas contemplaram medidas destinadas à implementação da economia circular e à análise do ciclo de vida no gerenciamento das embalagens, bem como à adoção de novas tecnologias no processo produtivo, com a utilização de metodologias sustentáveis (PRAÇA, 2015). No que se refere à primeira etapa da pesquisa, esta foi classificada como aplicada, uma vez que tinha um caráter prático, com resultados imediatamente aplicáveis para solucionar problemas da realidade. Além disso, caracterizou-se como descritiva, pois abordou a descrição, registro, análise e interpretação de fenômenos contemporâneos, com o intuito de ser aplicável no presente (GALLIANO, 2014).

A vertente exploratória da pesquisa derivou da coleta de informações sobre um objeto específico, neste caso, os EVAs e tópicos relacionados, com uma delimitação clara do campo de trabalho (GLANTZ, 2014). Por sua vez, a vertente explicativa surgiu da necessidade de, além de registrar e analisar os fenômenos estudados, identificar suas causas, seja por meio da análise de dados fornecidos pelos atores envolvidos na produção de soja no município (GLANTZ, 2014). Quanto à segunda e terceira etapa, estas tiveram o objetivo de encontrar soluções, analisando o ciclo de vida dos materiais usados na fabricação de embalagens, buscando na literatura metodologias para o tratamento dos resíduos resultantes da limpeza de máquinas agrícolas e explorando intervenções do setor público como mecanismos de controle, participação e tomada de decisões que implicariam em melhorias na qualidade dos serviços prestados aos produtores rurais.

4.2. PRODUÇÃO DE SOJA EM AÇAILÂNDIA - MARANHÃO

O município de Açailândia, no estado do Maranhão, foi escolhido como caso de estudo para o desenvolvimento da presente pesquisa. Ele faz parte da nova linha de produção de soja no Maranhão, embora não esteja incluído na região do MATOPIBA, que abrange extensas áreas agrícolas nos estados do Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia, como mostra a Figura 10.

Figura 10 - Localização da bacia do MATOPIBA, grande área agrícola envolvendo os estados Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia.



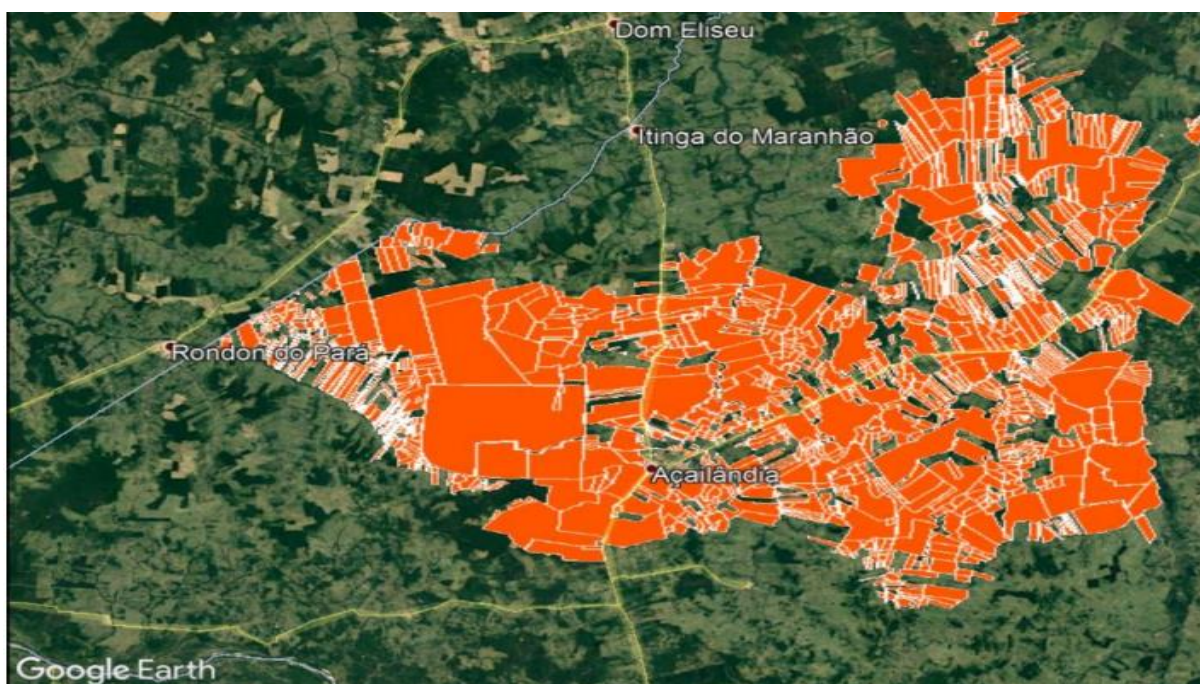
Fonte: EMBRAPA, 2023.

A região é classificada como uma bacia de produtores de soja, o que influenciou o desenvolvimento da cultura no município de Açailândia, no estado do Maranhão. Açailândia está localizada nos limites administrativos da Amazônia, entre a região de cerrado em Tocantins e a mata dos cocais em Bom Jesus das Selvas, a uma distância de 100 km. Sua área territorial abrange 5.805,159 km². O município é conhecido por suas atividades relacionadas à produção de ferro GUSA. A população de Açailândia está distribuída com 24,78% residindo em áreas rurais e 75,22% em áreas urbanas, de acordo com dados do IBGE de 2021. No último censo estimado realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE em 2021, a população do município era de 113.783 habitantes.

A origem e fundação do município se deve a expansão da estrada Belém Brasília, na década de 70 e com a exploração da madeira e com a proximidade da cidade de Imperatriz

Maranhão a 73 km de distância, passando a ser município em 1981, e com o pleno desenvolvimento da área agrícola, se tornando um dos maiores produtores de proteína animal do estado. Com a construção da estrada de Ferro Carajás, na década de 90, passou a se tornar grande produtora de ferro GUSA, com cinco siderúrgicas em plena capacidade de produção. E com a abertura da produção de soja substituindo a criação de gado bovino em mais de 78 mil hectares de soja na safra 2021/2022, tudo isso levado em conta o capital de produção estimado para o município, com o levantamento dos imóveis rurais baseado no CAR (Cadastro Ambiental Rural) de 2022, com planícies e áreas agricultáveis, como pode ser visto na Figura 11 do zoneamento e distribuição dos imóveis em Açailândia.

Figura 11 - Imóveis rurais do município de Açailândia cadastrados no SICAR até junho de 2022.



Fonte: Google maps, 2023

De acordo com informações do engenheiro agrônomo da Secretaria Municipal de Agricultura e Pesca (SEAGRI), Cristiano Neto Soares da Silva, a plantação de grãos está distribuída em todas as regiões de Açailândia com destaque para a região do Assentamento Sudelândia (50 BIS), que possui terras planas e favoráveis para o plantio, o Assentamento Califórnia, que já possui plantio considerável de grãos e, também, na região do Novo Oriente, compreendendo o Assentamento João do Vale, Francisco Romão, Planalto I, Planalto II e na região da Reta, onde estão instaladas algumas empresas.

A produção de grãos já ocupa uma área de 78 mil hectares de soja plantados considerando a safra de 2021/2022, enquanto a produção de milho estima-se de 11.000 a 12.000 mil hectares. A CONAB (2023) estima em torno de 4,5 milhões de sacas de soja de 60 kg e, em torno, de 1,5 milhões de sacas de milho. Além disso, segundo dados da SEAGRI (2023), os grãos plantados no território hoje, correspondente a 15% da área do município, representando valores brutos perto de 1 bilhão de reais (R\$ 925.533.000,00 milhões, safra 2021/2022), podendo representar ao município de Açailândia aumento em sua arrecadação e maior capacidade de investimentos destes valores diretamente na agricultura familiar que tem dificuldades de avançar no ritmo dos outros segmentos por escassez de investimentos planejados e constantes.

4.3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Com base no contexto do município de Açailândia na safra 2021/2022, no que diz respeito à destinação adequada de embalagens vazias de defensivos agrícolas, a pesquisa foi desenvolvida em três etapas conforme a Tabela 4. O objetivo foi construir propostas com viabilidade econômica, contribuindo para a preservação ambiental e oferecendo perspectivas vantajosas tanto para os produtores agrícolas locais quanto para as entidades envolvidas no processo, como a prefeitura municipal, a Agência Estadual de Defesa Agropecuária (AGED) e

o inpEV, que compartilham a responsabilidade pela destinação apropriada das embalagens de defensivos agrícolas.

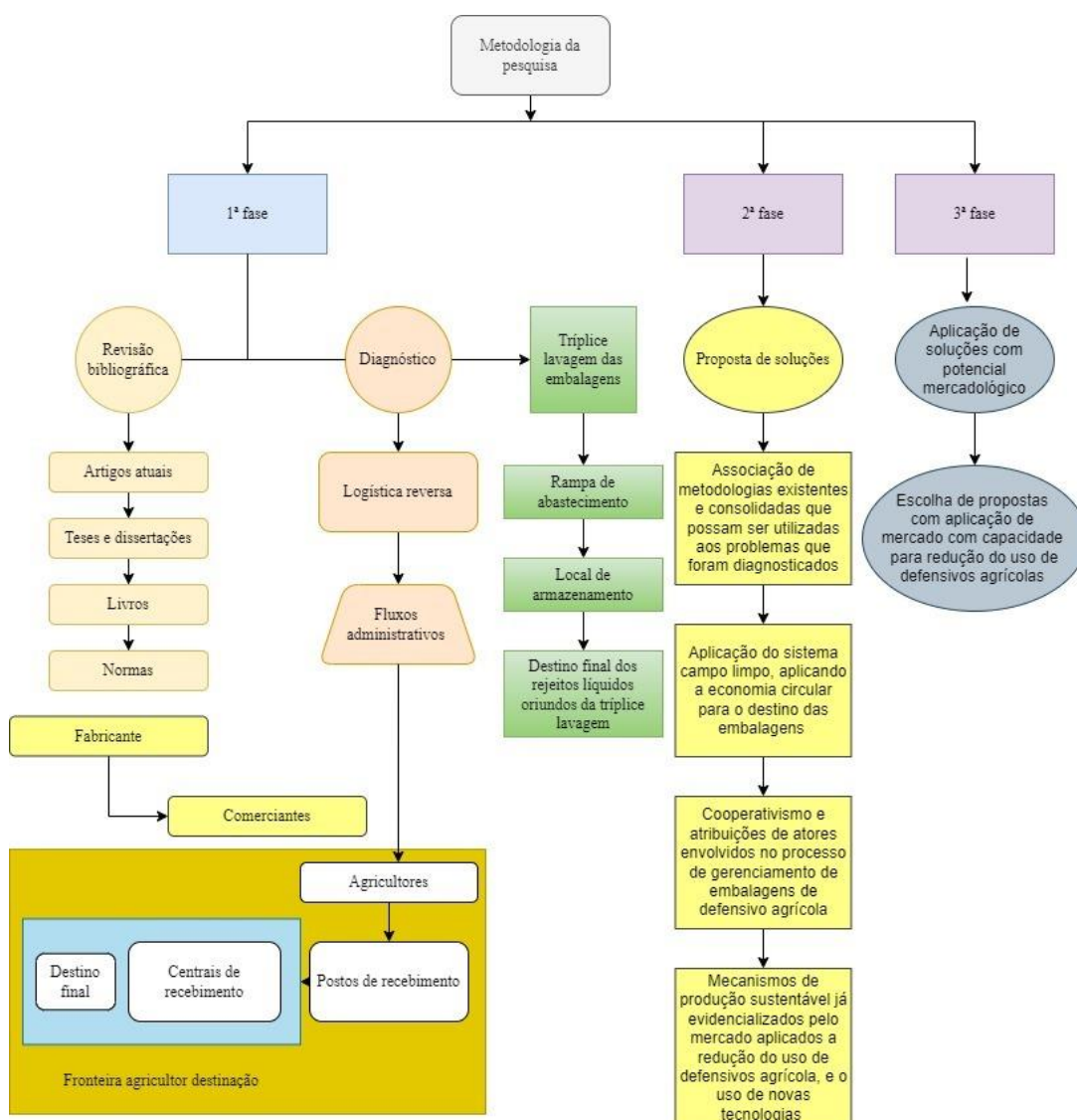
Tabela 4 - Demonstrativo das fases do projeto.

FASE		OBJETIVO	MÉTODO
1.	Revisão bibliográfica	Compreender e analisar o contexto do estudo para elucidar a importância da pesquisa e suas contribuições para região.	Pesquisa bibliográfica: foram consultados periódicos e publicações científicas em plataformas especializadas, bem como livros, dissertações, teses, legislação, e documentos públicos.
1.	Diagnóstico das condições de tratamento dado as embalagens de defensivos agrícolas	Análise da legislação municipal, dados de empresas revendedoras, documentos da ACIART, AGED e Secretaria de Agricultura e Pesca (SEAGRI), e documentos relevantes para entender o atual cenário da gestão da EVAs.	Levantamento junto a AGED, ACIART, SEAGRI, com análise do material obtido.
1.	Diagnóstico do processo de triplíce lavagem das embalagens	Compreender os processos envolvidos na cadeia produtiva de soja e da logística reversa das EVAs.	Visita técnica de campo, com mapeamento fotográfico, análise de documentos disponíveis nos órgão competentes, e análise dos processos de limpeza e preparação das caldas realizadas in loco.
2.	Proposta de soluções	Propor soluções para a problemática relacionados com a deficiência na logística reversa de embalagens	Propor soluções viáveis para reutilização, cogeração energética, fabricação de novos produtos dos resíduos de embalagens, e o uso de novas tecnologia
3.	Aplicação	Prever a aplicação de metodologias com capacidade mercadológicas que possam auxiliar os produtores rurais o ente público e a iniciativa privada	Realizar estudos de viabilidade econômica para o destino das embalagens com foco no ciclo de vida e na economia circular.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Para uma melhor compreensão do método, será utilizado o fluxograma descrito na Figura 12, que apresenta as etapas da pesquisa e suas divisões. O uso de um fluxograma na metodologia de uma pesquisa é de suma importância, pois proporciona uma representação visual e sistemática das etapas, procedimentos e relações entre variáveis adotados durante o desenvolvimento do estudo. Esse recurso gráfico permite uma compreensão mais clara e organizada do processo metodológico, facilitando não apenas a comunicação e interpretação para os leitores, mas também auxiliando os próprios pesquisadores na visualização e análise das etapas sequenciais (PRAÇA, 2015).

Figura 12 - Descrição das etapas a serem desenvolvidas na pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

4.4. PRIMEIRA ETAPA

4.4.1. Revisão bibliográfica

A primeira etapa consistiu em uma revisão bibliográfica abrangente, sendo abordados temas relacionados às (EVAs) e ao cenário do estudo. Esta revisão envolveu minuciosa análise de artigos científicos, relatórios, legislações, teses, dissertações e outras fontes relevantes, visando compreender o contexto da pesquisa e destacar sua relevância. No que se refere à pesquisa centrada na gestão das EVAs e no tratamento do rejeito líquido gerado na tríplice lavagem das embalagens de equipamentos, a revisão bibliográfica emergiu como ferramenta crucial para a compreensão do ambiente de estudo.

Por meio dessa análise criteriosa da literatura científica e de documentos afins, foram identificados tendências, desafios e soluções predominantes nesse campo. Adicionalmente, a revisão bibliográfica foi fundamental para esclarecer a importância da pesquisa e suas possíveis contribuições, tanto à sociedade quanto à ciência. Ao detectar as lacunas no conhecimento científico acerca das EVAs e do local de estudo, a pesquisa pode oferecer subsídios para a produção de novos saberes, o desenvolvimento de políticas públicas mais eficazes e o aprimoramento da qualidade de vida das comunidades envolvidas. Portanto, a revisão bibliográfica desempenhou um papel central no processo de pesquisa, proporcionando uma compreensão ampla e aprofundada do tema, destacando desafios prementes e tendências relevantes, bem como delineando as possíveis contribuições da pesquisa para o avanço da ciência e o benefício da sociedade.

4.4.2. Diagnóstico

Para respaldar a pesquisa bibliográfica, foi feita uma análise abrangente dos registros disponíveis. Essa análise envolveu a avaliação de dados sistematizados provenientes de diferentes fontes, como a AGED, ACIART, inpEV e a Secretaria de Agricultura do município de Açailândia, no estado do Maranhão. As visitas na área de

produção e nas secretarias correspondentes, ocorridas entre janeiro de 2022 e março de 2023, visaram a investigação da logística reversa, uma vez que não havia um ponto de coleta no município. Para analisar a gestão das EVAs e o tratamento do rejeito líquido proveniente da tríplice lavagem das embalagens de equipamentos, foi realizado mapeamento fotográfico e análise de documentos já existentes como autos de infração e notificação de entrega das embalagens. Todas as interações foram registradas e posteriormente transcritas para uma análise detalhada. A amostragem abrangeu quatro revendedores de defensivos agrícolas, representando a maior fatia do mercado, bem como um representante da Prefeitura Municipal encarregado dos assuntos da Secretaria de Agricultura e Pesca. Além disso, foi realizado a análise de documentos da Central de Recebimento de EVAs da ACIART em Imperatriz, Maranhão, a central mais próxima de Açailândia, localizada a cerca de 73 km do município.

O levantamento documental foi conduzido em cooperação com a prefeitura do município para acessar documentos relacionados à área ambiental e de saúde pública. A análise desses documentos teve como objetivo compreender as legislações municipais e outros instrumentos legais relevantes para a gestão de resíduos no município. Por meio dessa análise documental, buscou-se identificar deficiências na gestão e sugerir melhorias. Além disso, foi realizada uma análise comparativa dos dados secundários relativos à quantidade de defensivos agrícolas vendidos em Açailândia e das embalagens devolvidas pelos agricultores. Também, foram obtidos os dados de venda junto ao Instituto Maranhense de Agropecuária, vinculado à Secretaria de Agricultura do estado do Maranhão, abrangendo o período de 2021 a 2022. Os dados de devolução das EVAs foram coletados na Central de Recolhimento de Embalagens Vazias de defensivos agrícolas da ACIART, referentes aos anos de 2021 a 2022, respeitando o prazo legal para devolução.

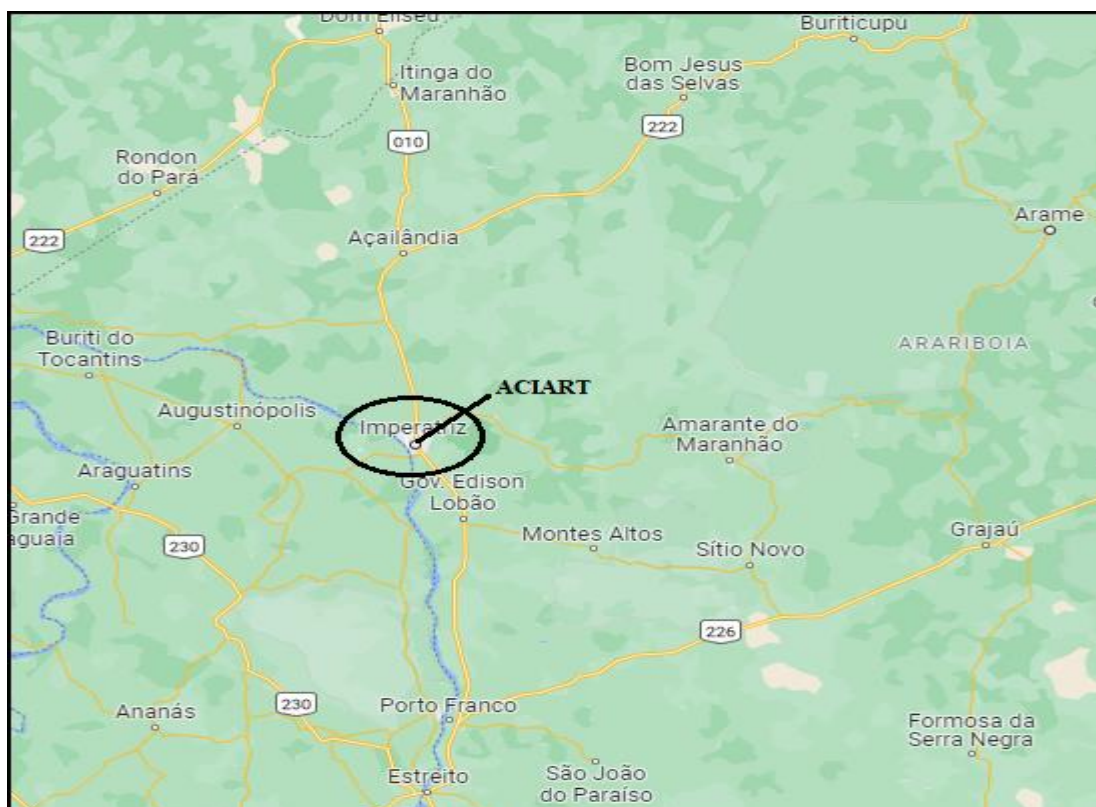
Para padronizar os dados, assumiu-se que todas as embalagens de formulação líquida pesavam 0,1 kg vazias, enquanto as de formulação em massa foram consideradas

como tendo 1 kg de produto, pesando 0,055 g vazias. Quanto à pesquisa de campo, identificou-se os mecanismos de abastecimento de equipamentos agrícolas e a presença de rampas de abastecimento, de acordo com o comunicado técnico nº 52 da Embrapa. É relevante mencionar que, mesmo sem orientações técnicas oficiais, as leis ambientais e normas vigentes devem ser seguidas, o que pode resultar em passivos ambientais significativos no futuro. Dessa forma, a pesquisa se concentrou em verificar a conformidade com a legislação e padrões internacionais.

4.5. SEGUNDA ETAPA

Após a fase diagnóstica, buscou-se soluções para o processo envolvendo as embalagens vazias de defensivos agrícola, o mecanismo de tríplice lavagem das embalagens e dos equipamentos pulverizadores e o tratamento final do efluente gerado nas rampas de abastecimento em pequenos e grandes produtores. O contato inicial para a coleta de dados foi com o inpEV que encaminhou os endereços eletrônicos de seus relatórios de sustentabilidade, bem como continha informações gerais do instituto e das entregas estaduais de embalagens, além do balanço contábil do ano selecionado. Porém, informações mais pontuais como tipo de embalagens não são disponibilizadas nestes relatórios. Assim, optou-se por procurar individualmente na ACIART em Imperatriz, a fim de cooptar dados representativos no âmbito da região. Primeiramente, é importante ressaltar que o gerenciamento das centrais e postos está sob responsabilidade de algum órgão ligado ao elo da logística de devolução da embalagem. Na central estudada, a ACIART, cuja área é mostrada na Figura 13, é coordenada pela associação do comércio de insumos agropecuários da região tocantina.

Figura 13 - Área abrangida pela central ACIART no ano de 2023.



Fonte: GoogleMaps, 2023.

4.5.1. Caracterização da central de recebimento ACIART

Imperatriz é um município localizado no sudoeste do estado do Maranhão, com uma população estimada em cerca de 258.016 habitantes, de acordo com dados do IBGE em 2021. A cidade é um importante centro econômico e cultural da região, com destaque para a indústria, o comércio e a agricultura. A atividade agrícola mais importante é a produção de eucalipto, soja e milho. A ACIART, localizado na BR-010, km 1359, Quadra B, lote 22, Distrito Industrial - Santa Rita, Imperatriz - MA, 65917-220, tem sua importância derivado do comércio pungente e com uma capacidade de crescimento regional influenciado pela indústria de papel e celulose SUSANO.

4.5.2. Caracterização das fazendas produtoras

Para inclui as fazendas produtoras de soja, todas elas devem ser contempladas pela ACIART e dentro dos limites do município de Açailândia, no estado do Maranhão. É importante considerar os fatores para escolha das fazendas produtoras. Alguns dos fatores mais relevantes incluem a área produtiva da fazenda, seu porte (pequeno, médio ou grande) e a distância da fazenda ao centro de coleta de embalagens. A área produtiva é um fator crucial na escolha de uma fazenda produtora de soja, pois quanto maior a área, maior será a quantidade de soja produzida e, portanto, maior o consumo de defensivo agrícola. No entanto, é importante lembrar que a produção em massa não deve ser o único critério de escolha. Uma fazenda com uma área menor pode ter uma produção de soja de alta qualidade e ser mais sustentável em termos ambientais.

Para determinar a distância da fazenda ao centro de coleta ACIART foi usado informações catalogada na Secretaria de Agricultura e Pesca, que possui informações de todas as fazendas produtoras, e usando os dados do CAR, que é um registro público eletrônico nacional e obrigatório para todos os imóveis rurais, teve a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental, econômico e combate ao desmatamento. Os dados podem ser necessários para confirmação pelo Google Earth Pro.

4.5.3. Caracterização dos custos de devolução

Os custos de devolução de EVAs podem variar de acordo com diversos fatores, como a distância percorrida e o volume de embalagens vazias a serem devolvidas. Além disso, o tipo de embalagem e o peso das mesmas também são fatores relevantes na caracterização dos custos de devolução. Nesse contexto, a distância percorrida para a devolução das embalagens pode ser um fator determinante nos custos desse processo, visto que quanto maior a distância, maior será o custo com transporte e logística. Também, o volume de embalagens a serem devolvidas pode

influenciar nos custos, uma vez que a quantidade de embalagens pode demandar maior tempo e esforço na coleta e transporte.

Outro fator importante na caracterização dos custos de devolução de EVAs é o tipo de embalagem utilizado. Embalagens de diferentes materiais e tamanhos podem demandar diferentes processos de devolução, como a necessidade de separação por tipo de material ou desmontagem de embalagens em partes menores. Portanto, foram utilizados diversos fatores na caracterização dos custos de devolução de EVAs, como a distância percorrida, o volume de embalagens, o tipo de embalagem e o peso das mesmas. Essa análise pode auxiliar na elaboração de estratégias mais eficientes e econômicas para a devolução dessas embalagens, garantindo a destinação adequada e segura das mesmas e evitando prejuízos tanto para o meio ambiente quanto para os produtores rurais e empresas do ramo agrícola.

Os dados primários levantados foram do momento que as embalagens saem da propriedade rural até o portão da destinadora. Para as informações sobre fabricação da embalagem, foram utilizados os dados oriundos do banco Ecoinvent 1.0, bem como foram utilizados os dados de produção da safra de 2021/2022. Para tal foi necessário, além das quantidades de embalagens destinadas para central em cada período e quantidade de caminhões recebidos, os valores das cargas transportadas pelos caminhões em cada trecho e informações sobre os agricultores, como a quantidade de carga e a distância que eles percorrem para entregar as embalagens. Com essas estimativas e com a quantidade de caminhões recebidos, em cada posto, foi possível calcular uma média anual de embalagens entregues na ACIART.

A entrega do agricultor é realizada sem a separação por tipo de material, podendo transportar as embalagens juntas, exceto as contaminadas. As embalagens são armazenadas até que se tenha, em média, 850 kg para enviar à central, já que os postos não fazem o tratamento de redução de volume. Essa é a carga máxima que o caminhão consegue alocar na carroceria devido ao volume significativo das embalagens sem a prensagem. Os cálculos foram feitos,

considerando um caminhão truck de 14 metros, com consumo de 3,5 km/L rodados, e o valor médio regional de 9 reais o km rodado, de acordo com o sindicato dos transportes de carga do Maranhão (SETCEMA, 2023).

4.5.4. Caracterização das embalagens tratadas

Os tipos de embalagens utilizados para envasilhar e transportar os defensivos agrícolas são variados, pois não é todos os materiais que são compatíveis com as substâncias químicas presentes nos defensivos agrícolas. O PEAD, em particular, devido a sua permeabilidade, não é utilizado para as embalagens de alguns defensivos que contenham cloro em sua composição (OLIVEIRA, 2019). Em razão disso, foi desenvolvido a tecnologia de coextrusão. Trata-se da produção de um polímero com várias camadas com propriedades e composições diferentes. O vazamento de vapores tóxicos de embalagens de agroquímicos pode provocar riscos à saúde e à segurança das pessoas que tratam com esses produtos, e para evitar estes riscos os materiais de multicamadas podem ser uma solução, com relação a permeação (PACHECO; HEMAIS, 1999).

Parte das embalagens de defensivos agrícolas comercializadas no Brasil, são compostas de polímero de multicamadas - COEX - que utiliza EVOH ou PA-6 (poliamida-6) como barreira para os gases. O ideal seria que todas as embalagens desse tipo de produto utilizassem um polímero de barreira, mas essa opção aumenta de 20 a 30% o valor da embalagem (OLIVEIRA, 2019). Baseado nas informações mencionadas anteriormente, as embalagens de COEX apresentadas neste trabalho, para efeitos de avaliação, terão a composição de: 94,7% PEAD, 5% (polietileno de baixa densidade) PEBD e 0,3% poliamida (PA).

O corpo das embalagens plásticas podem ser tanto de PEAD quanto de COEX, mas as tampas são fabricadas com PP. O interessante é que as tampas são recicladas e voltam para o ciclo dos defensivos agrícolas, executando a mesma função, pois elas não entram em contato com o produto, já que vêm com um selo na parte interna (inpEV, 2016). Os inventários da base

de dados utilizados na avaliação são apresentados nas Tabelas 5 a 7. O metal pode ser de liga de aço ou alumínio. Esse material é totalmente reciclável, pois possui um ponto de fusão alto, capaz de eliminar qualquer agente químico ou biológico presentes no invólucro.

Tabela 5 - Inventários de PEAD, PP, papelão e metais.

Material	Inventário utilizado Ecoinvent
PEAD	Polietileno de Alta Densidade HDPE
PP	Polipropileno
Papelão	Papel kraft não branqueado
Metais	Ferro fundido

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Tabela 6 - Composição e Inventário do COEX.

Composição COEX	Constituição	Inventário utilizado Ecoinvent
PEAD	94,7%	Polietileno de Alta Densidade HDPE
PEBD	5,0%	Polietileno LDPE
PA	0,3%	PA 6 1 (IDEMAT 2001)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Tabela 7 - Composição e Inventário dos Materiais sujeito a incineração.

Composição Incineradas	Constituição	Inventário utilizado Ecoinvent
PEAD	70,0%	Polietileno de Alta Densidade HDPE
COEX	30,0%	Polietileno LDPE

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

4.6. TERCEIRA ETAPA

Considerando as soluções apresentadas para a reciclagem de embalagens de defensivos agrícolas, é possível criar uma proposta viável que envolva diferentes atores do setor agropecuário. A proposta tem como objetivo principal a aplicação ambiental das soluções apresentadas, buscando criar um ciclo sustentável de produção e descarte de embalagens.

Inicialmente, seria necessário estabelecer parcerias com cooperativas de agricultores, que seriam incentivados a coletar e entregar as embalagens vazias para reciclagem. Essas

cooperativas receberiam incentivos financeiros e fiscais para incentivar a participação dos produtores. Além disso, a reciclagem das embalagens poderia gerar matéria-prima para a produção de novos produtos, como sacolas plásticas, tubos de irrigação, entre outros (ACI, 2018). Para a efetivação da coleta e reciclagem, seria preciso investir em tecnologias de limpeza mais eficientes e ecológicas para as embalagens, bem como na construção de rampas de abastecimento de pulverizadores e locais de armazenamento de embalagens. Dessa forma, seria possível garantir que as embalagens sejam descartadas corretamente e que não causem danos ao meio ambiente (MORGAM, 2015). Além disso, seria importante aplicar sistemas de rastreabilidade de embalagens que possam ser usados para monitorar a cadeia de fornecimento e gerenciar a logística reversa. Com esses sistemas, seria possível garantir que as embalagens sejam recicladas ou descartadas corretamente, criando um ciclo sustentável de produção e descarte (RODRIGUES, 2022).

Para incentivar a aplicação de embalagens biodegradáveis, seria necessário avaliar a sua viabilidade no processo de distribuição e na logística para os defensivos agrícolas. Também, campanhas de conscientização sobre a economia circular e da logística reversa seriam importantes para engajar produtores, cooperativas, fabricantes e consumidores na adoção de práticas mais responsáveis (FONTAN, 2021). Uma das soluções a ser proposta envolve a instalação de um ecoponto em Açailândia, no Maranhão, por meio de uma parceria público-privada. O ecoponto seria um local destinado ao recebimento das embalagens vazias e contaria com estrutura adequada para a coleta e reciclagem. Essa solução poderia contribuir para a melhoria e elevação dos níveis de aplicação da logística reversa na região (RODRIGUES, 2022).

Por fim, avaliar a possibilidade de incineração das embalagens no setor produtivo de GUSA/cimento, indústria presente no município, seria uma alternativa para utilizar as embalagens como cogeração de energia, contribuindo para a preservação ambiental (ARAÚJO,

2021). Para determinação de valores foram usados a tabela SINAPI-Ma, para descrição dos custos de implantação do ecoponto, análise de custos de demanda para volume de embalagens produzidas e a distância percorrida pelos caminhões até a ACIART em Imperatriz, Maranhão. Os valores descritos para incineração das embalagens na produção de cimento em Açailândia foram utilizados a partir dos valores da ecoinvent para ponto de combustão dos resíduos, usando os dados do diagnóstico para embalagens utilizadas na regional produtora de Açailândia.

Para o coprocessamento a ser apresentado como proposta metodológica foi discutido com a AVB (Aço Verde Brasil), produtora do cimento Açai, a Resolução Conama nº 499, de 6 de outubro de 2020, o que diz o regulamento no parágrafo único “O órgão ambiental competente poderá autorizar o coprocessamento de resíduos com concentrações de poluentes orgânicos persistentes superiores aos valores estabelecidos no ANEXO I da lei desde que haja ganho ambiental, conforme disposto no § 4º do art. 11 desta Resolução (LOPES, 2020).

O clínquer, que tem uma aparência que lembra a do carvão, é matéria-prima do cimento. Ele é uma mistura de calcário, argila e componentes químicos, como alumínio, silício e ferro, e precisa de altas temperaturas para se fundir (VENANCIO, 2022). De maneira simples, a resolução autoriza a utilizar lixo de diversas procedências, menos os radioativos, explosivos e de serviços de saúde, para alimentar esses fornos, produzindo o calor necessário. A confederação das indústrias e os produtores de cimento argumentam que a nova resolução apenas retira o termo “agrotóxico” das restrições, mas que isso não significa que os pesticidas serão incinerados por si só (MARIA, 2018).

A ideia é de que sejam usadas apenas embalagens que contêm restos dos pesticidas, as que não foram lavadas. Segundo o InpEV (2022), afirma que, no caso dos defensivos agrícolas, uma baixa quantidade de embalagens é incinerada, cerca de 6% do total recolhido. A Confederação Nacional da Indústria (CNI) diz ainda que a nova resolução foi baseada em normativas internacionais que tratam do tema, como a Convenção de Estocolmo, de 2001. E

que a regra anterior, que vetava a queima de defensivos agrícola nesses fornos, tinha mais de 20 anos e estava defasada (LOPES, 2020). Com base na nova perspectiva da possibilidade de incineração, foram realizados cálculos de viabilidade para iniciar um ecoponto com a iniciativa privada e poder público para destinação correta de embalagens vazias de defensivos agrícola no polo produtivo de Açailândia.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

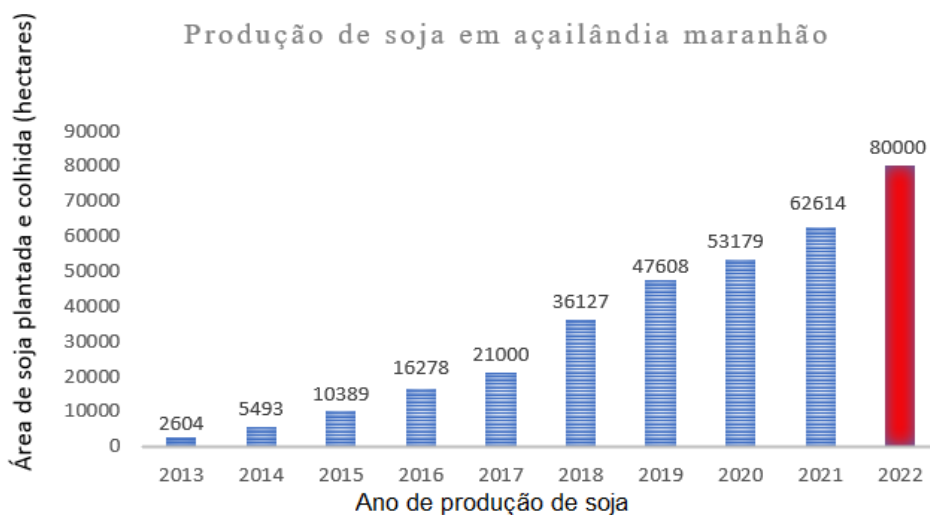
5.1. DIAGNÓSTICO DO CONSUMO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS E O DESTINO DAS EMBALAGENS VAZIAS

A primeira etapa dos resultados consistiu na fase de diagnóstico do consumo de defensivos agrícolas e o respectivo destino das embalagens após o uso. As Figuras 14 e 15 apresentam um levantamento histórico da área plantada e da produtividade de soja, nos últimos 10 anos, em Açailândia. A partir desse levantamento é possível notar que a produção de soja aumentou significativamente ao longo dos anos, podendo ser associado a abertura de novas áreas de plantio, bem como o uso de agroquímicos.

O aumento da área de cultivo entre 2013 e 2014 foi expressivo, totalizando um crescimento de 128%. Esse incremento foi ainda mais notável nos anos subsequentes, mantendo um ritmo de crescimento anual constante que resultou em um aumento extraordinário de 2972% até 2022, em comparação com o início da produção. Esses números revelam o notável potencial de Açailândia para a produção de soja, respaldado pelas projeções da SEAGRI, que estimam dobrar a área plantada nos próximos cinco anos. Como ilustrado na Figura 14, observa-se um aumento significativo na extensão de terras destinadas ao cultivo de soja ao longo dos anos. Esse crescimento rápido na produção de soja foi impulsionado pela expansão da área de cultivo e pela adoção de tecnologias avançadas, como o manejo do solo, a seleção de sementes com características genéticas adaptadas à região e o uso de defensivos agrícolas. Esses avanços

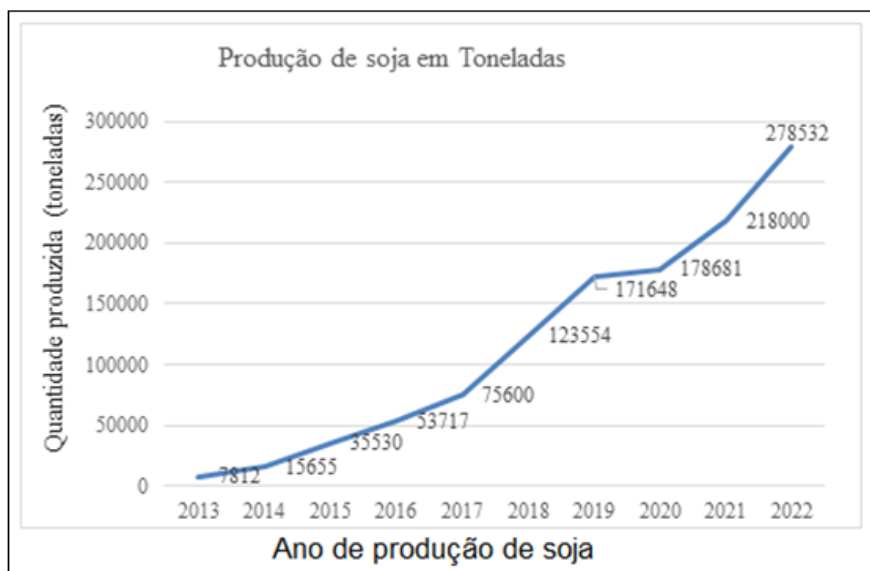
resultaram em um aumento impressionante de 3465,4% em relação a 2013, o primeiro ano de produção na região.

Figura 14 - Evolução da área plantada e colhida para soja nos últimos 10 anos.



Fonte: Modificado pelo autor a partir dos dados da SEAGRI, 2023.

Figura 15 – Produção de soja entre os anos de 2013 a 2022.



Fonte: Elaboração do autor a partir dos dados da SEAGRI, 2023.

O aumento da produção agrícola por área plantada frequentemente vem acompanhado pelo uso intensivo de defensivos agrícolas, incluindo pesticidas, herbicidas e fungicidas. Esses produtos químicos são utilizados para proteger as plantações de pragas, doenças e ervas

daninhas, garantindo assim maior rendimento das culturas. Embora sejam cruciais para produção de alimento em larga escala, seu uso excessivo ou inadequado pode levar a consequências negativas ameaçando o solo e os recursos hídricos. Portanto, a expansão da área cultivada e a melhoria na produtividade estão intrinsecamente ligadas, mas é crucial reconhecer que esse progresso deve ser acompanhado por medidas de gestão sustentável para mitigar os impactos ambientais, principalmente decorrentes do uso intensivo de defensivos agrícolas.

Outro fator de observação é que a relação direta da elevação da produtividade e área plantada não está ligado ao crescimento econômico do município, em emprego e renda, assim como o impacto sobre o ICMS (Imposto de Circulação de Mercadorias) é abaixo do esperado para o nível de produção local. A produção de soja, de acordo com a sua configuração atual, é caracterizada por operações comerciais que ocorrem em grande parte fora do contexto local. A obtenção de crédito para custeio, a aquisição de insumos (como adubos químicos e defensivos agrícolas), e outras transações relacionadas a essa cultura são conduzidas em locais distantes (SEAGRI, 2023).

Muitos agricultores de soja mantêm conexões com suas regiões de origem ao adquirirem bens e serviços associados à produção da soja. No entanto, essa faceta do processo vai de encontro ao argumento central desses produtores em relação aos potenciais benefícios fiscais associados a essa commodity. A soja desfruta, no Brasil, de um tratamento tributário diferenciado devido à implementação da chamada "Lei Kandir", que desonera as exportações. Como resultado, a contribuição para a geração de riqueza por meio de impostos é praticamente inexistente.

A análise de documentos fornecidos pela SEAGRI revela uma lacuna significativa na informação relativa à área efetivamente utilizada pelos agricultores para o plantio de soja. Essa lacuna pode ser atribuída, em parte, à desatualização dos registros técnicos das propriedades rurais, bem como à falta de recursos e equipamentos adequados por parte das secretarias

responsáveis pelo mapeamento, o que dificulta a avaliação precisa da área total de cultivo. Além disso, a SEAGRI identificou uma tendência preocupante: a migração substancial de pequenas propriedades pertencentes a famílias assentadas, que estão disponibilizando suas terras para a produção de soja a preços muito baixos. Isso pode ter um impacto negativo significativo na sustentabilidade da produção na região, como indicado pela SEAGRI, que registrou uma queda de mais de 50% na produção de tomate nos últimos 5 anos. Essa migração de culturas para a soja levanta questões sobre a diversificação agrícola e a preservação de culturas locais (DEBIASI, 2015).

Outro fator de grande relevância para o aumento da produtividade pode ser claramente identificado ao examinarmos as Tabelas 8 e 9. Estas tabelas apresentam dados relacionados ao consumo de defensivos agrícolas, totalizando 12,5 litros por hectare, com uma média de utilização de 7,4 litros de herbicida, 3,7 litros de inseticida e 1,4 litros de fungicida por hectare de soja cultivado. Essas informações estabelecem uma base para análise científica, destacando a correlação entre o uso de defensivos agrícolas e o aumento da produtividade na produção de soja. Os dados também fornecem uma visão abrangente e substancial das dinâmicas envolvidas na produção de soja na região do município de Açailândia, no estado do Maranhão. Ao analisar fatores como a expansão da área cultivada, a produtividade, o uso de defensivos agrícolas e outros elementos-chave, pode-se identificar tendências e correlações significativas. É possível um crescimento notável na área destinada ao cultivo de soja ao longo dos anos, conforme demonstrado nas Figuras 14 e 15, com projeções indicando uma expansão substancial até o ano de 2022. Esse crescimento está intrinsecamente relacionado consumo de defensivos agrícolas, incluindo herbicidas, inseticidas e fungicidas. Entre esses defensivos, o glifosato se destaca como um componente crucial do manejo das plantações de soja, contribuindo para a manutenção de áreas livres de plantas daninhas e o aumento da produtividade.

Tabela 8 - Matriz de produção agrícola na região de Açaílândia no período de 2013 – 2022.

Produção agrícola	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Área cultivada de soja (1.000 ha)	2,60	5,49	10,39	16,28	21,00	36,13	47,61	53,18	62,61	80,00
Produção de soja (1.000 ha)	7,81	15,66	35,53	53,72	75,60	123,55	171,65	178,68	218,00	278,53
Herbicida (1.000 L)	19,53	41,20	77,92	122,09	157,50	270,95	357,06	398,84	469,61	600,00
Inseticida (1.000 L)	5,21	10,99	20,78	56,97	73,50	126,44	166,63	186,13	219,15	280,00
Fungicida (1.000 L)	1,30	2,75	5,19	17,91	23,10	39,74	52,37	58,50	68,88	88,00
Defensivo agrícola (L/ha)	10,00	10,00	10,00	12,20	12,30	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
Defensivo agrícola (L/habitante)	0,24	0,51	0,96	1,82	2,35	4,04	5,32	5,95	7,00	8,95

Fonte: Elaboração do autor a partir dos dados da SEAGRI, AGED, ACIART, 2023.

Os defensivos agrícolas, predominantemente herbicidas, representam uma categoria de substâncias químicas de elevada complexidade e potencialmente tóxicas para o ambiente. A utilização desses produtos nas práticas agrícolas pode resultar em impactos ambientais significativos tanto para o solo quanto para os recursos hídricos (ASTRE, 2022). A interação desses herbicidas com o ambiente é uma questão de considerável complexidade, uma vez que envolve a análise das propriedades químicas dessas substâncias, suas vias de dispersão, a persistência no solo e os potenciais efeitos adversos sobre a biodiversidade local (SOARES, 2021). Além dos impactos ambientais, é fundamental abordar a complexidade relacionada aos

riscos associados aos trabalhadores envolvidos na preparação e aplicação dos defensivos na produção de soja (SCHNARR, 2022).

Tabela 9 - Consumo dos defensivos agrícolas (litros) por princípio ativo por hectare de soja.

Princípio ativo	Uso	Classe toxicológica	Risco ambiental	Volume	Formulação
2,4 D	H	I	III	0,9	Líquido
Acefato	I	II	III	0,1	Pó
Carbendazin	F	II	III	0,2	Líquido
Cipermetrina	I	III	II	0,2	Líquido
Clomazona	H	II	II	0,1	CE
Endosulfan	I	I	I	1,0	pó
Etefom	RC	II	II	0,1	Líquido
Fipronil	I	II	II	0,1	Líquido
Flutriafol	F	II	III	0,2	Pó
Glifosato	H	IV	III	4,9	Líquido
Metamidofós	I	I	II	1,3	pó
Metil Paration	I	I	III	1,0	Líquido
Óleo mineral	A	IV	III	0,2	Líquido
Paraquate	H	I	II	0,3	Líquido
Metolacoloro	H	I	II	0,4	Líquido
Tebuconazol	F	III	II	0,7	CE
Triflurallina	H	II	II	0,8	Líquido
Total				12,5	

Observação: H = herbicida, I = inseticida, F = Fungicida, A = Adjuvante, RC = Regulador de crescimento, CE= Concentrado emulsionável. **Fontes:** Elaboração do autor a partir dos dados da SEAGRI, 2023.

A exposição desses trabalhadores a riscos químicos é uma preocupação central, uma vez que as substâncias químicas utilizadas podem ter efeitos adversos à saúde humana (BOEDEKER, 2020). Este aspecto envolve uma análise minuciosa das medidas de segurança, regulamentações trabalhistas e protocolos de manuseio, a fim de compreender e mitigar os riscos ocupacionais associados à produção agrícola intensiva. Assim, a gestão dos defensivos agrícolas na produção de soja na região de Açailândia requer uma abordagem multidisciplinar

e de alto grau de complexidade. Isso inclui não apenas considerar os impactos ambientais e os riscos para os trabalhadores, mas também avaliar estratégias de manejo sustentável que minimizem esses impactos e promovam uma produção agrícola mais equilibrada e compatível com a preservação do meio ambiente e a saúde pública. Esta complexidade destaca a importância de uma abordagem holística para a agricultura que leve em consideração não apenas a produtividade, mas, também, a sustentabilidade e a segurança para todos os envolvidos no processo.

Quanto à relação de princípios ativos empregados, destacam-se seis herbicidas, um regulador de crescimento, seis inseticidas e três fungicidas. Dentro desse conjunto, merece destaque a classificação dos organofosforados como os mais perigosos em situações de contato ou exposição prolongada durante o manuseio e a aplicação desses produtos. No que concerne aos defensivos agrícolas e ao processo de preparação da calda, é de suma importância aderir estritamente às diretrizes prescritas pelo engenheiro agrônomo e observar rigorosamente as informações contidas na bula e na Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) durante todas as etapas do preparo e da aplicação da calda (LUIZ et al., 2021).

O levantamento realizado na região de Açailândia, corroborado pela análise de documentos fornecidos pela AGED do estado do Maranhão, revelou uma situação preocupante. Muitos campos de cultivo de soja não apresentam uma estrutura adequada, como sede da fazenda, instalações para a preparação da calda e, ainda mais grave, não dispõem de infraestrutura para a contenção e tratamento de efluentes em caso de derramamentos acidentais ou durante a limpeza dos equipamentos de pulverização.

Durante o levantamento de dados, foi possível identificar que as fazendas, que antes eram destinadas exclusivamente à criação de gado, foram transformadas em áreas de cultivo arrendadas aos produtores de soja. No entanto, constatou-se a ausência de infraestrutura adequada para armazenamento de embalagens, áreas específicas para acondicionamento de

defensivos agrícolas e locais destinados à limpeza das máquinas agrícolas utilizadas na pulverização. Entre as 40 fazendas pesquisadas, apenas três delas possuem rampas de abastecimento, construídas de acordo com as normas estabelecidas pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Um exemplo é a fazenda Bieta, produtora de soja que utiliza aeronaves pulverizadoras, cuja rampa de abastecimento pode ser observada no anexo H. Além disso, destacam-se a fazenda São Francisco, com mais de cinco mil hectares, e a fazenda do grupo Maratá, com mais de 13 mil hectares, ambas localizadas nas proximidades da cidade de Arame, no estado do Maranhão. Nas demais propriedades visitadas, não foram encontrados locais específicos para armazenamento de embalagens e pontos de abastecimento.

A classificação toxicológica de agroquímicos, conforme estabelecido pela Portaria do Ministério da Saúde nº 3, datada de 16 de janeiro de 1992, é fundamentada em resultados provenientes de experimentos laboratoriais cujo objetivo é a determinação da dose letal aguda (DL50%), como apresentado na Tabela 10. Essa medida estabelece a quantidade do produto necessária para causar óbito em 50% dos organismos expostos, e serve como base para estabelecer as medidas de segurança a serem adotadas para mitigar os riscos que esses produtos podem representar para a saúde humana. A legislação brasileira que regulamenta o uso de defensivos agrícolas, nomeadamente a Lei nº 7.802 de 11 de julho de 1989, e sua regulamentação pelo Decreto nº 4.704 de 4 de janeiro de 2002, impõe que os rótulos dos produtos contenham faixas de cores que indicam suas respectivas classes toxicológicas.

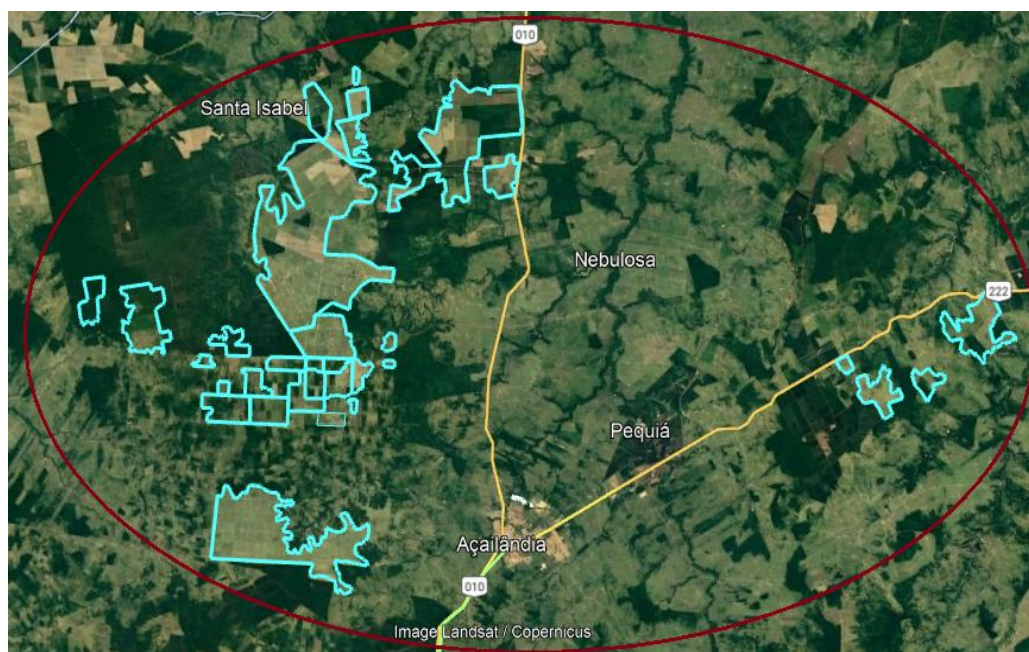
Tabela 10 – Classificação toxicológica dos defensivos agrícolas (líquidos e sólidos), com base na DL50, e suas respectivas cores de faixa.

Classe	Toxicidade	DL50 oral (mg/kg)		DL50 dérmica (mg/kg)		Cor
		Líquidos	Sólidos	Líquidos	Sólidos	
I	Extremamente tóxico	≤ 20	≤ 5	≤ 40	≤ 10	Vermelha
II	Altamente tóxico	20-200	5-50	40-400	10-100	Amarela
III	Moderadamente tóxico	200-2.000	50-500	400-4.000	100-1.000	Azul
IV	Pouco tóxico	> 2.000	> 500	> 4.000	> 1.000	Verde

Fonte: adaptado de Brasil (1992); Anvisa (2018).

Em 2022, conforme dados do IBAMA, o mercado nacional de defensivos agrícolas teve participação de 58,4% de herbicidas, 12,1% de fungicidas, 10,1% de inseticidas e 19,4% das demais categorias. Dentre os dez mais vendidos, o 2,4-D e a atrazina figuraram nas posições 2 e 6, respectivamente. Em anos anteriores, o diuron e o carbendazim também apareceram nas listas dos mais comercializados. Durante a pesquisa de campo, foram realizadas visitas a 40 fazendas, como ilustrado na Figura 16. É importante ressaltar que duas dessas fazendas são equipadas com campos de pouso que estão em conformidade com as normas de aplicação de defensivos agrícolas estabelecidas pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2010). Além disso, as fazendas pesquisadas demonstram um compromisso notável com práticas sustentáveis e o gerenciamento responsável dos resíduos gerados durante a aplicação de defensivos agrícolas.

Figura 16 - Mapeamento das fazendas de soja visitadas de acordo cadastro da AGED.



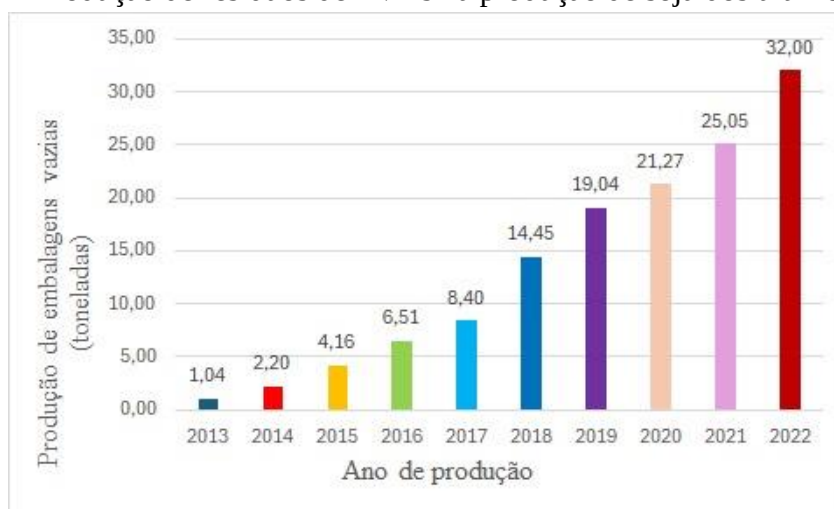
Fonte: Google Earth pro., acessado em 2023.

Essas propriedades rurais estão equipadas com rampas de abastecimento estrategicamente localizadas, facilitando a logística da aplicação de defensivos. Um destaque notável é a implementação de sistemas avançados de tratamento de efluentes gerados durante a limpeza das aeronaves utilizadas na aplicação dos defensivos. Esses sistemas utilizam a tecnologia de ozonização e filtração para purificar a água contaminada, tornando-a segura para o ambiente. Além disso, é adotado um leito de secagem para acelerar a evaporação da água residual, resultando em uma redução significativa do volume de resíduos a serem descartados. É importante destacar que o lodo final resultante do processo de tratamento é pulverizado no solo após o término da produção agrícola. Essa prática não apenas reduz os impactos ambientais, minimizando a disposição inadequada de resíduos.

Os resultados obtidos nas visitas de campo, juntamente com a análise de documentos obtidos por meio de uma busca ativa nas entidades responsáveis, corroboram uma tendência interessante. Observa-se que, de maneira geral, quanto maior a extensão de uma fazenda, maior é o uso de defensivos agrícolas. Essa relação se deve, em parte, à escala de produção e às necessidades de manejo da terra em propriedades de maior porte. No entanto, um achado

relevante é que, paralelamente ao aumento do uso de defensivos, também há uma tendência intrínseca de maior fiscalização e, conseqüentemente, um maior cumprimento das normas legais em fazendas de maior porte. Isso pode ser atribuído a diversos fatores, incluindo uma maior capacidade financeira para investir em tecnologias e recursos que assegurem a conformidade com as regulamentações ambientais e de segurança. Por outro lado, em fazendas de menor extensão e entre pequenos produtores, a fiscalização muitas vezes é menos intensa, o que pode resultar em um nível variável de conformidade com as normas legais. Essa disparidade destaca a importância de se implementar estratégias eficazes de regulamentação e monitoramento, especialmente em propriedades menores, para garantir a aplicação adequada das regulamentações relacionadas ao uso de defensivos agrícolas.

Conforme indicado no estudo, o uso de defensivos agrícolas apresenta um significativo passivo ambiental associado às embalagens e ao seu tratamento e destino final. Como observado na Figura 17, a produção de embalagens tem acompanhado o crescimento da produção agrícola nos últimos anos, atingindo um total de trinta e dois mil quilos de embalagens na última safra de 2021/2022. A Tabela 11 destaca que 73% das embalagens são feitas de PEAD, enquanto 20,6% são sacos plásticos ou metalizados, além de caixas de papelão, e 6,4% são recipientes de vidro ou metal, como detalhado no Anexo A. Vale ressaltar que essas embalagens são destinadas a ACIART na cidade de Imperatriz no Estado do Maranhão, que apresenta distância média de sessenta e sete quilômetros da cidade de Açailândia, objeto do estudo.

Figura 17 - Produção de resíduos de EVAs na produção de soja dos últimos dez anos.

Observação: Foram utilizados para o cálculo dados da análise gravimétrica da ACIART para safra 2021/2022.

Fonte: Elaboração do autor a partir dos dados da SEAGRI, AGED, ACIART, 2023.

Tabela 11 - Formulação x Embalagens x análise gravimétrica safra 2021/2022.

Formulação	Sigla	Embalagens mais comuns	Análise gravimétrica
Pó seco	DP	Sacos plásticos ou metalizados + caixa de cartolina	
Pó molhável	WP	Sacos plásticos ou metalizados + caixa de cartolina	
Pó solúvel	SP	Sacos plásticos ou metalizados + caixa de cartolina	20,6%
Grânulos	GR	Sacos plásticos ou metalizados + caixa de cartolina Papel multifoliado + plástico metalizado Baldes de metal + saco plástico	
Concentrado emulsionável	EC	Vidro Baldes de metal + resina epoxi Plástico = COEX / PET	6,4%
Concentrado solúvel	SL	Plástico - PEAD	
Solução concentrada	SC	Plástico - PEAD	73%
Ultrabaixo volume	UL	Plástico - PEAD - COEX	

Fonte: Elaboração do autor a partir dos dados da ACIART, 2023.

No âmbito das operações da ACIART, o recebimento das embalagens é realizado por um fiscal designado, que monitora o cumprimento dos horários agendados previamente por meio do site da inpEV. Os operadores, por sua vez, realizam o descarregamento das embalagens, verificando se foi efetuada a técnica de tríplice lavagem e se estas apresentam perfurações, conforme os requisitos estabelecidos. Após essa etapa, as embalagens são classificadas, sendo aquelas que atendem aos critérios de limpeza e conformidade com as normas encaminhadas para o processo de prensagem e posterior envio para reciclagem. No entanto, no caso de embalagens não conformes, o agricultor é notificado, conforme documentado na ficha de recebimento, conforme o Anexo F. As embalagens contaminadas e não limpas, por sua vez, passam pelo processo de prensagem e são transportadas por caminhões baú específicos, em parceria com a inpEV. Esses caminhões têm capacidade para transportar até doze toneladas de embalagens diretamente para empresas especializadas em incineração ou reciclagem de aço.

De acordo com informações da ACIART presente na Tabela 11, considerando uma média de 32 toneladas de embalagens produzidas anualmente no setor de produção de soja no município de Açailândia no estado do Maranhão, a taxa média de devolução alcança aproximadamente 90%, com base em registros de notas de venda e compra. Desse total, cerca de 6,6 toneladas correspondem a sacos plásticos metalizados ou embalagens de papelão, enquanto 2 toneladas referem-se a embalagens metálicas, que são submetidas ao processo de prensagem, conforme detalhado no Anexo A. Além disso, há um volume significativo de 23,4 toneladas de embalagens de PEAD COEX. Também, de acordo com a ACIART, o transporte do material prensado é dividido em duas etapas: uma destinada à incineração ou à indústria de produção de cimento, ferro e aço, e outra voltada para as embalagens que se encontram dentro das conformidades para o reaproveitamento na reciclagem, incluindo a produção de tubos de PEAD, todos localizados no estado de São Paulo (MARIA, 2018).

Conforme documentos da ACIART, os custos de envio são de responsabilidade da inpEV, e a empresa contratada fornece o caminhão especificamente destinado ao transporte de material contaminado. Cada viagem acomoda doze toneladas de resíduos. Com base nas informações do Repom (Regulamento dos Arranjos de Pagamento), o preço médio do frete por quilômetro acumulado em 2022 foi de R\$ 7,10. Desse montante, 40,12% correspondem a despesas com combustível, 34,45% a custos relacionados ao caminhão e 9,57% a impostos. O custo do frete do transporte da cidade de Imperatriz para a cidade de São Paulo, no estado de São Paulo, totaliza R\$ 16.557,20, levando em consideração a distância de 2.332 quilômetros entre as cidades, conforme estimado pelo Google Maps. Nesse contexto, os custos de transporte das embalagens de defensivos agrícolas da produção de soja em Açailândia, considerando uma taxa de recebimento de 90%, totalizam aproximadamente R\$ 44.704,44 por ano. Este valor não inclui os custos associados ao processo de separação, prensagem e armazenamento das embalagens, bem como os riscos ocupacionais enfrentados pelos funcionários da ACIART, que trabalham seis horas por dia em contato com diversas substâncias prejudiciais à saúde humana.

A falta de orientação adequada no transporte de defensivos agrícolas pode aumentar os riscos de acidentes, colocando em perigo a saúde humana e o meio ambiente (SOUZA; FARIA; PEREIRA, 2017). O transporte de defensivos agrícolas deve estar em conformidade com a legislação, uma vez que envolve o manuseio de produtos perigosos, exigindo medidas para minimizar os riscos de acidentes. É recomendado o uso de caminhonetes para o transporte, onde as embalagens devem ser organizadas e cobertas, mantidas afastadas de animais, pessoas e alimentos. Além disso, o produto transportado deve ser acompanhado de nota fiscal e ficha de emergência, conforme estabelecido pela legislação (BRASIL, 1989). Outro aspecto relevante é a questão das tampas das embalagens que não são devidamente limpas, o que representa um risco ambiental devido à quantidade de resíduos que pode se acumular na tampa, como ilustrado na figura do Anexo C. De acordo com a ACIART, essas tampas são consideradas material

contaminado e são encaminhadas para incineração, o que aumenta o risco de contaminação para os operadores do centro de recebimento.

5.1.1. Diagnóstico da tríplice lavagem das embalagens e dos equipamentos pulverizadores

No que diz respeito ao processo de tríplice lavagem das embalagens agrícolas nas fazendas, verificou-se que a prática consiste em uma limpeza inicial durante a preparação da calda, utilizando o bico injetor da máquina de pulverização. Posteriormente, como descrito na metodologia, as embalagens são perfuradas. É importante destacar que no Brasil, existe uma regulamentação que exige que as embalagens sejam submetidas a esse rigoroso procedimento de tríplice lavagem antes de serem perfuradas (BRASIL, 1989).

Essa abordagem de tríplice lavagem, seguida pela perfuração, desempenha um papel fundamental na gestão responsável dos resíduos de embalagens agrícolas. Ela não apenas assegura a remoção eficiente de resíduos de defensivos agrícolas das embalagens, mas também contribui para a preservação do meio ambiente e da saúde humana. No contexto brasileiro, essa exigência é um passo significativo em direção à prática agrícola sustentável. A tríplice lavagem não apenas garante que as embalagens estejam limpas e seguras para descarte, mas também minimiza o impacto ambiental causado pela dispersão de resíduos químicos. Dessa maneira, a tríplice lavagem e perfuração das embalagens agrícolas representam uma abordagem importante para a promoção da responsabilidade ambiental no setor agrícola brasileiro, contribuindo para a redução dos impactos negativos promovendo práticas mais sustentáveis no campo.

No contexto da pesquisa, é possível constatar no Anexo F que, quando as embalagens chegam à ACIART em situações não conformes, ocorre o aviso ao produtor, juntamente com a aplicação de uma multa. Adicionalmente, as embalagens passam por um processo de prensagem e são subsequentemente encaminhadas para incineração. Na Figura 18, que apresenta uma embalagem devolvida à ACIART, é claramente perceptível a identificação dos cortes realizados

na embalagem, conforme descrito nas diretrizes estabelecidas na norma técnica NBR 13968 da ABNT.

Figura 18 - Embalagem devolvida na ACIART depois de sofrer o corte.



Fonte: ACIART 2023.

Esse procedimento ilustra a importância da aplicação rigorosa das normas técnicas estabelecidas para o manuseio de embalagens e resíduos agrícolas. Ele não apenas assegura a conformidade com os padrões de segurança e ambientais, mas também demonstra o compromisso da ACIART em promover práticas responsáveis e sustentáveis no setor agrícola. Com base nos dados fornecidos pela ACIART, constatou-se que, em média, cerca de 10% das embalagens chegam à instituição com não conformidades devido à falta da prática da tríplice lavagem, e mais de 40% delas não possuem a perfuração no fundo da embalagem, como estabelecido pela norma NBR 13968. Essas embalagens não conformes apresentam potenciais riscos tanto para os colaboradores da ACIART quanto para a segurança durante o transporte e o armazenamento nas fazendas, onde podem permanecer por até um ano antes da devolução.

Com base na análise de documentos da AGED, identificam-se potenciais riscos na região de Açaíândia devido à característica das fazendas serem áreas recentemente

desenvolvidas para a produção, sem contar com estruturas adequadas, como sedes, moradias e instalações específicas para o armazenamento adequado das embalagens. Isso resulta em um aumento do risco de contaminação, conforme evidenciado na Figura 19 de uma ação da AGED e a SEAGRI no ano de 2022 com a coleta itinerante descrita em seus registros de ocorrência.

Figura 19 - Embalagem armazenada de forma incorreta.



Fonte: AGED, 2023.

Segundo a legislação, os agricultores ao comprarem os defensivos agrícolas devem ser orientados quanto à devolução das embalagens (BRASIL, 1989). Porém, ainda se observa que por falta de orientação, alguns agricultores realizam o descarte inadequado das embalagens vazias, abandonando-as no campo, queimando-as ou enterrando-as (SILVA, 2019). Os resíduos sólidos dessas embalagens vazias de defensivos agrícolas podem provocar graves danos ambientais, além de prejuízos à saúde humana (RIBEIRO, 2022). De acordo estudo realizado por Pedroso (2019), um levantamento feito quanto as sobras de defensivos agrícolas nos frascos, 48,1% dos agricultores relataram que não sobra, 44,3% guardam para posterior utilização, 3,8% devolvem nas cooperativas e 3,8% jogam fora. Os agricultores informaram comprar os defensivos agrícolas na medida para aplicar na safra, assim não deixam os produtos

vencer ou sobrar (65,8%). Porém, quando o produto vence, relataram devolver (13,9%) e outros utilizam os produtos mesmo vencidos (10,1%) ou jogam fora (7,6%).

5.2. PROPOSTAS DE SOLUÇÕES

Com base nos dados concernentes à região de Açaílândia e seu expressivo crescimento nos últimos dez anos na produção de soja, com uma capacidade contínua de expansão em médias de dez mil hectares por ano, torna-se imperativo que a região adote um planejamento estratégico voltado para o desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, é essencial buscar soluções abrangentes de curto, médio e longo prazo para a gestão das embalagens vazias de defensivos agrícolas produzidos localmente. Essa abordagem proativa visa garantir a integridade ambiental da região, alinhando-se com a necessidade de equilibrar o crescimento econômico com a preservação dos recursos naturais.

Com uma extensão de noventa mil hectares dedicados à produção de soja na safra 2022/2023, aliada à expansão potencial e diversificação com culturas como milho, criação de bovinos, a produção de eucalipto destinado à indústria local de papel e celulose, e metalmecânica, surge a necessidade premente de integrar o processo produtivo por meio do cooperativismo. Esse enfoque visa a alinhar práticas sustentáveis, reduzir custos de produção e possibilitar a implementação de instalações de triagem e recebimento de embalagens mais próximas das áreas produtivas. A introdução de novas tecnologias, como a utilização combinada de bioinsumos e defensivos já empregados, emerge como uma estratégia eficaz para aprimorar a produtividade e, concomitantemente, reduzir a quantidade de embalagens vazias geradas na região.

A implementação de um ecoponto na região surge como uma solução promissora, permitindo a utilização das embalagens na cogeração de energia nos fornos de produção de cimento. Essa abordagem inovadora não apenas proporciona uma destinação ambientalmente consciente para as embalagens, mas também contribui para a eficiência energética do processo.

Ao adotar essa prática, se antevê uma redução substancial nos custos para os produtores, aprimorando simultaneamente o sistema Campo Limpo. Além disso, a iniciativa promete impulsionar a geração de empregos e renda na região, solidificando-se como uma estratégia integral para promover a sustentabilidade e o desenvolvimento econômico local.

5.2.1. Cooperativismo

Com uma área produtiva em expansão com noventa mil hectares de soja na última safra, e com crescimento exponencial de dez mil hectares por ano, é coerente com a produção em cooperativa para redução das desigualdades no processo produtivo, redução do êxodo rural no arrendamento dos assentados e pequenos agricultores pelas dificuldades enfrentadas no processo de financiamento da produção, e a falta de técnica para tal. O cooperativismo é visto como um modelo econômico e, também, como uma filosofia de vida, com condições de desenvolver uma região, de criar bem-estar social e de ser uma alternativa que pode levar ao sucesso, com equilíbrio e equidade (VRONSKI; OLIMPIO, 2016). A importância do cooperativismo está no fato de se tratar de uma organização capaz de mudar hábitos e comportamentos, agir com outra racionalidade e condicionar novas posturas entre os seus participantes (RODRIGUES, 2021). Segundo Rodriguez (2021), uma cooperativa precisa atender a três pontos relevantes: ser necessária, ter viabilidade econômica e possuir liderança que exponha os princípios associativistas para que possa obter sucesso e promover o desenvolvimento da região onde estiver inserida. Atualmente, este tipo de organização vem contribuindo significativamente na geração de novas oportunidades de trabalho, construção de uma nova organização social, melhor distribuição de renda e promoção do desenvolvimento local e regional (BERTUOL, 2013).

Neste contexto a produção de soja na região de Açailândia pode crescer e melhorar os índices de desenvolvimento regional. Um dos fatores atribuídos pela AGED maranhense é que os pequenos agricultores não conseguem se manter sozinhos e arrendam suas terras a grandes

produtores por pequenos valores, irrisórios se comparado ao produto gerado, o que demanda uma organização regional para que estes mesmos agricultores possam produzir em sistema de cooperados, gerando riquezas para o produtor, melhorando a renda do campo e reduzindo o êxodo rural (ACI, 2018). De acordo com a Secretaria de Agricultura e Pesca do município, na figura do seu engenheiro chefe, um programa usando assentados em terras produtivas poderiam facilmente elevar o nível de produção de soja em mais de quarenta mil hectares nos próximos anos em comparação com os quase noventa mil hectares já produzido. E, de acordo com os gestores da Secretaria, a presença de uma cooperativa de produção poderia alavancar a economia, proporcionando diversos benefícios ao setor agropecuário e, consequentemente, aos demais setores urbanos, promovendo o desenvolvimento local e regional.

A análise do potencial de implantação da cooperativa de produtores de soja, por meio da aplicação da Matriz de Condicionantes, Potencialidades e Deficiências (CPD), é apresentado na Tabela 12. Esta metodologia consiste na classificação dos elementos municipais levantados de forma compreensível e de fácil visualização, em três categorias (BLUMENAU, 2008; MORGAM, 2015):

- Condicionantes – elementos existentes ou projetados que devem ser mantidos ou que são de difícil modificação, podendo ser de caráter espacial, funcional, infraestrutura, ambiental, socioeconômico, administrativo ou legal;
- Potencialidades – elementos que podem ser aproveitados para melhoria da qualidade de vida do município, sendo incorporados positivamente no planejamento;
- Deficiências – elementos que consistem em problemas e carecem de soluções, sendo com suas melhorias ou eliminações.

Tabela 12 – Matriz CPD para criação da cooperativa de produção de soja em Açailândia.

Dimensão	Subdimensão	Condicionantes	Potencialidades	Deficiências	Medidas interventivas
Desenvolvimento	Territorial	· Acesso rodoviário as fazendas do município é deficitário; · Histórico negativo da participação em cooperativas da região; · Baixa oferta de emprego, renda; · Estrutura de saúde, escolaridade baixa; - Falta de unidades de ensino vocacional.	· Necessidade de investimento nas estradas para escoamento da produção; · Atendimento básico de saúde municipal e convênio com hospitais da região; · Parcerias poder público – ensino superior.	· Captação de recursos para o pequeno agricultor; · Redução de verbas do governo federal e estadual junto aos municípios; · Receio histórico dos produtores rurais com o cooperativismo produtivo, devido às cooperativas anteriores terem deixado um legado negativo na região; · População migratória devido o arrendamento das terras; · Falta de organização cooperativa e associativa.	· Desenvolver junto aos pequenos produtores o fomento ao cooperativismo; · Fomentar a geração de renda e emprego. · Organização social para a inserção de setor produtivo de cooperativa de produção.
	Industrial	· Inexistência de cultura industrial; · Inexistência de uma cadeia de processamento como a produção de ração; - Inexistência de silos suficientes para a produção local.	· Mão de obra instalada no município; - Grandes áreas disponíveis para produção de soja; - Redução do desemprego na cidade e melhorar rapidamente a vida no campo.	· Ausência de indústrias de processamento no município; · Mão de obra qualificada para novas tecnologia não disponível, tendo que trazer de fora do estado; · Baixo nível de empreendedorismo; · Falta de políticas de incentivos fiscais para instalação de cooperativas e de sistemas de processamento da soja	· Promover o aumento de empregos no município; · Estruturar uma rede de silos para armazenamento da soja para processamento e valorização interna dos preços, para tornar a produção mais competitiva; · Promover e incentivar o desenvolvimento de agroindústrias familiares; · Desenvolver um Plano municipal de incentivo fiscal para novos modelos de produção sustentável.

Comercial	· Acesso as fazendas; · Resistência a cultura do cooperativismo.	· Potenciais áreas para elevar a produção; · Grande quantidades de assentados com área em condições de produção. - Proximidade com a linha de ferro Carajás e barateio no transporte até São Luiz no porto de Itaqui.	· Acesso a produtos variados; · Dificuldade de abastecimento por parte de atacados; · Inexistência de logística reversa das embalagens de defensivos agrícolas pelos fornecedores. · Sistema logístico deficitário; · Falta de capacitação do comércio local.	· Realizar parceria público/privada para o recolhimento de embalagens de defensivos agrícolas ; · Promover projetos e ações que reduzam a poluição ambiental municipal. · Desenvolver a comercialização dos produtos locais e da região no município; · Fomento ao Microcrédito; · Desenvolver programas de apoio à pequenas empresas
Serviços	- Acesso rodoviário ao município; - Inexistência de serviços especializados.	- Existência de profissionais capacitados na área de bioinsumos; - Cooperativa de processamentos de soja; - Acesso a outros municípios e a linha de ferro Carajas; - Universidades publicas e privadas fornecendo o curso do setor agrícola, como a FAVALE e o curso de agronegócios;	- Serviços especializados na área da saúde; - Jovens adquirem conhecimento técnico e o aplicam fora do município; - Ausência de ligação à rede de esgoto; - Ausência de cartório; - Ausência de ensino superior e cursos técnicos e profissionalizantes; - Inviabilidade da construção de um hospital no município devido ao tamanho da população e da falta de recursos financeiros.	- Incentivar os jovens na busca de alternativas de renda para manter se no ambiente rural; - Implantar cursos para aperfeiçoamento no processamento de grãos; - Elaborar um Programa de incentivos a construção de silos para armazenamento de grãos; - Desenvolvimento regional com programa de curto, médio e longo prazo.

5.2.1.1. Implementação do sistema de rastreamento de embalagens e educação ambiental no sistema de cooperativas

Com o advento do sistema de cooperativas pode-se implementar o sistema de rastreamento que está sendo desenvolvido pelo inpEV. Na busca permanente pelo aperfeiçoamento e pela adoção das melhores práticas, o inpEV está implementando o Projeto de Rastreabilidade, que permite acompanhar, de forma automatizada, todo o percurso das embalagens. Este novo processo foi desenvolvido com a consultoria da GS1 Brasil – Associação Brasileira de Automação, e foi avaliado em projetos-pilotos nas centrais de Araraquara (SP) e Pouso Alegre (MG), e deve estar em operação em cerca de 25 unidades até o final deste ano. Em 2022, deverá ser implantado em outras centrais do sistema.

Iniciativa inovadora em logística reversa, o projeto contribui para manter o Sistema Campo Limpo como referência mundial na destinação de embalagens vazias de defensivos agrícolas, concretizando o conceito de economia circular. Hoje, para permitir o gerenciamento das informações de processamento e saída de materiais das centrais, os dados são incluídos no SIC (Sistema de Informação de Centrais) e sempre existe a possibilidade de um erro, pois são digitados. Pelo novo projeto, as informações constam de uma etiqueta com um código, lida por um coletor, interligado por Wi-Fi à balança e à impressora. Os dados, como material, peso do fardo e identificação da central, são automaticamente carregados para o SIC via internet, gerando produtividade e ausência de erro, como explica Mario Fujii, gerente de Logística do inpEV.

Os projetos-pilotos permitiram avaliar a melhor maneira de replicar este novo processo, monitorando a estabilidade dos sistemas, as conexões Wi-Fi e a robustez dos equipamentos (baixa manutenção), além da customização para o padrão GS1. Manuais estão sendo elaborados para orientar as centrais de recebimento para a replicação do projeto de forma padronizada (inpEV, 2023). Com a integração de tecnologias no processo de logística, viabilizou-se um avanço no controle e coordenação das atividades operacionais, otimizando custos e

informações, e proporcionando uma gestão mais eficiente, capaz de solucionar diferentes problemas que permeiam o sistema logístico. A aplicação de tecnologias da informação ao longo da cadeia de suprimentos permite o gerenciamento mais preciso de todo o processo, facilitando a tomada de decisões a partir da coleta de dados das ocorrências no processo logístico, possibilitando uma visão global do mesmo (BOWERSOX; CLOSS, 2009).

No Brasil, muitas vezes por falta de conscientização, os agricultores, carentes de qualificação profissional e com informações fragmentadas, enterram as embalagens de defensivos agrícolas usadas em locais inadequados. Outras são jogadas as margens de rios e lagos, e algumas vezes até queimadas a céu aberto, emitindo poluentes tóxicos na atmosfera (SOARES et al., 2008). Como o inpEV é o órgão responsável pela destinação correta das embalagens, tem-se desenvolvido uma gama de projetos de educação e conscientização. Como realizado em Rondonópolis - MT, onde foi sediado o evento oficial de sua 14ª edição do Dia Nacional do Campo Limpo no ano de 2018, cujo tema foi “Compartilhando Responsabilidades, Comemorando Resultados!”, como descrito no apêndice B.

Como representante da indústria de defensivos agrícolas para fins de logística reversa, o desenvolvimento e a aplicação de ações de educação e conscientização fazem parte das atividades do inpEV desde sua fundação. A área de Comunicação e Educação encarrega-se de realizar a gestão do tema, desenvolver materiais educativos, direcionar sua aplicação e mensurar resultados. Desde 2005, o inpEV comemora o Dia Nacional do Campo Limpo, uma celebração que reconhece a importância do envolvimento de todos os elos da cadeia agrícola – agricultores, canais de distribuição, fabricantes e poder público – para o sucesso do Sistema Campo Limpo. O Dia Nacional do Campo Limpo já reuniu mais de um milhão de pessoas em todo o Brasil, desde sua criação.

Como a produção de soja é nova em Açailândia, o inpEV ainda não tem desenvolvido atividades de educação ambiental no município. Foi perguntado a secretaria de educação do

município, Dra. Karla Janys Lima Nascimento, sobre o programa de educação ambiental do município abordar a questão do campo e se o inpEV fez alguma programação para embalagens nos últimos 5 anos, sendo relatado que a mesma entidade procurou o município para fornecimento de material didático, mais que as negociações foram interrompidas com o advento da Covid-19 e que não foi mais relatado o interesse de ambas as partes.

Por meio de seu site, o inpEV oferece gratuitamente o Curso de Educação a Distância do Sistema Campo Limpo, que trata da legislação regulamentadora do descarte de embalagens vazias de defensivos agrícolas, das responsabilidades de cada um dos elos envolvidos, do trabalho realizado nas unidades de recebimento e da destinação adequada (reciclagem ou incineração). Ao concluir o curso, os alunos podem imprimir um certificado de participação. A integração da produção de soja com cooperativas apresenta uma oportunidade única para promover iniciativas de educação ambiental voltadas para a logística reversa de embalagens vazias de defensivos agrícolas. As cooperativas, por serem estruturas colaborativas que reúnem produtores rurais, têm o potencial de funcionar como catalisadoras para a implementação desses projetos.

Primeiramente, a organização cooperativa proporciona uma plataforma eficiente para disseminar conhecimento e conscientização ambiental entre os produtores de soja. Essa conscientização pode se concentrar nos impactos ambientais adversos associados à má gestão das embalagens de defensivos agrícolas e destacar a importância da logística reversa para mitigar esses efeitos. Além disso, as cooperativas podem desempenhar um papel vital na criação e implementação de programas educacionais específicos. Esses programas podem incluir workshops, palestras e materiais educativos que informam os agricultores sobre as melhores práticas de manipulação, armazenamento e devolução responsável das embalagens vazias. Ao fornecer orientações práticas, as cooperativas capacitam os produtores a adotarem medidas sustentáveis em suas operações agrícolas. A logística reversa, facilitada por meio das

cooperativas, pode ser integrada aos fluxos de produção existentes. Isso não apenas simplifica o processo para os agricultores, mas também promove uma cultura de responsabilidade ambiental.

A criação de pontos de coleta nas cooperativas, onde os agricultores podem devolver as embalagens vazias de forma conveniente, contribui para a eficácia do sistema de logística reversa. Além disso, as cooperativas podem estabelecer parcerias com entidades especializadas na gestão ambiental para garantir a destinação correta e sustentável dessas embalagens. Isso completa o ciclo de responsabilidade desde a conscientização inicial até a devolução e tratamento ambientalmente adequado. Assim, ao unir a produção de soja com cooperativas e iniciativas de educação ambiental para logística reversa, cria-se um ambiente favorável à sustentabilidade, respeitando tanto as necessidades econômicas dos agricultores quanto os princípios da preservação ambiental.

5.2.2. Construção do ecoponto em Açailândia / Maranhão

A distância das fazendas até o polo de recebimento tem sido um dos fatores que impede a melhor eficiência na logística reversa de embalagens vazias de defensivos agrícolas na região do município de Açailândia no Estado do Maranhão. Das fazendas visitadas as distâncias podem chegar a 178 km até a ACIART na cidade de Imperatriz, local autorizado pela inpEV de receber as embalagens para dar destino correto. Como cada produtor tem responsabilidade individual, e o município não possui nenhum mecanismo de auxílio para coleta das embalagens, com custo médio de sete a nove reais o valor do km para transporte, os valores podem chegar a doze mil reais anual, reduzindo a eficiência do sistema campo limpo.

De acordo com normativas da inpEV, não se tem uma produção limite para que seja iniciado a abertura de um centro de coleta em Açailândia, mais que estão estudando a abertura de um ecoponto na cidade de Buriticupu a 170 km de Açailândia para incorporar a produção na parte mais central do estado. Assim o cooperativismo pode ser o catalizador para viabilizar um

centro de recebimento de embalagens alinhados com a inpEV, unindo secretarias municipais, a AGED, centro comercial ligado ao setor produtivo agropecuário e produtores em prol de redução dos custos, viabilidade econômica para destino no processo de incineração, e melhoria dos índices no sistema campo limpo, projeto esse que já é referência mundial.

Para criação do ecoponto de embalagens vazias de defensivos, o licenciamento ambiental é quesito obrigatório e é detalhado pela Resolução 465/14 do CONAMA. Esta resolução, em seu Artigo 4, estipula três licenças essenciais: a Licença Prévia (LP), a Licença de Instalação (LI) e a Licença de Operação (LO). Na operação de unidades de recebimento, pré-requisitos cruciais antecedem o início das atividades. Estes incluem equipamentos especiais e treinamento da equipe para manusear embalagens, respeitando as normas de segurança, equipamento de proteção individual (EPIs) e demais atividades relacionadas ao recebimento, inspeção, triagem e armazenamento das embalagens.

5.2.3 Uso de bioinsumos

As investigações acerca de insumos biológicos abrangem desde a meticulosa seleção de microrganismos até o desenvolvimento de inoculantes microbianos (MEYER, 2022). A prática da agricultura sustentável se distingue substancialmente dos modelos tradicionais ou industrializados, especialmente no que concerne ao manejo do solo, à utilização de defensivos químicos, à produtividade agrícola e aos impactos ambientais (CAMPOS et al., 2019). Enquanto o padrão convencional se caracteriza pela elevada dependência de insumos químicos (PRETTY et al., 2015), a abordagem da agricultura sustentável é fundamentada na otimização do uso de produtos, notadamente por meio do Manejo Integrado de Pragas - MIP (ALAM et al., 2016). Neste contexto, a transição para a agricultura sustentável em Açailândia pode representar um ganho expressivo nos quesitos ambientais e financeiro. Como detalhado nos custos de produção de forma tradicional e mista, e a relação direta entre a diferença de custos

observado na Tabela 13, a redução pode chegar a uma diferença de 1.860,00 reais por hectares plantada.

Tabela 13 - Receita bruta da soja produzida nos sistemas convencional e misto por hectares.

Manejo	Área (ha)	Preço de venda (R\$ / sc)	Produtividade líquida (sc / ha)	Receita (R\$ / ha)	Receita total (R\$)
Convencional	40	120,00	52,00	6.240,00	249.600,00
Misto	45	120,00	60,00	7.200,00	324.000,00

Fonte: Valores do mercado local, safra 2023.

Sob um manejo que combina produtos biológicos e alguns produtos químicos, quando comparado a um talhão cultivado exclusivamente com insumos químicos, observa-se potenciais benefícios decorrentes das interrelações presentes no sistema. Essas interações são influenciadas por diversos fatores interligados, resultando em um ambiente mais saudável, produtivo e equilibrado para as plantas. Apesar dos inegáveis benefícios do manejo biológico, sua implementação eficaz demanda expertise técnica e monitoramento constante para alcançar resultados satisfatórios. É crucial ressaltar que a adoção de produtos biológicos não visa substituir integralmente o uso de agroquímicos, pelo contrário, ela pode ser considerada uma ferramenta complementar que contribui para a redução da dependência desses insumos (THANCHAROEN et al., 2018).

Essa abordagem destaca a importância de integrar práticas sustentáveis ao manejo agrícola, reconhecendo que a sinergia entre métodos biológicos e químicos pode oferecer uma estratégia mais equilibrada e eficaz para promover a saúde das plantas e a sustentabilidade do sistema agrícola como um todo. No que tange à distribuição dos custos, os insumos surgem como o fator mais oneroso, respaldando as constatações de Godinho et al. (2019), que, em um estudo realizado em Rondônia, observaram que nos cultivos convencional e direto, os custos com insumos representavam, respectivamente, 73,3% e 60,8% do custo total. Já na safra 2021/2022 em Mato Grosso do Sul, constatou que o custo com insumos representou expressivos

53,31% do custo total. Destaca-se a importância desse estudo, pois, conforme Gebremedhine (1998), em nível de exploração, os agricultores sempre optam pelo melhor sistema de cultivo entre as alternativas tecnicamente viáveis, sendo a rentabilidade econômica o critério primordial. Conforme apontado por Richetti (2021), o conhecimento aprofundado dos custos contribui para uma tomada de decisão mais embasada e para a avaliação da rentabilidade do cultivo de soja na próxima safra. A Tabela 14 apresenta os custos com insumos para produção de soja cultivada em sistema de manejo convencional.

Tabela 14 - Custos com insumos para produção de soja cultivada sob manejo convencional.

COMPONENTES DO CUSTO	R\$	R\$ / ha	sc / ha	Part (%)
Semente	17.280,00	432,00	2,52	16,08
Inoculação e enriquecimento de sementes	2.235,20	55,88	0,32	2,08
Fertilizante	50.532,40	1.263,31	7,36	47,03
Herbicida	16.732,40	418,31	2,44	15,57
Inseticida	3.820,00	95,50	0,56	3,56
Bioinseticida	-	-	-	-
Fungicida	14.824,00	370,60	2,16	13,79
Adjuvante	2.028,40	50,71	0,30	1,89
TOTAL	107.452,40	2.686,31	15,66	100

Fonte: Valores do mercado local, safra 2023.

Para a cultura da soja cultivada de maneira convencional, o estudo revelou um custo total de R\$ 107.452,40, o que representa um custo por hectare de R\$ 2.686,31, considerando-se a área do talhão de 40 ha. De modo geral, observa-se que quase metade do valor gasto refere-se à compra de fertilizantes, item que mais onerou o custo com insumos nesse sistema. O uso dos fertilizantes correspondeu a uma parcela de 47,03% do total. Os custos com aquisição de sementes, herbicidas e fungicidas apresentaram participações semelhantes no total. Os cálculos dos valores de custo de cada categoria de insumo foram realizados com base nos levantamentos realizados junto com produtor. Alguns dos produtos utilizados no

talhão cultivado com soja sob manejo convencional, também, foram utilizados na área com manejo misto, onde foram realizadas aplicações com produtos biológicos.

Como o uso de produtos biológicos tem custos de implantação como a contratação de mão de obra especializada e a montagem dos equipamentos como estufa, laboratório e reatores biológicos para o desenvolvimento dos microrganismos, faz se necessário um programa de investimento partilhado, para redução dos custos de implantação. Como a ideia principal é a redução do uso de agroquímicos e, conseqüentemente, a redução de embalagens com riscos ambientais. Na Figura 20 pode-se ver um sistema completo para produção in loco, para que haja vantagem na redução de embalagens.

Figura 20 – Biofábrica para produção de bioinsumos.



Fonte: <https://alfamare.com.br/biofabricas-defensivos-biologicos/2023>

Montar uma biofábrica envolve a criação de um sistema de produção para produzir produtos biotecnológicos em grande escala. Isso geralmente inclui a seleção de um local adequado, a construção de instalações de produção, a aquisição de equipamentos especializados, a obtenção de licenças e outros requisitos regulatórios. Além disso, é importante estabelecer processos de produção eficientes e seguir as boas práticas de fabricação (BPF) para garantir a qualidade e segurança dos produtos.

A primeira etapa na montagem de uma biofábrica é selecionar um local adequado. Isso envolve considerar fatores como acesso a matérias-primas, transporte, mão de obra qualificada e requisitos regulatórios. Em seguida, é necessário construir instalações de produção que atendam às necessidades específicas da produção de produtos biotecnológicos, incluindo áreas de armazenamento, laboratórios, áreas de produção e áreas de embalagem e distribuição. Em seguida, é preciso adquirir os equipamentos para produção e para controle de qualidade especializados necessários para a produção, como biorreatores, sistemas de água, pHmetro, autoclave, microscópios e outros equipamentos. Por fim, é necessário obter as licenças e cumprir os requisitos regulatórios aplicáveis, incluindo requisitos de segurança e qualidade (MEYER, 2022). É importante lembrar que a montagem de uma biofábrica é um processo complexo que requer um planejamento cuidadoso e uma execução eficiente para garantir o sucesso da produção, evidenciando assim a necessidade do desenvolvimento do cooperativismo agrícola, para melhorar, capacitar e dinamizar a produção agrícola na região.

5.2.4. Incineração das embalagens vazias

O sistema Campo Limpo também viabiliza a economia circular ao produzir novas embalagens a partir da resina pós-consumo, fornecendo insumos para o próprio setor. Adicionalmente, essa resina é empregada na fabricação de diversos materiais, incluindo artefatos para as indústrias da construção civil, transportes e energia, resultando em economia de recursos naturais e na redução da emissão de 752.658 toneladas de CO₂ no período de 2002 a 2023 (INPEV, 2023). Contudo, a promulgação da recente Resolução CONAMA nº 499, datada de 6 de outubro de 2020 (CONAMA, 2020), que revogou a Resolução nº 264 de 06 de agosto de 1999 (CONAMA, 2000), regulamenta o licenciamento da prática de coprocessamento de resíduos em fornos rotativos de produção de clínquer (AGUIAR, 2021).

A técnica de Coprocessamento tem sido implementada globalmente com o propósito de reduzir o consumo de combustíveis fósseis e matérias-primas na produção de cimento, resultando na diminuição das emissões de CO₂. Essa abordagem envolve a utilização de diversos resíduos com características combustíveis, como pneus rejeitados de atividades industriais, óleos e graxas, solventes, resíduos de tinta e até mesmo resíduos sólidos urbanos, os quais são empregados como combustíveis alternativos e matérias-primas (LAMAS et al., 2013; DIAS et al., 1999). No contexto da recente resolução, o parágrafo único do artigo 2º destaca que o órgão ambiental pode autorizar o coprocessamento de resíduos com concentrações de poluentes orgânicos superiores aos estabelecidos pela própria resolução, desde que comprovados ganhos ambientais. Tais ganhos incluem a redução de emissões de substâncias poluentes, gases de efeito estufa, entre outros; a eliminação ou redução da necessidade de disposição final de resíduos; despoluição de áreas ou cursos hídricos; e a apresentação desse mecanismo como uma tecnologia ambientalmente mais adequada e segura para a destinação final do resíduo, entre outros critérios (CONAMA, 2020).

Como já observado nos resultados, a quantidade de embalagens produzidos na região pelo sistema de produção de soja é na ordem de trinta e duas toneladas de resíduos ano, mas ao considerar a produção de milho, silvicultura, agricultura familiar e produção de bovinos, essa quantidade pode ultrapassar as 100 toneladas por ano. Esse fato e a capacidade produtiva da indústria de cimento local na ordem de 25 toneladas de cimento dia, pode facilmente receber e utilizar no processo de cogeração (AVB, 2023).

O aumento potencial na receita, projetado em torno de R\$ 276.000,00/anual dos custos operacionais, sugere que a adoção planejada de práticas sustentáveis poderá estar alinhada com o sucesso econômico da empresa. Os custos devidos em razão do poder calorífico do carvão vegetal de eucalipto de 3.750 kcal/kg em comparação com o PEAD que possui 4.716,14 kcal/kg. Com um potencial de mais cem toneladas/ano poderia reduzir 125,73 toneladas de

carvão que em valores atuais é de R\$ 2.200,00 a tonelada. Apesar de ainda não ter sido implementado, o coprocessamento representa uma estratégia que a empresa aspira realizar, visando contribuir para a sustentabilidade e a responsabilidade social.

A estruturação antecipada dos custos ambientais, apresentada em diferentes categorias, evidencia a proatividade na gestão desses processos e a transparência na abordagem planejada. Em síntese, a cogeração de energia com embalagens vazias de defensivos agrícolas na produção de cimento no município de Açailândia, no estado do Maranhão, surge como um projeto futuro que promete ser ambientalmente responsável e economicamente viável. Os benefícios projetados abrangem não apenas a empresa, mas, também, a comunidade local e o município, indicando uma abordagem integrada que busca conciliar desenvolvimento econômico e preservação ambiental. A Figura 21 ilustra a sequência para a destinação das embalagens da região de Açailândia, permitindo destino final sem a necessidade de transportar para locais distantes, como São Paulo/SP.

Figura 21 - Destinação final das embalagens vazias de defensivos agrícolas.



Fonte: <https://www2.mppa.mp.br/2023>

Outro aspecto relevante está na expectativa de impacto positivo na comunidade local. O coprocessamento na unidade de cimento, caso seja efetivado, não apenas poderá minimizar o contato humano com os resíduos, mas também promoverá a criação de empregos, fortalecendo os laços entre a empresa e a população. Essa perspectiva aponta para um possível desenvolvimento socioeconômico local, refletindo uma postura corporativa comprometida e antecipando benefícios sociais. No âmbito municipal, a futura prática de queima dos resíduos na indústria representaria uma economia estimada para os produtores rurais, reduzindo o tempo para deslocamento até a ACIART e o valor gasto com transporte. Evitar potenciais custos associados aos resíduos não só reduziria despesas futuras, mas, também, poderia prevenir problemas de saúde pública, evitando riscos de contaminação do solo e dos recursos hídricos.

A perspectiva de estabelecer um relacionamento positivo com a Secretaria de Meio Ambiente do estado é uma consequência esperada do eventual coprocessamento na unidade.

Essa parceria, se concretizada, fortaleceria a confiança nas operações da empresa, evidenciando a conformidade antecipada com as normas ambientais e ressaltando a importância da antecipação do diálogo entre setor privado e órgãos reguladores. Além dos benefícios ambientais e sociais, o coprocessamento na unidade poderia representar ganhos financeiros expressivos para a empresa no futuro.

Inicialmente, a preferência recai sobre a reciclagem, proporcionando um ciclo sustentável ao material. Em seguida, o reuso surge como uma opção, conferindo uma segunda vida útil às embalagens. Por fim, quando outras alternativas não são viáveis, a recuperação energética surge como uma solução, alinhando-se a uma ordem de prioridade consciente e eficiente. Essa abordagem poderia ser incorporada às diretrizes legais, promovendo práticas mais sustentáveis no ciclo de vida das embalagens de defensivos agrícolas.

6. CONCLUSÕES

Diante da análise feita sobre o cenário agrícola em Açaílandia, é possível extrair conclusões fundamentais que lançam luz sobre a interconexão complexa entre o aumento da produção de soja, o uso intensivo de defensivos agrícolas e os desafios ambientais e sociais associados. Em uma síntese refinada, destacam-se os seguintes pontos:

- A região de Açaílandia testemunhou um aumento significativo na produção de soja ao longo da última década, impulsionado por fatores como a abertura de novas áreas de plantio e a adoção de tecnologias agrícolas;
- O crescimento exponencial da área plantada, especialmente nos últimos anos, está diretamente ligado ao uso intensivo de defensivos agrícolas, evidenciando uma correlação direta entre expansão agrícola, métodos químicos de manejo, e aumento da relação direta da área plantada e produtividade;

- A gestão dos defensivos agrícolas em Açailândia demanda uma abordagem multidisciplinar, considerando não apenas a produtividade, mas, também, a sustentabilidade ambiental, a segurança dos trabalhadores e a contribuição para a comunidade local;

- No diagnóstico foi observado que a produção é individual, sem a presença de cooperativas, com 90 mil hectares catalogado pela AGED na última safra, com média de 55 sacas/ha;

- Com base nos dados, foram produzidas 32 toneladas de embalagens vazias de defensivos agrícola, que foram encaminhados para ACIART na cidade de Imperatriz, onde 20,6% são de sacos plásticos ou metalizados mais caixa de cartolina ou plástico metalizado, 6,4% de embalagens de vidro ou tambor metálico e 73% de e polímero à base de PEAD/COEX;

- Dentre as propostas de soluções levantadas para o gerenciamento de embalagens vazias, o cooperativismo pode ser o elo entre o produtor e o sistema Campo Limpo, recebendo treinamento sobre o processamento de embalagens, a criação de um ecoponto unindo produtores, setor público, distribuidores e a inpEV para facilitar o processo de gestão, incluindo o uso de novas tecnologias;

- Dentre as novas tecnologias descritas, o uso de bioinsumos pode agregar valor produtivo, diminuindo a quantidade de embalagens vazias e melhorando a eficiência produtiva com valor agregado e menor impacto ambiental, com redução de custos na produção de até 1.860,00 reais/ha, e a destinação final das embalagens a incineração no sistema de produção de cimento na indústria local, reduzindo custos com frete, elevando o valor agregado, gerando emprego e renda local.

Em suma, a complexidade desse cenário agrícola exige uma abordagem equilibrada e sustentável, onde o aumento da produção não comprometa os recursos naturais, a saúde humana e a diversidade agrícola local.

7. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 9843-3**: Defensivos agrícolas e afins - Armazenamento - Parte 3: Propriedades rurais. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABNT – Associação brasileiras e normas técnicas. **NBR 10.004**: Classifica os resíduos sólido. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ABNT – Associação brasileiras e normas técnicas. **NBR 13.968**: Embalagem rígida vazia de defensivo agrícola. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

SANTOS, Flávia Cristina. A agropecuária do sul do Matopiba em perspectiva: Circuito solos arenosos da região Cocos-Jaborandi. Sete Lagoas: **Embrapa** Milho e Sorgo, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **RBHA 137**: Aprovado pela Portaria no 454/DGAC de 8 de julho de 1999. Publicada DOU nº 139 de 22 de julho de 1999. Operações Aeroagrícolas. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br>>. Acesso em: 22 nov. 2010.

AGUIAR, D.B.; ALUIZIO, U.; PAULO, V. Impactos ambientais regionais decorrentes da mudança da legislação ambiental para coprocessamento de agrotóxicos. **Revista S&G** **16**, 3, 2021. <https://revistas.emnuvens.com.br/sg/article/view/1743>. Acesso em: 09 dez. 2023.

ALAM, M.Z.; CRUMP, A.R.; HAQUE, M.M.; ISLAM, M.S.; HOSSAIN, E.; HASAN, S.B.; HASAN, S.B.; HOSSAIN, M.S. Effects of integrated pest management on pest damage and yield components in a rice agro-ecosystem in the Barisal Region of Bangladesh. **Front. Environ. Sci.**, 4: 1-10, Mar. 2016. doi: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2016.00022>.

ALENCAR, J.A.; SILVA, M.B.; GOMES, R.C.; FERREIRA, A.L.; MENDONÇA, C.P. Descarte de embalagens de agrotóxicos. *Pesticides Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, Curitiba, v. 8, p. 9-26, jan./dez. 1998.

ALMUSSA, A.; SCHMIDT, M.L.G. O contato com agrotóxicos e os possíveis agravos à saúde de trabalhadores rurais. **Rev. Psicol.**, UNESP, v. 8, n. 2, p. 184-188, 2009.

Aliança Cooperativa Internacional (ACI). (2018). O movimento das cooperativas por um Brasil melhor. Disponível em: <https://www.ocb.org.br/>. Acesso em: 09 dez. 2023.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Guia para elaboração de rótulo e bula de agrotóxicos, afins e preservativos de madeira. Brasília, 2018.

ARAGOS, K.P.C.; GABRIEL FILHO, L.R.A.; BRAGA JUNIOR, S.S. Reverse logistics of empty pesticides packaging and the difficulties for effective implementation. **Research Society and Develop.**, [S.l.], v. 10, n. 2, p. 382-391, May/Aug. 2019. doi: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12921>.

ARKADER, R.; FERREIRA, C.F. Category management initiatives from the retailer perspective: a study in the Brazilian grocery retail industry. **Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 10, n. 1, p. 41–51, 2004.

ASTRE, R.M.; de PAULA, I.C. Echeveste, Uma revisão sistemática da literatura sobre sustentabilidade de embalagens: conteúdos, oportunidades e diretrizes. **Sustentabilidade**, 14, 6727, 2022.

BARROSO L.; WOLFF D. Riscos e segurança do aplicador de agrotóxicos no Brasil. **Engenharia Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 087-102, 2012.

BASSI, S.A.; BOLDRIN, A.; FARACA, G.; STRUP, T.F. Extended producer responsibility: How to unlock the environmental and economic potential of plastic packaging waste? **Resources, Conservation and Recycling**, 162, 105030, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105030>

BRASIL. Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre defensivos agrícolas, seus componentes e afins. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Secção 1, p. 11459-11460, 1989.

BERNARDI, A.C.A.; HERMES, R.; BOFF, V.A. Manejo e destino das embalagens de defensivos agrícolas. **Erechim**, v. 42, n. 159, p. 15-28, 2018.

BERTUOL, R.; CANÇADO, A.C.; SOUZA, M.D.F.A. A prática dos princípios cooperativistas: um estudo de caso no Tocantins. **Amazônia, Organizações e Sustentabilidade**, 1(2), 7-18, 2013. <https://doi.org/10.17800/2238-8893/aos.v1n2p7-18>.

BEZERRA, J.F.; BEZERRA, V.F.; ALMEIDA, A.F. Assessment of water quality in estuaries: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, 28(14), 17107-17126, 2021.

Bíblia Sagrada, Deuteronômio, capítulo 20, versículos 10-20.

BLUMENAU. Blumenau 2050 – Cidade de Blumenau. **Revista de Divulgação do Programa de Desenvolvimento Urbano de Blumenau**. Ano I n.1, jun. 2008.

BOWERSOX, D.J.; CLOSS, D.J. Logística Empresarial: O processo de integração da cadeia de suprimentos. São Paulo: **Atlas**, 2009.

BRASIL. **Lei n. 12.305** de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União Brasília DF, 2010, p 1-66. 03 de agosto de 2010.

BRASIL. **Lei nº 9.974**, de 6 de junho de 2000. Altera a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Publicada no D.O.U de 2000.

BRASIL. **Decreto n.º 4.074**, de 4 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei n.º 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Publicada no D.O.U de 2002.

BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Institui o novo código florestal brasileiro. Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução **CONAMA nº 465**, de 5 de dezembro de 2014. Dispõe sobre a obrigatoriedade da devolução das embalagens vazias de agrotóxicos e afins. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 237, Seção 1, p. 110-111, 08 dez. 2014.

BUENO, P.C. O impacto do consumo de agrotóxicos na prevalência de desfechos perinatais no Brasil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, **Bol Mal Salud Amb**, 54, 1, Maracay, 2014.

BÜTTENBENDER, P.L.; ROTTA, E.; HOFER, C.E. O cooperativismo inserido na evolução e no desenvolvimento da Região Fronteira Noroeste. In: **Cooperativismo na Região Nordeste do Rio Grande do Sul**: experiências de gestão cooperativa e de promoção do desenvolvimento. Porto Alegre, RS: Editora SESCOOP, 2010.

CAMPOS, E.V.R.; PROENÇA, P.L.F.; OLIVEIRA, J.L.; ABHILASH, M.B.P.C.; FRACETO, L.F. Use of botanical insecticides for sustainable agriculture: **Future perspectives. Ecological Indicators**, 105, 483–495, 2019.

CARNEIRO, L.; MAXIMUS COELHO, B.; LIMA RODOLFO, A.; DE SOUZA CAMPOS, G. Logística reversa: desafios e promessas na busca de uma economia circular. *Anais Do Congresso Nacional Universidade, EAD E Software Livre*, 1(13), 2022. Recuperado de <https://ueadsl.anais.nasnuv.com.br/index.php/UEADSL/article/view/1013>. Acessado em novembro de 2023.

CARSON, R. **Primavera silenciosa**. Tradução de Eloá Jacobina. São Paulo: Melhoramentos, 1964. A. How pesticides get into water-and proposed reduction measures. *Pesticide Outlook*, v.11, p.149-156, 2000.

CARTER, A. How pesticides get into water-and proposed reduction measures. **Pesticide Outlook**, 11, 149-156, 2000.

CASTRO-GUTIÉRREZ, V.; MASÍS-MORA, M.; DIEZ, M.C.; TORTELLA, G.R.; RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, C.E. Aging of biomixtures: Effects on carbofuran removal and microbial community structure. **Chemosphere**, 168, 418-425, 2017. DOI 10.1016/j.chemosphere.2016.10.065.

CASTILLO, L.E.; MARTÍNEZ, E.; SCHEFFER, B.; PIMENTEL, J.; MADRIGAL, J.; VARGAS, T.; TORO, J. Contamination of soils and water by the pesticides used in banana plantations in the North Atlantic Zone of Costa Rica. **Revista de Biología Tropical**, 56(2), 755-769, 2008.

CASTILLO, M.; del P.; TORSTENSSON, L.; STENSTROM, J. Biobeds for environmental protection from pesticide use - **A review. Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 56, p. 6206-6219, 2008.

CARVALHO, F.L.; SCHAEGLER, C.E.; SCHAEGLER, M.I.; DIAS, F.L.; AGOSTINETTO, D. Práticas ambientalmente corretas adotadas em propriedades rurais que cultivam soja no município de São Gabriel-RS [Environmental practices on soybean farms in São Gabriel-RS]. **Brazilian Journal of Applied Agriculture and Environmental Sciences**, 3(4), 208-221, 2020. DOI: 10.34188/bjaerv3n4-024.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). (2000). Resolução CONAMA nº 264 de 26 de agosto de 1999. Define procedimentos, critérios e aspectos técnicos específicos de licenciamento ambiental para o coprocessamento de resíduos em fornos rotativos de clínquer para a fabricação de cimento. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 54, p. 80-83, 20 mar. 2000. Seção 1.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). (2020). Resolução CONAMA/MMA Nº 499 de 06 de outubro de 2020. Dispõe sobre o licenciamento da atividade de coprocessamento de resíduos em fornos rotativos de produção de clínquer.

Diário Oficial da União, Brasília, DF, ed. 194, p. 50, 08 out. 2020. Seção 1. Acesso em: 22 maio 2013.

COOPER, S.E.; TAYLOR, W.A. Techniques and hardware to reduce point source pollution of water with pesticides; a UK TOPPS perspective on predicted current practice and where future training may need emphasis-project. **Aspects of Applied Biology**, 84, 385-394, 2008.

CORSEUIL, H.X.; ALVAREZ, P.J.J. Natural bioremediation perspective for BTX-contaminated groundwater in Brazil. **Water Science and Technology**, 34, 311-318, 1996.

COPPOLA, L.; TATANO, F.; GATTA, G.; FEDERICO, A.; CONIGLIO, A.; DI GIACOMO, G.; LA TORRE, F. Adaptation of the biobed composition for chlorpyrifos degradation to Southern Europe conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 55, n. 2, p.396-401, 2007. DOI: 10.1021/jf062744n.

COSTA, J.F.; SANTOS, M.A.S.; REBELLO, F.K.; MARTINS, C.M.; JARDINA, L.L.; SOUZA, C.C.F. Logística reversa de embalagens de defensivos agrícolas no Brasil. **Atas de Saúde Ambiental (São Paulo, online)**, ISSN: 2357-7614 –Vol. 7, JAN-DEZ, 2019, p. 92-112.

COUTINHO, B.C.; LIMA, R.G.; PEREIRA, A.S.; SILVA, M.L.; SANTOS, J.F.; SOUZA, L.R. A importância e as vantagens do polihidroxibutirato (plástico biodegradável). *Revista Holos*, [S. l.], v. 3, p. 76-81, 2007. DOI: 10.15628/holos.2004.49. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/49>. Acesso em: 03 jan. 2024.

COUTO, M.F.; OLIVEIRA, F.S.; RIBEIRO, M.R. Rampa de abastecimento de pulverizadores e depósito de embalagem de agrotóxicos. Florianópolis: Epagri, 2018. 21p. (Epagri, Boletim Didático, 143).

MINISTERIO DA SAÚDE. Boletim Epidemiológico. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente, **Ministério da Saúde**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/epidemiologicos/edicoes/2023/boletim-epidemiologico-volume-54-no-12>. Acessado em: novembro de 2023.

DEBAER, C.; JAEKEN, P. Modified biofilters to clean up leftovers from spray loading and cleaning; experience from pilot installations. **Aspects of Applied Biology**, v.77, p.247-252, 2006.

DIAS, M.C.O.; FERREIRA, J.P.; SILVA, A.B.; SOUZA, R.F.; LIMA, L.M. Manual dos impactos ambientais: orientações básicas dos aspectos ambientais das unidades produtivas. Fortaleza: **Banco do Nordeste**, 1999. 297 p.

DIEZ, M.C.; LEVIO, M.; BRICEÑO, G.; RUBILAR, O.; TORTELLA, G.; GALLARDO, F. Biochar as a partial replacement of peat in pesticide-degrading biomixtures formulated with different soil types. **Journal of Biobased Materials and Bioenergy**, v. 7, p. 1–7, 2013. DOI 10.1166/jbmb.2013.1376

DIVERSIFICAÇÃO DE ESPÉCIES VEGETAIS COMO FUNDAMENTO PARA A SUSTENTABILIDADE DA CULTURA DA SOJA [recurso eletrônico]: / Henrique Debiasi. et al. – Londrina: **Embrapa Soja**, 2015. 60 p.: il. – (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n.366).

ESPÍNDOLA, E.A. **Análise da percepção de risco do uso de agrotóxicos em áreas rurais: um estudo junto aos agricultores no município de Bom Repouso (MG)**. 2011. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011. doi: 10.11606/T.18.2011.tde-9062011-152841.

ALFA MARÉ. Equipamentos para biofábricas: a revolução no desenvolvimento de defensivos biológicos na agricultura. Jan. 2023. Disponível em: <<https://alfamare.com.br/biofabricas-defensivos-biologicos>>. Acesso em: 25 ago. 2023.

FAY, J.P. **Using GIS to model nonpoint pollution in an agricultural watershed in southeastern Michigan**. MS thesis, The University of Michigan, 1997. 151p.

FIOCRUZ, Fundação Oswaldo Cruz. **Estatística anual de intoxicação humana: Relatório**, Brasil, 2016.

FOGG, P.; YARWOOD, S.A.; SUTTON, P.B.; ELLIS, S.M.; DEVEREUX, J. Degradation and leaching potential of pesticides in biobed systems. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 60, n. 7, p. 645-654, jul. 2004. DOI: 10.1002/ps.826.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO DATABASE. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso: 25 ago 2023.

FOY, C.L.; PRITCHARD, D.W. **Pesticide formulation and adjuvante technology**. CRC Press: Boca Raton. 1996. 384p. <https://doi.org/10.1201/9780203743751>.

GALLIANO, A.G. **O método científico**: teoria e prática. São Paulo: Harbra, 1986. 200p.

GLANTZ, S.A. **Princípios de bioestatística**. Tradução: Fernanda Thiesen Brum e colaboradores, 7. ed. AMGH: Porto Alegre, 2014.

GEBLER, L. Recomendações para a construção, manutenção e segurança de pontos de abastecimento de pulverizadores para a produção integrada de maçãs no Brasil. 2 ed. Embrapa Uva e Vinho: Bento Gonçalves. 2004. 13p.

GEBLER, L.; LORENZI, F.; SCHIAVON, A.P.; BATTISTELLI, A. Bioreactors to organize the disposal of phytosanitary effluents of brazilian apple production. *Chemical Engineering Transactions*, Milão, v. 43, p. 343-348, 2015. DOI: 10.3303/CET1543058.

GIANEZINI, M.; VIEIRA, F.G.; ALMEIDA, R.N.; SANTOS, L.M.; SILVA, J.P. O cooperativismo e seu papel no processo de desenvolvimento local: a experiência das cooperativas agrícolas no médio norte de Mato Grosso. *Anais do Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*, Porto Alegre, 2009.

GOMIERO, T. Alternative land management strategies and their impact on soil conservation. **Agriculture**, Barcelona, v. 3, n. 3, p. 464-483, 2013. doi: 10.3390/agriculture3030464.

GOVERNO FEDERAL. Os desafios do desenvolvimento sustentável para a América Latina na Rio + 20. **IPEA**, jun. 2012.

GUARNIERI, P.; STREIT, J.A.C.; BATISTA, L. Reverse logistics and the sectoral agreement of packaging industry in Brazil towards a transition to circular economy. *Resources Conservation and Recycling*, v. 153, p. 1-12, Nov. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104541>. Acesso em: 21 mar 2023.

GUEIROS, S. Defensivos agrícolas. 2013. Disponível em: www.nrfacil.com.br/index.php/datashow/m/386-defensivos-agricola. Acesso em: 2 mar 2023.

HAHMED, M.C. Avaliação e controle do ambiente de trabalho no armazenamento de defensivos agrícolas em propriedade rural. 2014. Disponível em: <http://revista.unilins.edu.br/index.php/> Acesso em: 21 mar 2023.

HELENE, P.R.L. Introdução da durabilidade no projeto das estruturas de concreto. In: Workshop durabilidade das construções, 1997, São Leopoldo. Anais... São Leopoldo: ANTAC, 1997. p. 31-42.

HELWEG, A.; JENSEN, J.E.; LARSEN, J.C.; RASMUSSEN, J.B.; SCHNELL, U.; SØRENSEN, S.R. Pollution at and below sites used for mixing and loading of pesticides. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, Londres, v. 82, n. 8-9, p. 583-590, 2002. DOI: 10.1080/03067310290009497.

HUETE-SOTO, A.; BARBAZÁN, M.; GONZÁLEZ, A.; DÍAZ-CERVANTES, C.; JIMÉNEZ, B.; YÁÑEZ, J.M.; TORRES, L. G. Simultaneous removal of structurally different pesticides in a biomixture: detoxification and effect of oxytetracycline. *Chemosphere*, Oxford, v. 169, p. 558-567, Feb. 2017. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2016.11.106.

IDEC/INMETRO. Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor / Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Direitos do consumidor. Ética no consumo**. Coleção Educação para o Consumo Responsável, 2020. 72p.

inpEV. Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias. Relatório de Sustentabilidade 2021. São Paulo. 72p. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.inpev.org.br/Sistemas/Saiba-Mais/Relatorio/inpEV-RS2021.pdf>. Acesso em: 21 mar 2023.

inpEV. Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias. Relatório de Sustentabilidade 2022. São Paulo. 68p. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.inpev.org.br/Sistemas/Saiba-Mais/Relatorio/inpEV-RS2022.pdf>. Acesso em: 21 mar 2023.

inpEV. Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias. Relatório de Sustentabilidade 2023.

inPEV. Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias. **Sistema Campo limpo, logística reversa**, 2023.

INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER (INCA). Defensivos agrícolas, saúde e sustentabilidade. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//defensivos_agricola_saude_sustentabilidade_web.pdf. Acesso em: mar 2023.

KUNZ, R.P. Novas tecnologias e diretrizes para embalagens de produtos fitossanitários. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 11, n. 2, p. 200-202, 1993.

LAMAS, W.Q.; PALAU, J.C.F.; CAMARGO, J.R. Waste materials co-processing in cement industry: ecological efficiency of waste reuse. **Renew. Sustain. Energy Rev.** v. 19, p. 200-207, Mar. 2013. doi: 10.106/j.rser.2012.11.015.

LAUERMANN, B.; REINERT, C.A.; PEREIRA, C.P.; AZEVEDO, L.C. Divulgação da tríplice lavagem de embalagens de defensivos agrícolas. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, Santana do Livramento**, v. 9, n. 3, 14 fev. 2020.

LECHENET, M.; AUBERTOT, J.-N.; BOULANGER, A.; VERGNET, C.; ROUSSEAU, F.; MESTRIES, E.; GABOREAU, S.; CHARRIEAU, J.-C.; GUICHARD, L.; SAGLIO, P.-H. Reconciling pesticide reduction with economic and environmental sustainability in arable farming. *PLoS One*, San Francisco, v. 9, n. 6, p. e97922, jun. 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0097922.

LEITE, P.R. Logística Reversa. 1ª edição. São Paulo: **Saraiva**, 2017.

LOPES, A.C.V.; TONINI, M.C.S.M. A logística reversa com embalagens vazias de agrotóxico: um estudo em uma associação de revendedores de agrotóxico no Brasil. **Organizações e Sustentabilidade**, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 54-72, jul./dez. 2013. Doi: 10.5433/2318-9223.2013v1v1p54.

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, p. 518-534, Apr.-June 2018. Doi: 10.1590/0103-1104201811714.

MACHADO NETO, J. G. Embalagens de defensivos agrícolas. Agosto de 2016. Notas de aula. Disponível em <
<http://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidade/JOAQUIMGONCALVESMACHADONETO/2a-aula---parte-a---embalagens-11-08-2016.pdf> >. Acesso em 27 de agosto de 2022.

MACHADO, R. Sistemas orgânicos de produção para a soca da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*), consorciado com milho (*Zea mays*), feijão (*Phaseolus vulgaris*) e mandioca (*Manihot esculenta*). 2008. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Centro de Ciências Agrárias, **Universidade de São Carlos**, Araras, 2008.

MAGALHÃES, A.K.F. **Embalagens de defensivos agrícolas: os desafios e avanços da coleta e destinação correta na região de Pedro Afonso - TO**. 30 f. Monografia (Graduação) - Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Tocantins, Palmas- TO, 2022.

MARQUES, M.D. **Logística reversa de embalagens de defensivos agrícolas: uma análise na região da Alta Paulista**. 2016. 103 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) – Faculdade de Ciência e Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Tupã, 2016.

MARSOLA, K.B.; RESENDE, D.M.; ALMEIDA, A.M.; RIBEIRO, J.S.; BORSATO, D.; SANTOS, D.L.; BRAMBILLA, M.R. Reverse logistics of empty pesticide containers: solution or a problem? **International Journal of Sustainable Engineering**, London, v. 14, n. 6, p. 1451-1462, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/19397038.2021.2001605>.

MENDONÇA, A.W. **Metodologia para estudo de caso**: livro didático. Palhoça: UnisulVirtual, 2014. 99 p.

MENDONÇA, R.T. **Logística reversa de embalagens vazias de agrotóxicos: um estudo na região de Nepomuceno-MG**, 2020. 31 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Economia), Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL/MG, Varginha/MG, 2020.

MEYER, M.C.; SILVA, A.B.; GOMES, C.D.; SOUSA, E.F.; OLIVEIRA, G.H.; SANTOS, I.J.; MARTINS, K.L.; ALMEIDA, L.M.; PEREIRA, N.O. Bioinsumos na cultura da soja. **Embrapa**: Brasília, DF, 2022. 550 p.

MONACI, E.; VISCHETTI, C.; SARNO, M.; FINESCHI, V.; ILIESI, T. Retention capacity of an organic bio-mixture against different mixtures of fungicides used in vineyards. **Journal of Environmental Science and Health**, Part B, New York, v. 44, n. 7, p. 724-729, set. 2009. DOI: 10.1080/03601230903163889.

MONTEIRO, R.T.R. Degradação de pesticidas. In: Melo, I. S. (org.). Microbiologia ambiental. Jaguariúna: **EMBRAPA**, 1997. p. 107-124.

MOREIRA, M.A.L.; FREITAS JÚNIOR, M.; TOLOI, R.C. O transporte rodoviário no Brasil e suas deficiências. **Revista Fatec Zona Sul (REFAS)**, São Paulo, v.4, n. 4, p. 1-13, jun. 2018.

MOREIRA, R.M. O descarte das embalagens de defensivos agrícolas. 2012. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/raphaelmossolin/o-descarte-das-embalagens-dos-agrotoxicos>. Acesso em: 20 mar 2023.

MÜCKE, N. **Embalagem ativa de amido termoplástico/poli (butileno adipato-co-tereftalato) com incorporação de curcumina solúvel em água**. 2020. 47 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2020.

NOGUEIRA, M.P.; SANTOS, R.B.; RIBEIRO, S. The importance of reverse logistics of pest packages. **Revista de Ciência e Tecnologia Fatec Lins**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 94-107, jul./dez. 2020.

NOYES, R.I. **Modular farm sized concrete agricultural chemical handling pads**. Oklahoma City: Oklahoma State University, Agricultural Engineering Department, 1989. 22p.

NOYES, R.T.; GARDISSER, D.R.; KAMMEL, D.W. Steel containment and mix/load pad construction guidelines. In: **Pesticide and fertilizer containment seminar**, 1996, Oklahoma City. Fact sheets, 1996. 10p.

OLIVEIRA, A.B. **Avaliação do ciclo de vida de cenários de logística reversa de embalagens de agrotóxicos no Brasil**. 2019. 162 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2019.

OLIVEIRA, E.S.A importância da destinação final das embalagens vazias de defensivos agrícolas. **Revista UNIABEU**, v. 5, n. 11, p. 133, 2012.

OLIVEIRA, F.A.; ROCHA, J.S.; SILVA, A.R. Environmental impact of agrochemicals on surface water quality: A systematic review. **Chemosphere**, 271, 129496, 2021.

ONU BR – NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. A Agenda 2030. 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 21/06/2023.

PAIVA, B.K.V.; AQUINO, M.D. Logística reversa de embalagens vazias de agrotóxicos: estudo de caso sobre o recebimento itinerante no estado do Ceará. **Rev. AIDIS Ing. Cienc.**, Valle de México, v. 16, n. 3, 797-809. Dec. 2023. Doi: 10.22201/iingen.0718379xe.16.3.84896.

PANTA, A.M.S.; SILVA, B.C.; OLIVEIRA, C.A.; FERREIRA, D.S.; SANTOS, E.L.; MORAES, F.G.; SILVA, G.H.; MARTINS, H.J. Logística reversa das embalagens de defensivos agrícolas no município de Frutal/MG no contexto nacional. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 26, e00562, 2022.

PEDROSO, D.O. **Manejo de agrotóxicos no cultivo de grãos no município de São José do Cerrito-SC**. 2019. 79 p. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Saúde) – Universidade do Planalto Catarinense, Lages, 2019.

PELICIONI, M.C.F.; PHILIPPI JÚNIOR, A. Bases políticas, conceituais, filosóficas e ideológicas da educação ambiental. Educação ambiental e sustentabilidade. Barueri: Manole, 2005.

PEREIRA, L.M. Análise de riscos ambientais na aplicação de defensivos agrícolas em propriedade rural. 2014. 97 f. Monografia (Engenheiro de Segurança do Trabalho). Departamento de Ciências Exatas e Engenharia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, 2014. Disponível em: <http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/2506>. Acesso em: 28 mar 2022.

PICUNO, C.; GIANICOLO, C.; PIACENTE, V.; RINALDI, F.; TOMASSINI, A.; TROMBETTI, F. Decontamination and recycling of agrochemical plastic packaging waste. **Waste Management**, v. 125, p. 222-230, 2021.

PIGNATI, W.A.; MACHADO, J.M.H.; OLIVEIRA, N.P.; RICARDO, L.Y.A.; YOSHIOKA, C.R.; DE ALMEIDA, M.C.; FIANCO, A.L.C.; LIMA, M.E.L.M.; YOUNG, C.E.F. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a vigilância em saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 10, out. 2017. DOI: 10.1590/1413-812320172210.17742017.

PIROLA, A.D.M.; PICOLO, J.D. Maturidade na utilização de defensivos agrícolas em propriedades rurais localizadas no município de Forquilha, SC. **Seminário de Ciências Sociais Aplicadas**, v. 7, n. 7, 2021.

PRAÇA, F.S.G. Metodologia da pesquisa científica: organização estrutural e os desafios para redigir o trabalho de conclusão. **Revista Eletrônica "Diálogos Acadêmicos"**, v. 08, n. 1, p. 72-87, jan.-jul. 2015. Disponível em: <http://www.uniesp.edu.br/fnsa/revista>. Acesso em: 28 mar 2022.

RAETANO, C.G. Descarte inadequado das embalagens de agrotóxicos traz dano ao meio ambiente. *JC Regional - Jornal da Cidade - Bauru*, Bauru, p. 21. out. 2011. Disponível em: <https://www.jcnet.com.br/noticias/regional/2011/10/315939-descarte-inadequado-das-embalagens-de-agrotoxicos.html>. Acesso em: 28 jul. 2023.

RAMÍREZ-MORALES, D.; MARTÍNEZ-SANTOS, M.; RODRÍGUEZ-ESTRELLA, R.; GARCÍA-GUERRERO, M.C.; GARCÍA-MENDOZA, E.; MANZANO, M.A. Pesticide occurrence and water quality assessment from an agriculturally influenced Latin-American tropical region. **Chemosphere**, Oxford, v. 262, p. 127851, Jan. 2021. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.127851.

RAMWELL, C.T.; MILLER, P.C.H.; KERRY, B.R.; SLY, N.D.; SHELTON, A.M.; BERTHELSEN, A.B. Pesticide residues on the external surfaces of field-crop sprayers: environmental impact. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 60, n. 8, p. 795-802, Aug. 2004. DOI: 10.1002/ps.870.

RAMWELL, C.T. Herbicide sorption to concrete and asphalt. **Pest. Manag. Sci.**, West Sussex, v. 61, n. 2, p.144-150, Feb. 2005. Doi: 10.1002/ps.959.

RAMWELL, C.T.; MILLER, P.C.H.; KERRY, B.R.; SLY, N.D.; SHELTON, A.M.; BERTHELSEN, A.B. The potential environmental impact of pesticides removed from sprayers during cleaning. **Pest. Manag. Sci.**, West Sussex, v. 63, n. 12, p. 1146-1152, nov. 2007. DOI: 10.1002/ps.1447.

REICHENBERGER, S.; BACH, M.; SKITSCHAK, A.; FREDE, H-G. Mitigation strategies to reduce pesticide inputs into ground- and surface water and their effectiveness: a review. *Science of the Total Environment*, Amsterdam, v. 384, n. 1-3, p. 1-35, Oct. 2007. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2007.04.046.

REINATO, R.A.O. A situação atual das embalagens vazias de defensivos agrícolas no Brasil. **Engenharia Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 79-94, 2012.

RODRÍGUEZ-CASTILLO, G.; JIMÉNEZ, B.; DÍAZ-CERVANTES, C.; GONZÁLEZ, A.; BARBAZÁN, M.; TORRES, L.G.; YÁÑEZ, J.M. Removal of two neonicotinoid insecticides and mineralization of ¹⁴C-imidacloprid in biomixtures. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, New York, v. 101, n. 1, p. 137-143, July 2018. DOI: 10.1007/s00128-018-2370-0.

ROSE, S.; BASFORD, B.; CARTER, A. Development of a design manual for agricultural pesticide handling and washdown areas. jun. 2008. www.environment-agency.gov.uk.

SAEZ, J.M.; VICENTE-RODRIGUEZ, M.A.; LOPEZ, R.; MARTINEZ-TOLEDO, M.V.; GABRIEL, D.; VELA, N.; OVEJERO, G.; JURADO, V.; SANCHEZ-TRAPERO, M.A.; RABANEDA-BUENO, R.; ORTIZ, L.M. Lindane dissipation in a biomixture: effect of soil properties and bioaugmentation. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Amsterdam, v. 156, p. 97-105, jul. 2018. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.03.011.

SANTOS, F.A.; Carneiro, J.S.; Souza, J. R. The use of pesticides in agriculture and its impacts on health and environment. **In Environmental and Agricultural Informatics**, Springer, Cham., pp. 183-195, 2020.

SANTOS, F.C.; SOUZA, R.S.; OLIVEIRA, L.M.; SILVA, A.B.; GOMES, C.D.; PEREIRA, N.O. **A agropecuária do sul do Matopiba em perspectiva**: circuito solos arenosos da região Cocos-Jaborandi. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 67 p.

SILVA, T. J. S. Gestão pós-consumo de embalagens vazias de agrotóxicos no Brasil de 2011 a 2020. 2021. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Curso de Engenharia Florestal, **Universidade Federal Rural da Amazônia**, Belém, 2021.

SINAN – Sistema Nacional de Notificação de Doenças Compulsórias. Doenças e Agravos de Notificação (SINAN) – DATASUS. 2020. Disponível em: saude.gov.br. acessado: 25 de agosto de 2023.

SOUZA, P.C. Agrotóxicos. 2013. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/miihcoelho05/agrotxicos-27908607>>. Acesso em: 22 maio 2013.

SPLIID, N.H.; HELWEG, A.; HEINRICHSON, K. Leaching and degradation of 21 pesticides in a full-scale model biobed. **Chemosphere**, Oxford, v. 65, n. 11, p. 2223-2232, Dec. 2006. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2006.05.049.

THANCHAROEN, A.; LUGO, A.J.; MONTEALEGRE, J.; ROSS, A.S.; LLOYD, A.M.; RAMOS-SOBRINO, N.; KLEMM, E.J.; NAGY, D.D.; MILLER, D.R. Effective biological control of an invasive mealybug pest enhances root yield in cassava. *Journal of Pest Science*, v. 91, p. 1199–1211, jun. 2018. DOI: 10.1007/s10340-018-1012-y.

TORSTENSSON, L. Experiences of biobeds in practical use in Sweeden. **Pestic. Outlook**, v. 11, p. 206-211, 2000. Doi: 10.1039/B008025J.

TORSTENSSON, L.; CASTILLO, M. Use of biobeds in Sweden to minimise environmental spillages from agricultural spraying equipment. **Pestic. Outlook**, v.8, p.24-27, 1997.

VASCONCELOS, R.; SILVEIRA, R.M. Exposição a defensivos agrícolas e saúde humana: estudo em uma comunidade agrícola de Minas Gerais. **Revista de Saúde Pública**, 46(1), 92-101. (2012).

VISCHETTI, C.; MONACI, E.; VISCHETTI, P.; CARDARELLI, M.; GALLUCCI, F.; PAPA, S.; FINESCHI, V.; ILIESI, T. The effect of initial concentration, co-application and repeated applications on pesticide degradation in a biobed mixture. **Chemosphere**, Oxford, v. 72, n. 11, p.1739-1743, Aug. 2008. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2008.04.065.

WENNEKER, M.; BELTMAN, W.H.J.; DE WERD, H.A.E.; VAN DE ZANDE, J.C. Identification and quantification of point sources of surface water contamination in fruit culture in the Netherlands. *Aspects of Applied Biology*, v. 84, p. 369, 2008.

YUGUE, E.T. **Desafios e potenciais soluções para reciclagem de embalagens plásticas flexíveis pós-consumo no Brasil**. 2020. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2020.

ANEXOS

Anexo A: Embalagens de metal prensada para destino final.



Fonte: ACIART 2023

Anexo B: Embalagens de saco e fibra prensado para destino final.



Fonte: ACIART 2023

Anexo C: Tampa de embalagens não limpas para destino final.



Fonte: ACIART 2023

Anexo D: Embalagens vazias na fazenda em local não apropriado.



Fonte: AGED 2023

Anexo E: Produtor de soja queimou as embalagens e foi flagrado pela AGED e autuado.



Fonte: AGED 2023

Anexo F: Ficha de recebimento de embalagens na ACIART

[illegible]

Fonte: ACIART 2023

Anexo G: documento da SEAGRI sobre fiscalização pública




PREFEITURA MUNICIPAL DE AÇAILÂNDIA
SECRETARIA MUNICIPAL DE AGRICULTURA E PESCA - SEAGRI

DECLARAÇÃO

A SEAGRI (Secretaria Municipal de Agricultura e Pesca) integra a administração pública municipal e visa, entre outros objetivos, apoiar e desenvolver políticas públicas destinadas ao homem do campo, buscando melhorar o nível de vida das pessoas no aspecto técnico, financeiro e social. Para atingir estes objetivos a SEAGRI conta com uma equipe técnica capacitada, incluindo agrônomos, zootecnistas, veterinários, técnicos agrícolas e outros.

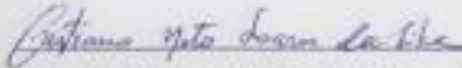
O município de Açailândia possui uma vasta extensão territorial (5806,44 km²), ocupando a décima posição no estado do Maranhão neste quesito. Além disso, existem no município 13 projetos de assentamentos da reforma agrária e 21 agrovilas. Esta realidade exige um grande deslocamento das equipes, necessário para acompanhamento técnico, implantação dos projetos e programas, etc.

A seguir listamos as principais dificuldades que os técnicos da SEAGRI encontram no desenvolvimento das ações:

- 1) Indisponibilidade de veículos adequados para deslocamento da equipe;
- 2) Falta de equipamentos/materiais de apoio (GPS, laboratório de análise de solos, sonda, lupas, etc);
- 3) Maior participação da equipe em cursos/palestras para atualização de conhecimentos;

Desta maneira, a capacidade produtiva do corpo técnico fica limitada. No entanto, vários programas e projetos estão em andamento, priorizando o atendimento aos agricultores familiares do campo e da cidade.

Açailândia-Ma, 28 de setembro de 2023.



CRISTIANO NETO SOARES DA SILVA – Agrônomo SEAGRI
Matrícula CREA 110833211-0

Rua Benjamin Constant N° 393, Jacu - Açailândia/MA. CEP: 65.930-000
 E-mail: agricultura@acailandia.ma.gov.br

Fonte: pesquisa de campo, 2023

Anexo H: Imagem do google Earth pro da fazenda bieta rampa de abastecimento



APÊNDICE

Apêndice A: Sugestões técnicas para instalação de Unidades de Recebimento de Embalagens Vazias.

NECESSIDADES	POSTO DE RECEBIMENTO
Localização	Zona Rural ou Industrial
Área necessária	Além da área necessária para o barracão, observar mais 10 metros para movimentação de caminhões
Área cercada	A área deve ser toda cercada com altura mínima de 1,5 metros
Portão de duas folhas	2 metros cada folha
Área para movimentação de veículos	Com brita ou outro material
Dimensão do Galpão	8,0 x 10 x 4,5 metros
Área total do Galpão	80 m ²
Pé direito	4,5 metros
Fundações	A critério
Estrutura	A critério (definição regional) Ex: metálico, alvenaria, eucaliptos, etc.
Cobertura	A critério, com beiral de 1 metro
Piso do Galpão	Piso cimentado (mínimo de 5 cm com malha de ferro)
Mureta lateral	2 metros
Telado acima da mureta	Sim
Calçada lateral	1 metro de largura
Instalação elétrica	Sim
Instalação hidráulica	Sim
Balança	Opcional
EPI (Equipamento de Proteção Individual)	Sim
Instalações sanitárias	Sim
Sinalização de toda a área	Sim
Gerenciamento	Sim

Fonte: ANDAV - Associação Nacional dos Distribuidores de Defensivos Agrícolas e Veterinários, 2023.

Apêndice B: Equipamentos necessários para produção de bioinsumos



Fonte: <https://alfamare.com.br/biofabricas-defensivos-biologicos/2023>

Apêndice C: Atividade lúdica e educacional realizada no Dia Nacional do Campo Limpo 2018.



Fonte: relatório inpEV, 2018