



Uema
UNIVERSIDADE ESTADUAL
DO MARANHÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

RONAYBY FELIX DOS SANTOS CORREIA

LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE MEDIDAS MITIGATÓRIAS DE DANOS
AMBIENTAIS DA CADEIA PRODUTIVA DE SOJA NO BRASIL

São Luís – MA
Julho/2024

RONAYBY FELIX DOS SANTOS CORREIA

**LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE MEDIDAS MITIGATÓRIAS DE DANOS
AMBIENTAIS DA CADEIA PRODUTIVA DE SOJA NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Estadual do Maranhão como elemento obrigatório para receber o grau de bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Thyanne Alves Ferreira.

São Luís – MA
Julho/2024

Correia, Ronayby Felix dos Santos

Levantamento e análise de medidas mitigatórias de danos ambientais da cadeia produtiva de soja no Brasil / Ronayby Felix dos Santos Correia. – São Luís, MA, 2024.

44 f

Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Estadual do Maranhão, 2024.

Orientador: Profa. Dra. Thyanne Alves Ferreira.

1.Práticas Sustentáveis. 2.Preservação Ambiental. 3.Produção Agrícola. I.
Título.

CDU: 502/504

Elaborado por Cássia Diniz- CRB 13/910


RONAYBY FELIX DOS SANTOS CORREIA

**LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE MEDIDAS MITIGATÓRIAS DE DANOS
AMBIENTAIS DA CADEIA PRODUTIVA DE SOJA NO BRASIL.**


Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia de
Produção da Universidade Estadual do
Maranhão como elemento obrigatório para
receber o grau de bacharel em Engenharia de
Produção.

Aprovado em:


BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 **THAYANNE ALVES FERREIRA**
Data: 02/09/2024 20:06:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Thyanne Alves Ferreira (orientadora)
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

Documento assinado digitalmente
 **ROSSANE CARDOSO CARVALHO**
Data: 02/09/2024 10:53:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Rossane Cardoso Carvalho
Primeiro membro

Documento assinado digitalmente
 **JOAO VITOR REGO MUNIZ**
Data: 02/09/2024 19:50:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. João Vitor Rego Muniz
Segundo membro

Aos meus pais e minhas irmãs.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter estado comigo, sustentando e protegendo minha vida, pois sem Ele nada teria conseguido. Expresso minha gratidão aos meus pais e familiares mais próximos, que constituem minha base, pelo incentivo constante em prosseguir na carreira acadêmica, encorajando-me a cada passo. Cada conquista alcançada neste percurso é também fruto do amor e suporte que recebi de vocês.

Aos professores e profissionais que moldaram minha formação acadêmica, meu sincero agradecimento. Suas aulas, conselhos e experiências compartilhadas foram fundamentais para a minha trajetória de aprendizado. Em especial, expresso minha profunda apreciação à minha orientadora, Thyanne Ferreira, pela sua orientação excepcional, dedicação incansável e valiosas trocas que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos e colegas de curso, agradeço pelas trocas enriquecedoras, pela colaboração em projetos conjuntos que tornaram esta jornada mais prazerosa e significativa. Gostaria de agradecer a todos aqueles que, de alguma maneira, contribuíram para este trabalho. Reconheço o esforço de todos os funcionários da instituição, desde os da limpeza até os técnicos, bem como todas as pessoas com as quais tive contato.

Agradeço à Universidade Estadual do Maranhão e ao Curso de Engenharia de Produção, assim como aos membros da banca avaliadora do meu estudo. O apoio de vocês também foi essencial na construção deste trabalho. Por fim, expresso meu agradecimento a todos que acreditaram em meu potencial e me incentivaram a buscar sempre o melhor. Este trabalho representa o resultado do esforço coletivo de uma comunidade acadêmica e de amigos que tornaram esta experiência inesquecível.

RESUMO

O meio ambiente enfrenta sérias interferências devido à exploração desenfreada de recursos, resultando em desmatamento, impermeabilização do solo e emissões de CO₂. A interação entre Engenharia de Produção e Gestão Ambiental busca enfrentar esses desafios, promovendo o desenvolvimento sustentável em meio aos impactos da indústria e avanços tecnológicos. A cadeia produtiva da soja, por exemplo, tem um impacto significativo no meio ambiente, exigindo estratégias de reparação e compensação ecológica. Diante disso, o estudo realizou um levantamento bibliográfico das estratégias de mitigação dos danos ambientais gerados durante toda a cadeia produtiva da soja no Brasil. A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, compreendendo e documentando os danos ambientais associados às plantações de soja, com foco na análise de estratégias ao longo da cadeia produtiva. Utilizando uma revisão sistemática, a pesquisa integrou procedimentos exploratórios e descritivos, com uma busca realizada em plataformas virtuais de trabalhos científicos. O método incluiu triagem, leitura, extração de dados e categorização. Os critérios de elegibilidade foram baseados na especificidade do tema. A pesquisa abordou 56 artigos que destacam desafios ao longo da cadeia produtiva da soja e propõem soluções para mitigar impactos ambientais. O levantamento bibliográfico proporcionou uma análise abrangente das medidas adotadas para minimizar os problemas ambientais associados à produção de soja. As estratégias identificadas revelaram uma interconexão, abordando desafios desde o cultivo até a fase industrial. A pesquisa destacou a complexa interrelação entre os aspectos biológicos e econômicos, ressaltando a interdependência desses fatores. As práticas visam preservar a saúde do solo, conservar recursos e promover uma produção agrícola equilibrada. A introdução de tecnologias avançadas na agricultura de precisão busca maximizar a eficiência operacional e minimizar o impacto ambiental. A gestão adequada de resíduos, tratamento eficiente de efluentes e a transição para fontes de energia renovável refletem a busca por sustentabilidade na indústria. O objetivo final é estabelecer um modelo agrícola que equilibre a produção de alimentos com a preservação ambiental, assegurando um futuro mais sustentável e equitativo.

Palavras-chave: Práticas Sustentáveis; Preservação Ambiental; Produção Agrícola.

ABSTRACT

The environment faces serious interference due to the unbridled exploitation of unbridled exploitation of resources, resulting in deforestation, soil sealing and CO₂ emissions. The interaction between Production Engineering and Environmental Management seeks to address these challenges, promoting sustainable Development amid the impacts of industry and technological advances. The chain, for example, has a significant impact on the environment, requiring ecological repair and compensation strategies. In view of this, the study carried out a bibliographical survey of strategies to mitigate the environmental environmental damage generated throughout the soy production chain in Brazil. A research adopted a qualitative approach, understanding and documenting the environmental damage associated with soybean plantations, with a focus on analyzing strategies along the production chain. strategies along the production chain. Using a systematic review, the integrated exploratory and descriptive procedures, with a search performed on virtual platforms of scientific works. The method included screening, reading, data extraction and categorization. The eligibility criteria were based on the specificity of the topic. The research covered 56 articles that highlight challenges along the soy production chain and propose solutions to mitigate environmental impacts. The literature survey provided a comprehensive analysis of the measures adopted to minimize the environmental problems associated with soybean production. The strategies identified revealed an interconnection, addressing challenges from cultivation to the industrial phase. The research highlighted the complex interrelationship between biological and economic aspects, emphasizing the interdependence of these factors. The practices aim to preserve soil health, conserve resources and promote balanced agricultural production. The introduction of advanced technologies in precision agriculture seeks to maximize operational efficiency and minimize environmental impact. Proper waste management, efficient effluent treatment and the transition to renewable energy sources reflect the search for sustainability in the industry. The ultimate goal is to establish an agricultural model that balances food production with environmental preservation, ensuring a more sustainable and equitable future.

Keywords: Sustainable Practices; Environmental Preservation; Agricultural Production.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
2.	OBJETIVOS.....	14
2.1.	OBJETIVO GERAL	14
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1	CADEIAS PRODUTIVAS	15
3.2	A SOJA NO BRASIL: UM PILAR DO AGRONEGÓCIO GLOBAL.....	16
3.3	DANO AMBIENTAL NO BRASIL: CONCEITO E DESAFIOS DA REPARAÇÃO	17
4.	METODOLOGIA	20
5.	RESULTADO E DISCUSSÕES	23
6.1	SOLO.....	24
6.2	IRRIGAÇÃO.....	28
6.3	COLHEITA, TRIAGEM E ARMAZENAMENTO	29
6.4	PROCESSAMENTO INDUSTRIAL	30
6.5	LOGÍSTICA	32
6.6	INOVAÇÃO	34
6.	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

1. INTRODUÇÃO

O meio ambiente é conceituado como um conjunto de condições que cercam e sustentam os seres vivos na biosfera, incluindo elementos como clima, solo, água e organismos. É o englobamento das condições externas que circundam um organismo, uma condição, uma comunidade ou um objeto, existindo em parte ou como um todo. O meio ambiente abrange a camada fina de vida que cobre a superfície da terra, situada entre a crosta terrestre e a atmosfera, representando as condições externas e influências que afetam a vida ou a totalidade dos organismos na sociedade, assim como a infraestrutura biótica que sustenta diversas populações (Art, 1998; Santos, 1996).

O meio ambiente pode ser utilizado para a produção de mercadorias, por meio da exploração de seus recursos, onde em sua maioria são limitados e não renovável (Selig, Campos; Leripio, 2008). Nos últimos anos, o homem vem causando interferências significativas no meio ambiente, incluindo o desmatamento, impermeabilização do solo, uso excessivo de pavimentação asfáltica e aumento da emissão de CO₂. Essas questões têm sido objeto de grandes preocupações levantadas em debates e relatadas em relatórios do Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas - IPCC (Monteiro; Silveira, 2013).

O desafio contemporâneo inclui a proteção ambiental, a conservação dos recursos naturais para as gerações atuais e futuras, e a manutenção do equilíbrio ecológico necessário para todas as formas de vida. A sociedade moderna exige uma mudança de postura das empresas em relação à responsabilidade ambiental, as questões ambientais atuais demandam um novo paradigma ético, especialmente para as empresas, visto que a ênfase exclusiva no aspecto econômico não é mais suficiente para sua sustentabilidade, promoção e desenvolvimento. A sustentabilidade tornou-se central nas atividades empresariais, enfatizando a necessidade de se basearem nos pilares clássicos: eficiência econômica, responsabilidade social e preservação ambiental (Vasconcelos, 2012).

A sustentabilidade empresarial está intrinsecamente ligada a dimensões fundamentais (social, econômica e ambiental). Para alcançar a sustentabilidade, é crucial implementar ações eficazes em cada uma dessas esferas. Socialmente, considera-se o impacto nas comunidades, buscando a interiorização do desenvolvimento, dinamização de cadeias produtivas, criação de polos regionais, modernização agrícola, geração de empregos e valorização do trabalhador. Economicamente, visa à produção e comercialização competitivas, com retorno de

investimento, cadeias produtivas dinâmicas, competitividade internacional e liderança nas exportações. Ambientalmente, concentra-se na ecoeficiência, minimizando impactos ao meio ambiente e promovendo práticas sustentáveis, incluindo a redução no uso de recursos e emissões de poluentes. Todas essas esferas estão interligadas, e ações integrais são essenciais para garantir a sustentabilidade a longo prazo (Bond, 2011).

Nesse contexto surge a gestão ambiental, detendo uma abordagem administradora do meio ambiente ou de cunho organizacional evitando impactos negativos sobre o ambiente (Selig, Campos; Leripio, 2008). É a representação de uma administração estratégica de atividades socioeconômicas, utilizando de forma consciente os recursos naturais, independentemente de sua renovabilidade. Visa assegurar a preservação da biodiversidade, promovendo a reciclagem de matérias-primas mitigando o impacto ambiental decorrente das ações humanas. O escopo da Gestão Ambiental inclui conhecimentos essenciais para a recuperação de áreas degradadas, técnicas de reflorestamento, métodos que propiciem a exploração sustentável dos recursos naturais, e a análise aprofundada de impactos ambientais, elementos cruciais na avaliação de novos empreendimentos (Zeni, *et al.*, 2012).

A gestão ambiental possui conceitos amplos, detendo ações voltadas para o meio ambiente em áreas geográficas específicas. Na Engenharia de Produção, essas ações são subdivididas em três subáreas principais: Gestão de Recursos Naturais (Administra a utilização dos recursos, em busca do desenvolvimento sustentável de uma organização, sem que ocorra agressão ao meio); Gestão Energética (redução e aprimorar o consumo de energia em um sistema, sem impactar negativamente a quantidade dos produtos); e Gestão de Resíduos Industriais (representados por quaisquer sobras residuais resultantes dos processos de produção, subprodutos que não podem ser utilizados). Cada subárea tem sua própria importância e representatividade no contexto da engenharia de produção (ABEPRO, 2009).

A gestão ambiental exerce um papel primordial na organização dos processos produtivo, especialmente a cadeia produtiva, que representa um intrincado conjunto de etapas interativas que envolvem a produção e comercialização de um produto. A cadeia produtiva representa um intrincado conjunto de etapas interativas que envolvem a produção e comercialização de um produto, desde a sua origem como matéria-prima até chegar ao consumidor final. Este conceito, inserido na teoria geral dos sistemas e no enfoque sistêmico, destaca a interdependência e as interações entre os diversos componentes que compõem esse sistema. O agronegócio, caracterizado como um conjunto de operações que abrange desde a produção até a distribuição

de insumos e produtos agropecuários e agrofloretais, é integralmente constituído por cadeias produtivas. Estas, por sua vez, incorporam sistemas produtivos que operam em diferentes ecossistemas ou sistemas naturais, interagindo com um contexto externo que inclui instituições de apoio, como organizações de crédito e pesquisa, além de regulamentações legais (Silva, 2005; Brasil, 2010).

Ao observar a interdependência e as interações que caracterizam as cadeias produtivas no agronegócio, a cultura da soja se destaca como um exemplo essencial desse processo no Brasil. O país é um grande produtor, se destacando como o principal exportador de grãos de soja (*Glycine max* (L.) Merr.), conquistando renome internacional no cenário agrícola global. Sua aptidão para o agronegócio é respaldada por atributos como vastas extensões de terras férteis, abundância de recursos hídricos, um clima favorável e a adoção de tecnologias de ponta (Elias, 2012). Parte desse sucesso tem como pilar fundamental a cultura da soja. A soja desempenha um papel dinâmico no agronegócio, vital nas cadeias produtivas, conectando produtores, indústrias de processamento, distribuidores e consumidores finais.

O país não se tornou o segundo maior produtor de soja do mundo produção de soja, sem enfrentar desafios. O equilíbrio entre atender às crescentes demandas globais por alimentos, combustíveis e rações e adotar práticas agrícolas sustentáveis se tornou um ponto crítico. A sustentabilidade torna-se, assim, uma palavra-chave na gestão das cadeias produtivas da soja, ao mesmo tempo em que impulsiona o agronegócio, enfrenta pressões crescentes relacionadas ao seu impacto ambiental. O desafio está em desenvolver e adotar inovações tecnológicas e métodos de produção que não comprometam a eficiência e a produtividade, mas que também garantam a conservação dos recursos naturais, a biodiversidade e a redução das emissões de gases de efeito estufa (Ruviano *et al.*, 2012; Koh; Lee, 2012).

Visto isso, o atual o estudo reside na necessidade premente de examinar as estratégias e abordagens adotadas para mitigar danos ambientais durante o processo de produção de soja no Brasil. Essa análise se torna crucial diante dos desafios ambientais contemporâneos e das crescentes expectativas da sociedade em relação à sustentabilidade. Ao concentrar-se na integração da gestão ambiental com os profissionais e o curso de engenharia de produção, busca-se compreender como esses especialistas podem desempenhar um papel fundamental na concepção e implementação de práticas mais sustentáveis

A importância desse estudo reside na oportunidade de identificar e aprimorar estratégias existentes, promovendo eficiência na produção, redução de impactos ambientais e contribuindo para o desenvolvimento de modelos produtivos economicamente equilibrados e ambientalmente responsáveis. Ao compreender as abordagens já implementadas, é possível direcionar esforços para aperfeiçoar as práticas existentes e promover uma cultura empresarial mais alinhada com a preservação ambiental e a responsabilidade social.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Realizar um levantamento bibliográfico das estratégias de mitigação dos danos ambientais gerados durante toda cadeia produtiva da soja no Brasil.

2.2. Objetivos Específicos

- Analisar as estratégias identificadas no levantamento bibliográfico.
- Compreender as medidas adotadas para minimizar os impactos ambientais ao longo da cadeia produtiva da soja no Brasil.
- Descrever os danos ambientais presentes em diferentes estágios da cadeia produtiva.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Cadeias Produtivas

A cadeia produtiva constitui-se como um conjunto de atividades que se articulam progressivamente, desde os insumos básicos até o produto final, abrangendo distribuição e comercialização, seja um bem ou serviço. Engloba diversas áreas do conhecimento, como agronomia, zootecnia, geografia, administração e engenharia de produção, ciências sociais e econômicas, é alvo de várias abordagens teórico-metodológicas. Independentemente da abordagem teórica, a noção de cadeia produtiva abrange uma série de fatores, instituições, operações e atividades relacionadas à produção, distribuição, consumo e descarte de bens e serviços, desde a etapa inicial à final (Kopf; Brum, 2019).

Esse processo de transformar matérias-primas em produtos acabados é o cerne da cadeia produtiva. Todas as cadeias produtivas possuem fases operacionais que ocorrem de forma sequencial. Apesar de o conceito ser simples, na prática, cadeias produtivas podem ser complexas e extensas. Atualmente, devido aos avanços tecnológicos e à superação de barreiras físicas, as cadeias produtivas são formadas por diversas unidades empresariais, distribuídas globalmente, mas integradas e sincronizadas de maneira eficiente (Peres, 2009).

Para garantir uma operação harmoniosa que atenda aos interesses e necessidades dos clientes, as empresas precisam manter comunicação constante, compartilhando dados e informações para manter a eficiência da cadeia produtiva. A sua gestão é vital, pois representa um conjunto de operações técnicas responsáveis por transformar a matéria-prima em produto final. Independente do porte ou segmento da indústria, é crucial garantir que todas as etapas sejam executadas com alta qualidade, influenciando diretamente na qualidade e preço do produto final (Starosta, 2010).

As cadeias agroalimentares desempenham um papel vital, configurando-se como sistemas complexos compostos por diversos subsistemas, apresentando preocupações específicas, exigindo soluções ao longo de sua trajetória. Isso evidencia um paradigma de compromissos, aprendizado e vínculos com o futuro. Ao analisar a produção agrícola, percebe-se que os mesmos conceitos aplicados em outras áreas de sistemas complexos são relevantes. Destaca-se que as cadeias agroalimentares são sistemas complexos, onde no Brasil o agronegócio ainda adota um conceito Taylorista, priorizando altas taxas de produção, negligenciando a qualidade, o que resulta em volumes significativos de alimentos desperdiçados (Selitto *et al.*, 2008).

A cadeia produtiva da agricultura no Brasil apresenta contradições marcantes. Enquanto esse setor contribui beneficentemente de diversas maneiras, é também um dos maiores desafios de saúde pública no país. Isso torna evidente que as cadeias de produção têm repercussões significativas na saúde do trabalhador, no ambiente e na saúde da população em geral. Tanto no meio rural como no urbano, é fundamental considerar a ampla gama de riscos ambientais, problemas de saúde ocupacional, questões relacionadas a alimentos e produtos de consumo, bem como as interações entre as condições de vida e saúde (Oecd, 2013; Almeida Junior *et al.*, 2020).

3.2 A Soja no Brasil: Um Pilar do Agronegócio Global

A cultura da soja, originária da Ásia, teve seu início nas regiões da antiga China e expandiu-se globalmente, chegando ao Brasil por volta do século XIX, inicialmente na região nordeste do país. Hoje, o Brasil ocupa a posição de maior exportador e segundo maior produtor de soja no mundo. Na safra 2019/2020, o país contribuiu com aproximadamente 37% da produção mundial, totalizando cerca de 124,845 milhões de toneladas. Essa ascensão deve-se à adaptabilidade da cultura ao solo e clima brasileiros, práticas de melhoramento genético e outros fatores que estabeleceram o país como um dos líderes na produção e exportação dessa *commodity* (Battisti; Bender; Sentelhas, 2018).

A região do Centro-Oeste destaca-se como o principal polo produtor de soja no Brasil. Essa oleaginosa, cientificamente denominada *Glycine Max* e pertencente à família Fabaceae, inclui-se no mesmo grupo que feijão, lentilha e ervilha. O estado do Maranhão tem se destacado nacionalmente pelo expressivo aumento na produção de soja, com base nos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE de 2022, a produção de soja no estado atingiu a quantidade de 3.537.377 toneladas, em uma área de 1.099.871 hectares, demonstrando a eficiência, dinamismo e a produtividade das práticas agrícolas empregadas na região. Esse avanço é atribuído, em parte, ao incremento da densidade demográfica, à expansão da atividade pecuária e à melhoria da infraestrutura na região nordeste do Brasil (Di Minin *et al.*, 2017).

A soja, além de seu papel fundamental na produção agrícola, representa uma cadeia produtiva complexa, envolvendo insumos, máquinas, relações de produção nas propriedades rurais e atividades de processamento do grão. A cadeia compreende também serviços de apoio, como transporte, armazenagem, assistência técnica, crédito rural, entre outros. No contexto global, a cadeia produtiva da soja destaca-se como uma das mais importantes, liderando a pauta

exportadora nacional por meio do "complexo soja" (grão, farelo e óleo). Desde o final dos anos de 1960, o agronegócio da soja tem impulsionado transformações significativas no espaço agrário brasileiro, influenciando pesquisas tecnológicas, agroindústrias e debates sobre infraestrutura (Souza *et al.*, 2016).

A cadeia produtiva da soja é caracterizada por uma sequência de etapas, iniciando com a seleção e produção de sementes de qualidade, uso de insumos químicos e fertilizantes no plantio. Há o preparo do solo e a semeadura das sementes, dando início à fase de cultivo, englobando a irrigação. A colheita realizada de maneira mecanizada, antecede o armazenamento dos grãos, incluindo a secagem e o beneficiamento. A comercialização dos grãos abrange mercados nacionais e internacionais. No mais, a soja passa por processamento industrial, com a extração de óleo e produção de farelo, atendendo às demandas da indústria alimentícia e de biodiesel. A distribuição dos produtos processados culmina no consumo final, abrangendo alimentação humana, ração animal e inúmeros setores industriais (Brasil, 2017).

3.3 Dano Ambiental no Brasil: Conceito e Desafios da Reparação

O dano ambiental no Direito brasileiro é um elemento crucial para a compreensão e aplicação das normas ambientais. No contexto jurídico do Brasil, a legislação não oferece uma definição expressa para o termo "dano ambiental", recorrendo a expressões como poluidor, degradação ambiental e poluição. A Lei 6.938/81, que trata da Política Nacional do Meio Ambiente, define poluidor como a pessoa responsável direta ou indiretamente por atividades causadoras de degradação ambiental, enquanto degradação ambiental é conceituada como a alteração adversa das características do meio ambiente (Leite; Ayala, 2010).

É essencial entender que o meio ambiente, como um macrobem imaterial e de titularidade difusa, não se limita apenas ao meio natural, mas também engloba o meio artificial e o patrimônio histórico-cultural. Nesse contexto, ao estudarmos o conceito de dano ambiental, é imprescindível associar a ideia de dano jurídico tradicional às normas de proteção ambiental, considerando as especificidades que o dano ambiental apresenta. A teoria do interesse, conforme abordada pela doutrina civilista, define dano como a lesão de interesses juridicamente protegidos, o que se traduz em uma diminuição ou alteração negativa de um bem, prejudicando o interesse na sua fruição. Dessa forma, com base na tutela ambiental estabelecida pela Constituição Federal, condutas lesivas ao meio ambiente acarretam sanções nas esferas penal, administrativa e civil, assegurando a responsabilização dos infratores (Antunes, 2010).

A poluição é uma das formas de manifestação do dano ambiental, que se caracteriza por um conceito mais amplo. O dano ambiental não se limita à degradação da qualidade ambiental, mas também inclui lesões a recursos culturais e artificiais. A definição legal de poluição, conforme estabelecida na Lei 6.938/81, abrange a degradação ambiental decorrente de atividades que, direta ou indiretamente, prejudicam a saúde e o bem-estar da população, criam condições adversas às atividades sociais e econômicas, afetam negativamente a biota, comprometem as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, ou lançam matéria ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (Mirra, 2004).

Observa-se, portanto, que a legislação não restringe a poluição à alteração do meio natural, considerando o meio ambiente em suas dimensões natural, cultural e artificial. Enquanto as definições legais oferecem indícios do que constitui dano ambiental, a doutrina realiza uma análise mais aprofundada, caracterizando-o como a lesão aos recursos ambientais, com a consequente degradação do equilíbrio ecológico e da qualidade ambiental (Steigleder, 2004).

O dano ambiental, é considerado um bem de uso comum do povo, incorpóreo, imaterial, autônomo e insuscetível de apropriação exclusiva. Trata-se de direitos difusos, nos quais o indivíduo detém o direito de usufruir do bem ambiental e o dever de preservá-lo. Essas características conferem ao dano ambiental a capacidade de impactar tanto o interesse coletivo quanto individual, conferindo ao indivíduo o direito de pleitear a reparação do dano, seja ela de natureza patrimonial ou extrapatrimonial. Ressalta-se que as consequências resultantes da lesão ambiental são frequentemente irreversíveis, podendo transcender as fronteiras territoriais de um Estado. A limitação da extensão e a quantificação do quantum reparatório tornam-se desafios significativos devido à natureza difusa, transfronteiriça e irreversível dos danos ambientais (Milaré, 2016).

No cenário jurídico brasileiro, o princípio da reparação do dano ambiental é central, encontrando respaldo nos artigos 225, parágrafo 3º da Constituição Federal e 4º, inciso VII da Lei 6.938/81. Essas normas estabelecem que os infratores (físicos ou jurídicos), são passíveis de sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados ao meio ambiente. A legislação ambiental brasileira delinea duas formas de ressarcimento para o dano ambiental. Em primeiro plano, busca-se a recuperação ou substituição do bem ambiental lesado. Em segundo plano, recorre-se à indenização pecuniária, funcionando como compensação ecológica (Nunes, 2018).

É fundamental compreender que a reparação do dano ambiental busca não apenas compensar, mas, principalmente, prevenir o dano ecológico e reintegrar os bens ambientais afetados. A indenização pecuniária, embora seja uma forma de reparação, não é a mais frequente, pois a restauração plena do meio ambiente muitas vezes é inviável. Nem sempre a restauração ou compensação ecológica é capaz de reconstituir integralmente os bens ambientais lesados. Em muitos casos, a indenização pecuniária torna-se uma forma de compensação ecológica, embora a recuperação plena seja o objetivo primordial do sistema de reparação ambiental (Reynoso, 2010).

A expansão da produção de soja no Brasil tem gerado uma série de impactos ambientais e sociais, suscitando preocupações significativas. O impacto mais visível é a conversão de ecossistemas naturais em extensas áreas de plantações de soja. Apesar de poucos sojicultores realizarem diretamente o desmatamento, a prática comum é adquirir terras já desmatadas de agricultores locais. O cultivo de soja provoca compactação e erosão do solo. A exaustão do solo levou ao abandono de vastas áreas de plantações, contribuindo para a migração de comunidades agrícolas, paralelamente, o uso extensivo de agrotóxicos na produção de soja apresenta preocupações ambientais, impactando ecossistemas aquáticos e possivelmente afetando a saúde humana (Ferreiro, 2016).

4. METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido por meio da realização de uma revisão sistemática, pautada nas diretrizes propostas pelo guia de Okoli (2019), um método sistemático, explícito, abrangente e passível de reprodução. Esse método visa identificar, avaliar e sintetizar o conjunto de trabalhos já existentes sobre o tema, conferindo rigor ao processo de revisão. Sua aplicação contribui para a robustez e confiabilidade da análise, garantindo um tratamento consistente e criterioso da literatura disponível sobre o tema em questão.

A busca foi realizada em três plataformas virtuais, *Scopus*, *Scielo* e *Web of Science*. A escolha das palavras-chave foi baseada na pesquisa prévia realizada nas plataformas, utilizando o pacote “bibliometrix” no software “R”, ferramenta de auxílio em revisões científicas (Aria; Cuccurullo, 2017). A aplicação das palavras-chave nas bases de pesquisa, foram as combinações: “Soja” “Plantação de Soja no Brasil” OR “Impactos Ambientais” OR “Engenharia de Produção” OR “Gestão Ambiental” OR “Cadeia Produtiva” AND “Mitigação de Danos Ambientais”. O espaço temporal dos artigos foi de 01/01/2013 a 31/12/2023, nos idiomas português, inglês. A busca integrou as publicações dentro dos últimos dez anos no Brasil.

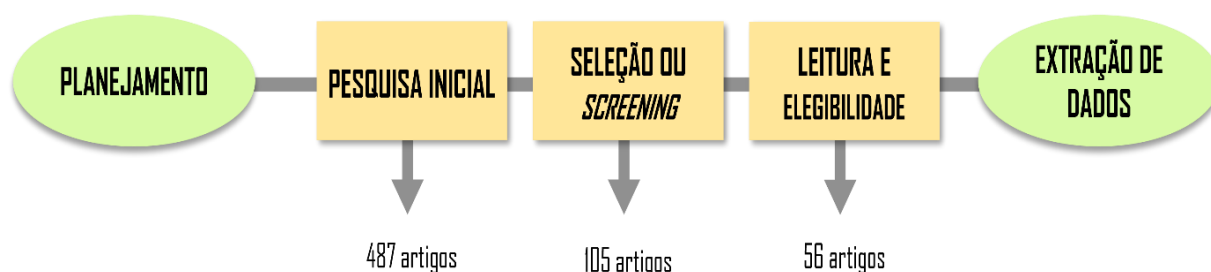
O processo da revisão sistemática seguiu diversas etapas cuidadosamente planejadas (figura 01). Inicialmente havendo uma fase de planejamento, na qual os objetivos da revisão foram claramente definidos e estabelecendo um protocolo a ser seguido no decorrer do estudo. A pesquisa inicial, realizada com as palavras-chave mencionadas, resultou em um amplo conjunto de 487 artigos, nesta etapa, denominada de etapa de seleção, foi realizado um processo de triagem dos artigos, tendo com base os títulos e resumos dos trabalhos. Para a seleção mais eficiente, foi aplicado um processo de *screening*, no qual ocorreu uma filtragem para verificar a compatibilidade desses artigos com os termos estabelecidos no escopo do estudo, resultando em 105 artigos.

Posteriormente, os artigos que atenderam aos critérios foram selecionados para a etapa de leitura, avaliando a sua elegibilidade, avaliando os seus objetivos e abordagem geral, focando na identificação de possíveis estratégias mitigatórias relacionadas aos danos causados na cadeia produtiva da soja. Com o intuito de otimizar a análise, buscou-se, preliminarmente, identificar as estratégias mitigatórias nos resumos, introduções e conclusões dos artigos, permitindo uma

triagem eficiente. Essa abordagem inicial proporcionou uma visão geral dos trabalhos, facilitando a identificação daqueles que demandariam uma análise mais detalhada em fases subsequentes, o que contabilizou em 56 artigos.

Na fase de extração, os 56 artigos selecionados, foram utilizados para obtenção dos dados qualitativos, na tentativa de garantir a inclusão apenas de informações robustas e confiáveis. Por fim, os artigos válidos e incluídos passaram por uma última etapa de categorização, envolvendo a organização e classificação dos estudos de acordo com critérios específicos, proporcionando uma visão mais clara e estruturada do conjunto de dados revisados.

Figura 01: Etapas metodológicas da revisão bibliográfica e quantitativo de artigos por etapas.



Fonte: Própria autoria (2024).

Os critérios de inclusão adotados foram voltados para estudos que abordassem de maneira específica o tema e as problemáticas associadas à cadeia produtiva da soja, incluindo danos ambientais e estratégias de reparação e mitigação. Os artigos científicos foram escolhidos com base em critérios, que incluíam a disponibilidade do artigo na íntegra, redigido em português ou inglês, e uma abordagem específica do objeto de estudo. Artigos incompletos ou que não estavam alinhados com o escopo do estudo foram excluídos da análise, garantindo a qualidade e a relevância dos dados selecionados para a pesquisa. Após essa etapa, os dados de interesse foram extraídos, organizados e analisados de acordo com os setores de produção.

A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, realizando um levantamento nas bases científicas para compreender e documentar os danos ambientais associados às plantações de soja, buscando analisar estratégias ao longo da cadeia produtiva e investigar a atuação específica do engenheiro de produção. A natureza da pesquisa é classificada como aplicada, gerando conhecimentos com aplicações práticas na gestão ambiental da produção de soja para solucionar problemas específicos relacionados aos impactos ambientais dessa atividade (Gil, 2007).

Os objetivos da pesquisa estão centrados em uma abordagem diversificada, que abrange aspectos exploratórios e descritivos. A pesquisa proposta combina diferentes procedimentos de pesquisa para alcançar seus objetivos. A primeira dimensão inclui a pesquisa bibliográfica, na qual a coleta de dados ocorrerá diretamente de material já publicado em recursos disponíveis nas bases científicas. A pesquisa configura-se como descritiva, estabelecendo relações entre variáveis (Gil, 2018).

5. RESULTADO E DISCUSSÕES

Com a aplicação dos critérios estabelecidos no estudo, foram identificados e selecionados 56 artigos para análise. Esses artigos abordaram diversas problemáticas ao longo da cadeia produtiva da soja, muitas das quais resultam em impactos ambientais. A seleção desses trabalhos proporcionou uma visão abrangente das soluções desenvolvidas pelos profissionais envolvidos nas áreas correspondentes. Essas soluções visam melhorias e a mitigação dos diversos desafios enfrentados por esse setor crucial e lucrativo. Os resultados obtidos foram divididos e categorizados, levando em consideração as distintas etapas da produção de soja, conforme exposto na figura 02. Cada categoria abordou as questões pertinentes ao solo, utilização de produtos químicos, práticas de irrigação, inovações tecnológicas, processo de colheita, armazenamento e produção industrial e logística.

Essa abordagem segmentada permitiu uma análise mais aprofundada, proporcionando discutir não apenas sobre os impactos ambientais associados a cada fase, mas também sobre as estratégias específicas adotadas para enfrentar os desafios inerentes a cada etapa da cadeia produtiva da soja, sempre buscando fazer um paralelo da gestão ambiental com a engenharia de produção. A análise revela uma interconexão complexa entre esses dois aspectos, indicando a necessidade de uma abordagem integrada para compreender melhor o panorama ambiental e as práticas de gestão implementadas na produção de soja.

Figura 02: Artigos selecionados para a análise e extração dos dados, categorizados por setores de produção.

SOLO	IRRIGAÇÃO	COLHEITA, TRIAGEM E ARMAZENAMENTO	PROCESSAMENTO INDUSTRIAL	LOGÍSTICA	INOVAÇÃO
Stone, 2001	Montoya, 2017	Terasawa <i>et al.</i> , 2009	Lima <i>et al.</i> , 2006	Krajewsk, 2009	Bottega <i>et al.</i> , 2013
Selig, 2008	Khorsandi <i>et al.</i> , 2018	Spat, 2010	Pupo, 2012	Caris <i>et al.</i> , 2014	Santos, 2014
Bueno <i>et al.</i> , 2012	Santos <i>et al.</i> , 2019	Carpanezzi, 2016	Oliveira, 2013	Pomperma yer <i>et al.</i> , 2014	Arzeno <i>et al.</i> , 2014
Carvalho <i>et al.</i> , 2014	Kirnak <i>et al.</i> , 2019	Teofilo, 2019	Sparks, 2015	Friedrich, 2015	Marin; Stubrin, 2015
Zanetti, 2016	Cotrim <i>et al.</i> , 2021		Neto <i>et al.</i> , 2016	Aprosoja, 2015	Bittencour t <i>et al.</i> , 2016

Ávila, 2017	Bwambale <i>et al.</i> , 2022		Nunes <i>et al.</i> , 2017	Conab, 2016	Gallegos <i>et al.</i> , 2016
Silva, 2017			Solanki <i>et al.</i> , 2018	Martins, 2017	
Derani; Scholz, 2017			Agarwal, 2020	Conab, 2019	
Dos Santos; Silva, 2018			Lenhani <i>et al.</i> , 2021	Dnit, 2019	
Pereira, 2019			Stewart, 2021	Conab, 2021	
Yohannes <i>et al.</i> , 2019			Neosolar, 2022		
Pereira <i>et al.</i> , 2020					
Conte <i>et al.</i> , 2020					
Quevedo, 2020					
Rasheed <i>et al.</i> , 2022					
Almeida <i>et al.</i> , 2022					
Quiloango- Chimarro <i>et al.</i> , 2022					
Yi <i>et al.</i> , 2022					

Fonte: Própria autoria (2024).

6.1 Solo

O solo desempenha um papel fundamental no funcionamento, na manutenção e na estabilidade de todo o ecossistema terrestre, configurando-se como um sistema complexo, natural, vivo e dinâmico. Sua importância transcende conceitos puramente agrícolas, alcançando uma perspectiva mais abrangente e ambiental. A qualidade do solo ocupa uma posição estratégica na avaliação da sustentabilidade ambiental tanto de ecossistemas naturais quanto antropogênicos. A mensuração da qualidade do solo baseia-se na sua capacidade de executar diversas funções, que vão desde o suporte à biodiversidade até a regulação dos fluxos de água e solutos, a ciclagem eficiente de nutrientes e a imobilização de compostos orgânicos. Compreender e preservar a qualidade do solo é essencial para garantir a integridade e a resiliência dos ecossistemas terrestres, além de ser uma peça-chave para a sustentabilidade ambiental em uma escala global (Rasheed *et al.*, 2022; Almeida *et al.*, 2022).

O cultivo extensivo de soja, apresenta desafios significativos que podem prejudicar a qualidade do solo em áreas destinadas a essa plantação. Um dos problemas eminentes é a erosão do solo, decorrente da remoção da cobertura vegetal natural para dar lugar à soja. Outra preocupação relevante é a compactação do solo, causada pelo tráfego frequente de maquinário agrícola pesado nos campos, reduzindo a porosidade e, conseqüentemente, a capacidade de retenção de água. A perda de matéria orgânica é outro desafio, com o cultivo intensivo podendo comprometer a fertilidade do solo e sua estrutura (Yohannes *et al.*, 2019; Quiloango-Chimarro *et al.*, 2022).

A expansão da área de plantação de soja muitas vezes está associada ao desmatamento e à conversão de ecossistemas naturais, contribuindo para a perda de biodiversidade e mudanças climáticas regionais. Além da alteração dos ciclos naturais (chuva e nutrientes do solo) o desmatamento gera impacto nas espécies endêmicas, fragmenta ecossistemas e isola populações de plantas e animais, diminuindo a diversidade genética e ao aumentando a vulnerabilidade a doenças e predadores. A questão do monocultivo em larga escala, gera exaustão do solo, causando uma defasagem de nutrientes, empobrecimento nutricional e intensifica o risco de surtos de pragas e doenças, levando a um uso intensivo e não controlado de fertilizantes e pesticidas, impactando negativamente a saúde do solo e da água subterrânea (Pereira *et al.*, 2020; Yi *et al.*, 2022).

O pleno desenvolvimento da produção de soja enfrenta desafios decorrentes de diversas enfermidades, como fungos, bactérias, nematoides e vírus, que impactam negativamente todas as fases do ciclo da planta, resultando em significativa redução da produtividade. Mais de 40 patologias afetam as plantações de soja no Brasil, incluindo a Ferrugem-asiática, Podridão radicular de fitóftora, Antracnose, Mancha-alvo, Mofo-branco e Podridão-de-carvão. Além disso, as pragas representam uma ameaça significativa, comprometendo o trabalho anual nas lavouras. O clima tropical brasileiro, associado ao cultivo frequente de múltiplas safras por ano, cria condições ideais para a proliferação dessas pragas, que demonstram uma capacidade crescente de atacar diversas espécies ao longo de todo o ano (Ávila, 2017; Pereira, 2019).

A contaminação dos lençóis freáticos em associação ao cultivo da soja é, predominantemente, resultado de práticas agrícolas especialmente em sistemas convencionais de produção. O manejo inadequado de agroquímicos propicia a lixiviação, fenômeno que consiste na percolação desses compostos para estratos mais profundos do solo, culminando, eventualmente, na contaminação dos lençóis freáticos. Assim como a aplicação excessiva de

fertilizantes representa outro vetor potencial para a contaminação. Fertilizantes que contêm nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, quando utilizados em excesso e não absorvidos pelas plantas, tendo sua parcela infiltrada no solo, contribuindo para a poluição das águas subterrâneas (Silva, 2017).

A rotação de culturas, enquanto prática agrícola, se fundamenta na alternância sistemática de diferentes espécies vegetais em um mesmo espaço durante períodos específicos, visando fomentar a diversificação do cultivo, conferindo benefícios abrangentes tanto para a produtividade agrícola quanto para a saúde do solo. No âmbito biológico, a medida busca promover a diversidade biológica, introduzindo variedade de espécies vegetais no ambiente agrícola, contribuindo para a preservação de habitats e ecossistemas locais, favorecendo a ciclagem de nutrientes no solo, prevenindo a exaustão de elementos essenciais e promovendo um equilíbrio nutricional sustentável (Stone, 2001).

A rotação de culturas também atua no controle de pragas e doenças, onde a alternância de culturas dificulta a propagação de organismos prejudiciais, reduzindo a dependência de agroquímicos. No que concerne à estrutura do solo, a diversidade de sistemas radiculares e padrões de crescimento das plantas contribui para sua melhoria, prevenindo a compactação e facilitando a absorção de água. A Engenharia de Produção tem desempenhado um papel cada vez mais relevante na colaboração para a transição de práticas agrícolas que priorizam a saúde do solo, a conservação de recursos e a sustentabilidade a longo prazo (Carvalho *et al.*, 2014; Quevedo, 2020).

Estudos indicam o aumento significativo de atuação, principalmente nas análises de viabilidade econômica e implementação da rotação de culturas, envolvendo a avaliação de custos, benefícios e retorno sobre o investimento. Na aplicação de técnicas de otimização e gestão de processos, profissionais dessa área contribuem para a eficiência operacional durante a implementação da rotação de culturas, minimizando desperdícios de recursos. Suas habilidades abrangem o desenvolvimento de sistemas agrícolas integrados, que combinam práticas agroecológicas, visando uma abordagem mais sustentável. O profissional é capacitado para criar sistemas de monitoramento utilizando tecnologias avançadas, como sensores, automação e análise de dados (Selig, 2008.)

A agricultura de precisão representa uma revolução no setor agrícola ao utilizar ferramentas inovadoras para aprimorar a produção de grãos. Essa abordagem avançada permite

uma análise detalhada e personalizada do solo, considerando suas variações, por meio uso de dados geoespaciais, possibilitando intervenções específicas em áreas específicas, resultando em redução de custos, insumos e minimização de desperdícios, não se limitando apenas à análise do solo, mas sim, abrangendo um espectro mais amplo de dados, como condições climáticas e variáveis de cultivo. A compreensão da heterogeneidade do solo auxilia os agricultores na tomada de decisões mais estratégicas, direcionando recursos apenas para onde são realmente necessários. Essa prática não só impulsiona a eficiência operacional, mas também tem um impacto positivo no meio ambiente, reduzindo os impactos adversos associados ao uso excessivo de insumos (Derani; Scholz, 2017; Conte *et al.*, 2020).

O Manejo Integrado de Pragas – MIP, na cultura da soja teve origem nos anos 1960, em resposta aos alertas sobre os perigos do uso indiscriminado de pesticidas. Este enfoque inovador, que busca integrar diversas táticas de controle em vez de depender exclusivamente de inseticidas, provou ser altamente bem-sucedido e reconhecido globalmente. o MIP na soja foi recentemente relegado a um plano secundário. Apesar disso, contribuiu significativamente para a redução do uso de inseticidas no Brasil. A disseminação de seus princípios foi amplamente realizada por meio de interações com difusores e agricultores. Publicações recentes continuam atualizando o conhecimento na área, sublinhando a contínua evolução e relevância do MIP na otimização do manejo de pragas na produção de soja (Bueno *et al.*, 2012).

O MIP compreende três etapas fundamentais que orientam as ações diante de problemas de insetos na cultura. A avaliação do ecossistema local (planta, praga, inimigos naturais e clima); A realização de métodos de levantamento populacional, correlacionando o nível populacional com os danos, orientando medidas de controle; A diversidade de pragas exige métodos específicos de levantamento, dependendo de vários fatores. O MIP baseia-se na amostragem de populações de pragas e inimigos naturais, vinculando-se ao conhecimento da cultura e das condições climáticas. A Tomada de Decisão utiliza análise econômica, considerando o Nível de Dano Econômico, onde o combate à praga ocorre se a densidade populacional atingir o nível de controle, os inimigos naturais estiverem abaixo do nível de não-ação, a planta for suscetível à praga e as condições climáticas forem favoráveis (Zanetti, 2016).

O controle efetivo dessas pragas exige cuidado, monitoramento rigoroso e estratégias mais robustas por parte do produtor. A escolha do método de controle deve considerar fatores técnicos, custos, impactos ecológicos e sociológicos. No MIP duas estratégias são relevantes: Controle Biológico (ação direta de inimigos naturais) e Controle Cultural (manipulação do

ambiente de cultivo para desfavorecer o desenvolvimento de pragas). Ademais, existe o Controle Químico, que deve ser realizado apenas com inseticidas recomendados pelas autoridades. A preocupação crescente com a saúde humana e a qualidade dos alimentos destaca a necessidade de utilizar agrotóxicos de modo seguro e conhecer as normas regulatórias que visam a segurança alimentar (Dos Santos; Silva, 2018).

6.2 Irrigação

O cultivo da soja enfrenta desafios significativos relacionados ao estresse hídrico, um fator impactante que influencia seu crescimento, comportamento fisiológico. O déficit hídrico, especialmente durante períodos críticos como a fase reprodutiva, onde a sua produtividade é significativamente reduzida se o déficit hídrico ocorrer, pode desencadear uma série de respostas adversas na soja, incluindo a redução do potencial hídrico foliar, fechamento estomático, diminuição da taxa fotossintética e aceleração da senescência foliar. Mesmo em anos climaticamente favoráveis, o déficit hídrico é apontado como o principal fator que impacta negativamente a produtividade da cultura. Estratégias de manejo da irrigação são exploradas visando contornar o agravante, reduzindo as perdas associadas a esses estresses (Santos *et al.*, 2019; Bwambale *et al.*, 2022).

Diante desse cenário, a irrigação surge como uma estratégia crucial para minimizar os impactos do estresse hídrico na cultura da soja. A implementação de sistemas de irrigação eficientes torna-se essencial para fornecer a quantidade adequada de água durante todo o ciclo da cultura. A escolha criteriosa do método de irrigação, considerando fatores como topografia, tipo de solo, condições climáticas e características específicas da região de cultivo, visa otimizar o uso da água e maximizar a produtividade. A prática de irrigação suplementar durante o período chuvoso é destacada como uma abordagem para otimizar a disponibilidade de água durante fases críticas, minimizando os riscos de quebra de produtividade (Khorsandi *et al.*, 2018; Kirnak *et al.*, 2019).

Essa medida resulta em um aumento significativo do desperdício de água, podendo se somar a mais uma das práticas inadequadas ou sistemas ineficientes de irrigação, que resultam em impactos negativos no meio ambiente. A intensificação da irrigação não apenas amplia a mobilidade de produtos químicos e nutrientes no solo, mas também propicia a infiltração dessas substâncias no solo devido à presença de agroquímicos na água de irrigação. Essa situação

contribui de maneira prejudicial para a qualidade dos lençóis freáticos, agravando os impactos ambientais associados ao cultivo da soja (Montoya, 2017).

Profissionais da engenharia atuam nesses sistemas de irrigação, administrando para que não ocorra uma má projeção ou uma operação ineficaz, consideraram as necessidades específicas da cultura e as condições climáticas, evitando desperdícios e possíveis impactos ambientais. Fazem mão de adoção de práticas de irrigação eficientes, como o uso de tecnologias modernas, métodos de irrigação que visem à economia de água (como irrigação por gotejamento ou aspersão de alta eficiência), além do monitoramento constante para ajustar a quantidade de água aplicada conforme as necessidades reais da cultura. Práticas de conservação de água, como o uso de cobertura morta e sistemas de reúso de água, também entram no escopo de atuação do engenheiro de produção, desenvolvendo e implementando estratégias que promovam a captação e tratamento de águas pluviais, bem como o reúso de água tratada em atividades agrícolas (Cotrim *et al.*, 2021).

6.3 Colheita, Triagem e Armazenamento

A colheita da soja enfrenta desafios significativos que prejudicam a eficiência e a qualidade do processo, como o maquinário utilizado nessa etapa, apresentando condições precárias, resultando em danos às plantas e na perda substancial de grãos. O uso inadequado desses equipamentos é uma fonte adicional de problemas, contribuindo para perdas na produção, onde as falhas mecânicas nos equipamentos representam outra barreira, ocasionando atrasos operacionais, redução da produtividade e aumento do consumo de combustíveis. Novamente, a colheita mecanizada pode causar a compactação do solo e proporcionar a erosão de algumas áreas (Carpanezzi, 2016).

A presença de umidade excessiva durante a colheita da soja, também contribui para a compactação do solo e pode resultar em custos adicionais relacionados à secagem e armazenamento dos grãos. A etapa de secagem busca reduzir a umidade dos grãos a níveis apropriados para o armazenamento. Grãos com teor elevado de umidade são mais suscetíveis à deterioração e ao desenvolvimento de microrganismos, incluindo a formação de substâncias tóxicas durante o armazenamento. O controle adequado dessa umidade evita possíveis germinações e preserva os aspectos nutricionais dos grãos. Além disso, grãos excessivamente úmidos comprometem a qualidade do óleo, impactando negativamente seu sabor e estabilidade.

Assim, a gestão eficiente da umidade durante a colheita e processamento da soja é essencial para garantir a qualidade dos produtos (Terasawa *et al.*, 2009).

Esses problemas impactam diretamente os resultados da colheita de soja e requerem abordagens eficazes. Dessa forma, são realizadas algumas medidas que minimizar esses problemas e otimizam esses processos, tais como: Manutenção Preventiva, implementando programas regulares de manutenção preventiva para o maquinário agrícola; Uso de pneus apropriados para o maquinário, distribuindo melhor o peso e minimizar a compactação do solo, Além do treinamento e capacitação adequado aos operadores das máquinas; Atualização Tecnológica, por meio de investimentos em maquinário modernos e tecnologicamente avançado pode melhorar a eficiência operacional (Spat, 2010).

Somadas as essas, há também as práticas de manejo sustentáveis, adoção do plantio direto, minimizando a perturbação do solo, reduzindo a compactação e a erosão; Planejamento da colheita, levando em consideração as condições do solo, evitando operações em solo excessivamente úmido que possam aumentar a compactação; Investimentos em tecnologias de controle de umidade durante o armazenamento, como sistemas de aeração e monitoramento contínuo, prevenir a deterioração e o desenvolvimento de microrganismos nos grãos (Teofilo, 2019).

6.4 Processamento Industrial

Após a colheita, a soja passa por um processo de beneficiamento para separar impurezas e obter produtos específicos. Nessa fase, a limpeza e classificação dos grãos são realizadas, removendo-se resíduos indesejados, principalmente impurezas vegetais, como folhas e pedaços de caule, removidos durante a limpeza, e partículas finas resultantes de operações de trituração ou moagem. A água utilizada no processo de limpeza também pode conter resíduos de produtos químicos empregados durante o beneficiamento. Embalagens de insumos, como sacos de produtos químicos, tornam-se resíduos, assim como os próprios produtos químicos utilizados no processo. O final da etapa resulta em grãos de soja limpos e prontos para processamento adicional (Solanki *et al.*, 2018).

Após o beneficiamento, inicia-se os processos de industrialização da soja, como a extração do óleo, sendo realizada por meio de técnicas como prensagem e extração dos grãos. O produto resultante, destaca-se como uma substância versátil com ampla aplicação em vários

setores industriais. Na indústria alimentícia, o óleo de soja é empregado na fabricação de diversos produtos, abrangendo desde óleos de cozinha até itens processados, assume também uma função significativa na produção de biodiesel, contribuindo para a expansão de fontes de energia mais sustentáveis e renováveis. Um subproduto valioso derivado desse processo é o farelo de soja, que desempenha um papel essencial na indústria de rações animais, como aves, suínos e bovinos, é rico em proteínas e nutrientes essenciais (Oliveira, 2013; Neto *et al.*, 2016).

A gestão eficaz de resíduos provenientes do beneficiamento da soja é essencial para minimizar os impactos ambientais associados a esse processo. Dentre as estratégias adotadas, destacam-se sistemas que coletam, separam e destinam adequadamente os resíduos gerados para reciclagem. Além disso, há um enfoque no tratamento adequado de efluentes, visando garantir que a água utilizada no processo passe por um tratamento antes do descarte, prevenindo a contaminação de corpos d'água. A eficiência energética também é uma prioridade, com a incorporação de tecnologias energeticamente eficientes para contribuir para a redução do consumo de eletricidade e das emissões de gases de efeito estufa. Essas iniciativas são respaldadas pela busca por certificações ambientais reconhecidas, como a ISO 14001, que atestam a conformidade com padrões ambientais estabelecidos, evidenciando o compromisso com práticas sustentáveis (Sparks, 2015).

Os processos industriais, naturalmente intensivos em recursos, apresentam desafios específicos. A demanda considerável de água e energia é uma característica comum, sendo a etapa de extração do óleo particularmente exigente, muitas vezes envolvendo aquecimento e resultando em emissões atmosféricas. A produção de farelo, subproduto do processo, gera resíduos como borras e cascas, que demandam adequado gerenciamento para evitar a contaminação do solo e da água. O descarte inadequado desses resíduos, tanto sólidos quanto líquidos, representa uma ameaça significativa ao meio ambiente. A abordagem coordenada dessas estratégias visa não apenas mitigar os impactos ambientais, mas também promover uma visão abrangente de sustentabilidade em toda a cadeia produtiva da soja (Neto *et al.*, 2016; Nunes *et al.*, 2017).

O reaproveitamento de resíduos oriundos do beneficiamento da soja é uma estratégia eficaz para promover a sustentabilidade na indústria. Pesquisas mostram a transformação desses resíduos em subprodutos úteis, como no caso dos adubos orgânicos, e no uso de material propício para novos produtos lignocelulósicos, como o uso da vagem. É um resíduo expressivo no Brasil, apresenta um potencial significativo, com estimativas indicando 3,0 a 4,0 toneladas

de resíduos por hectare de soja, emerge como uma promissora matéria-prima para painéis aglomerados, oferecendo uma alternativa sustentável à madeira. Essa fibra, inicialmente destinada à alimentação bovina, possui propriedades físicas e químicas ideais para aplicações industriais (Lima *et al.*, 2006; Pupo, 2012).

A estratégia de explorar embalagens reutilizáveis tem se mostrado altamente eficaz diante do crescente apelo por práticas sustentáveis. Observa-se um avanço no desenvolvimento de embalagens *eco-friendly*, que, em vez dos tradicionais plásticos, incorporam materiais biodegradáveis, compostáveis ou recicláveis. Essas embalagens, oferecem a possibilidade de reutilização para armazenar diferentes produtos, contribuindo para a extensão do ciclo de vida útil. A utilização de embalagens biodegradáveis representa uma importante mudança. Esse processo não apenas minimiza o acúmulo de resíduos, mas também reduz o desperdício de material, resalta-se que essa abordagem não apenas atende à crescente preocupação ambiental, mas também simplifica o processo de reciclagem, tornando-o mais eficiente (Agarwal, 2020; Lenhani *et al.*, 2021).

A indústria da soja está passando por uma transição para fontes de energia renovável. Na produção agrícola, especialmente nos campos de cultivo de soja, observamos uma crescente adoção de sistemas fotovoltaicos e eólicos. Essas fontes de energia limpa estão alimentando máquinas e equipamentos, reduzindo dependência de combustíveis fósseis e, conseqüentemente, diminuindo as emissões de carbono associadas ao processo. Nas instalações industriais que processam a soja para derivados, a mudança para energia renovável está ganhando impulso. Fábricas estão integrando painéis solares e turbinas eólicas para suprir suas necessidades energéticas, contribuindo para a redução das emissões de carbono e tornando todo o processo mais sustentável (Stewart, 2021; Neosolar, 2022).

6.5 Logística

A expansão da produção agrícola no Brasil tem causado impactos significativos nos biomas, principalmente devido ao desmatamento associado à abertura de novas áreas agrícolas e à construção de infraestrutura logística, como rodovias e ferrovias. Esses impactos ambientais, destacando-se os danos causados pelas rodovias, levam à abertura de estradas vicinais em áreas anteriormente isoladas, facilitando a exploração para atividades como agricultura, pecuária e extração ilegal de recursos naturais. Apesar da importância do transporte de cargas por vias terrestres, alguns estados enfrentam gargalos logísticos que prejudicam a qualidade do

transporte de grãos e a sistematização desse processo. Esses gargalos estão relacionados às condições de infraestrutura das rodovias e dos modais utilizados, resultando em danos econômicos e impactos ambientais negativos (Friedrich, 2015; Conab, 2016).

A análise das condições das rodovias, com base em parâmetros como pavimentação, visibilidade, legibilidade de placas e geometria, revela deficiências estruturais em extensas áreas das BRs. Apesar do estado geral considerado regular, as condições de pavimentação e geometria são satisfatórias. Contudo, há problemas significativos, como pavimento comprometido por ondulações, depressões e buracos decorrentes da falta de manutenção. A presença de lombadas inseridas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT, devido à falta de radares fixos de velocidade, evidencia a necessidade de medidas para garantir a segurança do trânsito, especialmente considerando o intenso fluxo de caminhões transportadores (Dnit, 2019).

A duplicação de rodovias, embora otimize o tempo de viagem, é comprometida pelo asfalto de péssima qualidade em muitos trechos, aumentando a trepidação das cargas e o desperdício de grãos. Essa situação afeta negativamente a durabilidade de produtos como hortícolas, resultando em prejuízos financeiros. Os danos na estrutura das rodovias encarecem o transporte de grãos, causam perdas materiais e impactam a competitividade dos produtores. O transporte rodoviário, predominante no Brasil, enfrenta desafios durante os períodos de safra, quando o intenso fluxo de caminhões forma grandes filas nas rodovias. Essa situação acentua os custos logísticos, refletindo na elevação dos preços ao consumidor. Nas exportações, os produtores são desfavorecidos, pois não conseguem repassar os custos logísticos ao preço final do produto (Krajewska, 2009; Caris *et al.*, 2014).

Além dos impactos econômicos, a logística inadequada tem consequências ambientais. O transporte rodoviário é apontado como uma fonte significativa de poluição, emitindo gases poluentes que contribuem para a degradação de importantes biomas. Os impactos ambientais não se limitam apenas ao desmatamento e poluição do ar. A eutrofização às margens das rodovias pode afetar recursos hídricos, resultando em perdas para a fauna e flora locais. O processo de atropelamento de animais, atraídos pelos grãos nos acostamentos, também contribui para impactos na fauna. O desperdício de grãos e adubos solúveis durante o transporte pode causar eutrofização de cursos d'água, representando uma ameaça adicional ao meio ambiente (Pompermayer *et al.*, 2014; Aprosoja, 2015).

Algumas iniciativas já estão sendo implementadas na busca do aprimoramento da eficiência logística e redução dos impactos ambientais, promovendo uma abordagem mais sustentável para o transporte de cargas, cita-se: Infraestrutura Aprimorada, por meio de programas abrangentes de manutenção preventiva e corretiva, visando melhorar as condições das rodovias, proporcionando uma experiência de transporte mais segura e eficiente; A introdução de tecnologias avançadas, como sistemas de monitoramento por GPS e sensores, acompanhando as condições das estradas e possibilitando respostas ágeis às necessidades de manutenção, contribuindo para a durabilidade e segurança das rodovias (Martins, 2017; Conab, 2021).

Crescimento de medidas de segurança viária, incluindo instalação generalizada de radares fixos de velocidade, reduzindo riscos de acidentes, e a necessidade de lombadas, proporcionando um trânsito mais fluido; Diversificação e integração dos Modais na Prática: reduzir a dependência exclusiva das rodovias, proporcionando uma cadeia logística mais resiliente; Cooperação Setorial Efetiva, com a colaboração estreita entre os setores público e privado; Pesquisa e Desenvolvimento Contínuos (Conab, 2019).

6.6 Inovação

Inovação apresenta-se como a introdução de novidades ou melhorias no ambiente produtivo ou social, refletindo em novos produtos, processos ou serviços. É uma vantagem empresarial, representando novas ideias ou técnicas incorporadas em processos ou áreas organizacionais, capazes de provocar mudanças, criar segmentos e posicionar no mercado, gerando oportunidades e valor (Bittencourt *et al.*, 2016). O conceito de inovação vai além de uma mera invenção, conforme frequentemente interpretado de forma errônea (Tidd *et al.*, 2008).

Em todas as organizações em diversos setores, a inovação tornou-se um elemento crucial, proporcionando melhorias notáveis na competitividade, produtividade e estimulando o crescimento econômico. Seu impacto perpassa por áreas socioeconômicas, como geração de empregos, redução da pobreza e desenvolvimento social. A adoção de práticas inovadoras é presente cada vez mais no setor do agronegócio, onde, associadas as mudanças na gestão e avanços tecnológicos, vem transformando significativamente o ramo (Gallegos *et al.*, 2016).

No agronegócio, a inserção de tecnologias, metodologias e técnicas (aquisição de maquinário moderno e introdução de alterações nos processos agrícolas), representam uma transformação substancial na abordagem da produção, indo além de simples substituições superficiais. Especificamente na cultura de soja, a inovação emerge como um instrumento eficaz na mitigação de danos ambientais, desde a implementação de práticas agrícolas sustentáveis até o desenvolvimento de tecnologias avançadas de monitoramento ambiental, desempenhando um papel crucial na promoção de práticas mais conscientes e eficientes na gestão ambiental. Colaborações ao longo da cadeia de suprimentos, envolvendo agroindústrias, agricultores, instituições financeiras, pesquisa e órgãos governamentais, são elementos fundamentais para impulsionar o desenvolvimento inovador de maneira eficiente e eficaz (Santos, 2014).

Uma outra problemática, estão relacionadas as centralizações das inovações agrícolas por grandes corporações multinacionais, criando um cenário de monopólio que dificulta o desenvolvimento de abordagens adaptáveis a diversas condições edafoclimáticas. Este desafio é particularmente notável em regiões recentemente incorporadas ao potencial produtivo. Corporações proeminentes detêm aproximadamente 65% do mercado global e mais de 80% das patentes relacionadas a sementes e outras tecnologias do setor. Quando se trata de inovações e patentes ligadas a defensivos agrícolas, várias empresas exercem considerável controle sobre o mercado. Esse padrão também se replica em segmentos como fertilizantes, máquinas e implementos agrícolas, nos quais multinacionais mantêm um oligopólio na produção desses produtos (Marin; Stubrin; 2015).

Neste contexto, identificam-se uma série de medidas que emergem como vias para superar os desafios associados à predominância das grandes corporações no setor da soja, tais como: fomento à inovação local e a pesquisa nacional, por meio de incentivos e apoios à iniciativas de inovação por parte de empresas locais, instituições de pesquisa e agricultores, promovendo a geração de conhecimento adaptado às condições específicas de diferentes regiões. Investindo em pesquisa e desenvolvimento, solucionando algumas problemáticas e patenteando tecnologias que atendam às demandas específicas do estado e do país (Bottega, *et al.*, 2013).

Contribuindo na mitigação dessa problemática, a implementação de regulamentações e políticas públicas, surgem como forma de incentivar a competição saudável no mercado, garantindo com que o acesso a tecnologias e inovações seja equitativo, medidas que são

desenvolvidas visando promover a diversidade e a acessibilidade no setor agrícola. As inovações também devem voltar os seus esforços para o apoio à agricultura familiar, garantindo que os agricultores familiares tenham acesso a tecnologias que não apenas aumentem sua produtividade, mas também promovam práticas sustentáveis. Os incentivos as colaborações e parcerias entre as empresas instituições de pesquisa e agricultores, gera um ambiente propício ao compartilhamento de conhecimento e recursos, resultando em soluções inovadoras benéficas e que impulsionam seu desenvolvimento de maneira mais eficaz (Arzeno *et al.*, 2014).

6. CONCLUSÃO

O levantamento bibliográfico sobre estratégias de mitigação dos danos ambientais na cadeia produtiva da soja no Brasil proporcionou uma análise abrangente das medidas adotadas para minimizar impactos ambientais. Identificou-se uma interconexão significativa entre as estratégias implementadas em vários setores, capazes de abordar e resolver diversas problemáticas de maneira integrada. A complexidade da interação entre aspectos biológicos e econômicos foi destacada, evidenciando a interdependência desses fatores.

As práticas concentram-se na preservação da saúde do solo, conservação de recursos e promoção de uma produção agrícola equilibrada. A introdução de tecnologias avançadas, como sensores e automação na agricultura de precisão, busca maximizar a eficiência operacional e minimizar o impacto ambiental. Na irrigação, sistemas eficientes são implementados para otimizar o uso da água, enquanto a manutenção preventiva e modernização tecnológica na colheita visam melhorar a eficiência e reduzir perdas, evitando impactos adversos no solo.

A busca por sustentabilidade na indústria se manifesta em estratégias como gestão adequada de resíduos, tratamento eficiente de efluentes e transição para fontes de energia renovável, minimizando o impacto ambiental e promovendo eficiência energética. No âmbito da inovação, a promoção de pesquisa local, incentivos à inovação e regulamentações reflete a busca por práticas inovadoras considerando eficiência econômica, impactos sociais e ambientais. Estas medidas não apenas enfrentam desafios imediatos na produção de soja, mas indicam um compromisso mais amplo com práticas agrícolas sustentáveis, inovação responsável e cooperação entre partes interessadas.

A crescente conscientização da importância da gestão ambiental busca equilibrar sustentabilidade, eficiência operacional e responsabilidade social ao longo da cadeia produtiva, visando um modelo agrícola que concilie a produção de alimentos com a preservação ambiental, promovendo um futuro mais sustentável e equitativo.

A análise revelou que desde o cultivo extensivo até a fase industrial, a cadeia produtiva da soja impacta o homem, o solo, a água e o ar, contribuindo para perdas de biodiversidade e mudanças climáticas regionais. Na inovação, a centralização por grandes corporações e o monopólio de patentes são preocupações que afetam a sustentabilidade e diversidade no setor

agrícola. O levantamento destaca a necessidade do surgimento de mais medidas integradas e estratégias sustentáveis em todas as fases da produção.

A grande maioria dos estudos analisados, tratavam questões relacionadas principalmente para aspectos solo, seguido por vertentes que discutiam as problemáticas do processo de irrigação, colheita, armazenamento, processo industrial e dificuldades na inovação. Estratégias adotadas na produção de soja muitas vezes refletem uma priorização das questões econômicas em detrimento das ambientais, destacando a prevalência do lucro sobre a saúde do ecossistema.

Observa-se que, em alguns casos, as ações empreendidas visam mais diretamente os ganhos financeiros do que a preservação ambiental. Essa abordagem, centrada nos interesses econômicos, pode resultar em práticas que buscam reparar o ecossistema apenas na medida em que isso contribuía para benefícios econômicos adicionais. A busca por soluções e inovações muitas vezes está atrelada a uma lógica de retorno financeiro, evidenciando a necessidade de equilibrar as demandas econômicas com a urgência de preservar a integridade ambiental para garantir a sustentabilidade a longo prazo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEPRO – **Associação Brasileira De Engenharia De Produção**. agosto 2009.

Agarwal, S. Biodegradable Polymers: Present Opportunities and Challenges in Providing a Microplastic-Free Environment. **Macromolecular Chemistry and Physics**, [S. l.], v. 221, n. 6, 2020.

Almeida, A. M. D. **Eficiência do uso da água e resposta termal da cultura da soja submetida a diferentes níveis de reposição hídrica**. Tese (Doutorado). Curso de Engenharia de Sistemas Agrícolas, Universidade de São Paulo, 75 p. 2021.

Almeida, Júlio César de; Braz, Gisele Figueiredo. **A participação dos engenheiros de produção na gestão ambiental empresarial**. Salvador, BA. 2009.

Antunes, P. de B. Dano ambiental: uma abordagem conceitual. Rio de Janeiro: **Lumen Juris**, 2010.

Aria, M.; Cuccurullo, C. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017.

Art, W. H. **Dicionário de ecologia e ciências ambientais**. São Paulo: UNESP / Melhoramentos, 583p. 1998,

Arzeno, J. L., Vieira, S. R., Siqueira, G. M., Guedes Filho, O. Variabilidade espacial da resistência à penetração na superfície do solo em sistemas de manejo. **Rev. Bras. Ciênc. Agrár.** Recife, v.9, n.3, p.343-352. 2014.

Associação Dos Produtores De Soja - Aprosoja. **APROSOJA lança cartilha para minimizar perdas**. 2015.

Ayala, Patryck De Araújo. **Direito Fundamental ao Ambiente e a proibição de regresso nos níveis de proteção ambiental na Constituição brasileira**. Brasília: Senado Federal, Comissão de Meio Ambiente, Defesa do Consumidor e Fiscalização e Controle (CMA), 2012.

Batalha, M.A. **Introdução à Engenharia de Produção**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, v. 1. 2008.

Battisti, R.; Bender, F. D.; Sentelhas, P. C. Assessment of Different Gridded Weather Data for Soybean Yield Simulations in Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, jan. 2018.

Bittecourt, B. A.; Salles, A. C.; Alves, A. P. Inovação no agronegócio: um estudo sobre o processo de desenvolvimento de produto no segmento de ovinocultura. **Revista de Empreendedorismo, Inovação e Tecnologia**, v. 3 (2), p. 3-15, 2016.

Bond, Alan J.; Morrison-Saunders, Angus. **Re-evaluating sustainability assessment: aligning the vision and the practice**. Environmental Impact Assessment Review, Reino Unido, v. 31, n. 1, p. 1-7, 2011.

Bottega, E.L., Queiroz, D.M., Pinto, F.A.C., Souza, C.M.A. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciênc. Agron.** Fortaleza - CE, v. 44, n. 1, 2013.

Brasil, Suane de Oliveira Souza. **Frequência de irrigação na cultura da soja no litoral cearense.** 2017.

Brasil. **Constituição da República Federativa do Brasil,** 1988.

Brasil. **Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998.** Lei de Crimes Ambientais.

Brasil. **Ministério dos Transportes. Diretrizes da Política Nacional de Transporte Hidroviário.** Brasília: Ministério dos Transportes, 2010.

Bueno, Adeney de Freitas; et al., Histórico e evolução do manejo integrado de pragas da soja no Brasil. Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes praga. 2012.

Bwambale, E.; Abagale, F.K.; Anornu, G.K. 2022. Smart irrigation monitoring and control strategies for improving water use efficiency in precision agriculture: **A review. Agricultural Water Management,** v. 260, p. 107324.

Caris, A.; Limbourg, S.; Macharis, C.; Lier, T. V.; Cools, M. Integration of inland waterway transport in the intermodal supply chain: a taxonomy of research challenges. **Journal of Transport Geography.** v. 41, p. 126–136, 2014.

Carpanezzi, L. História e evolução da mecanização. **Faef.** 2016.

Carvalho, P. C. De F., Moraes, A. De, Pontes, L. Da S., Anghinoni, I., Sulc, R. M., & Batello, C. (2014). Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária. **Revista Ciência Agrônômica,** 45(5spe), 1040–1046.

Companhia Nacional De Abastecimento – Conab - Companhia Nacional de Abastecimento. **Séries históricas.** 2016.

Companhia Nacional De Abastecimento – Conab. Acompanhamento de Safra Brasileira de Grãos. Brasília, v.4, Safra 2020/2021, terceiro levantamento, dez. 2021.

Companhia Nacional De Abastecimento – Conab. **Percentuais De Perdas No transporte de grãos.** Pesquisa transporte de grãos, trigo em 5 de novembro de 2019.

Conte, Osmar; et al. **Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2019/2020 no Paraná.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Soja Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. ISSN 2176-2937 setembro/2020. Embrapa Soja Londrina, PR 2020.

Corrêa, H. L. Administração de cadeia de suprimento e logística. São Paulo: **Atlas,** 2014.

Costa, N. L.; Santana, A. C. Poder de mercado e desenvolvimento de novas cultivares de soja transgênicas e convencionais: análise da experiência brasileira. **Revista de Ciências Agrárias,** v. 56, n. 1, jan./mar, p. 61-68, 2013.

Cotrim, M. F.; Gava, R.; Campos, C. N. S.; De David, C. H. O.; Reis, I. D. A.; Teodoro, L. P. R.; Teodoro, P. E. **Physiological performance of soybean genotypes grown under irrigated and rainfed conditions.** *Journal of Agronomy and Crop Science*, v. 207, n. 1, p. 34-43. 2021.

Crébio José Ávila. **Pragas da soja e seu controle.** 2017.

Departamento Nacional De Infraestrutura De Transportes–Dnit. 2019.

Derani, Cristiane; SCHOLZ, Mariana Caroline. A injustiça ambiental das externalidades negativas das monoculturas para commodities agrícolas de exportação no Brasil. **Revista de Direito Agrário e Agroambiental**, e-ISSN: 2526-0081, Maranhão, v.3, n.2, p. 1 – 25. julho/dezembro 2017.

Di Minin, E.; Soutullo, A.; Bartesaghi, L.; Rios, M.; Szephegyi, M. N.; Moilanen, A. Integrating biodiversity, ecosystem services and socio-economic data to identify priority areas and landowners for conservation actions at the national scale. **Biological Conservation**. v. 206. Feb. p. 56-64, 2017.

Dos Santos, Reinaldo Neris; Silva, Gabriela Vieira. Monitoramento de insetos-pragas para a tomada de decisão de controle na cultura da soja. *Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa*, [S.l.], v.34, n. esp., p. 294-309, set. 2018. ISSN 2596-2809.

Dupas, G. **Meio ambiente e crescimento econômico: tensões estruturais.** São Paulo: Ed. da Unesp, 2008.

Elias, D. **Les territoires de l'agrobusiness au Brésil.** *Confins*, v. 01 June, Iss. 15, 2012.

Ferreiro, J. P.; Fu, S. Biological indices for soil quality evaluation: perspectives and limitations. **Land Degrad. Develop**, v. 27, 14–25. 2016.

Friedrich, J. Integrating neglected ecological impacts of road transport into corporate management. **Ecological Indicators**, v. 54, p. 197–202, 2015.

Gallegos, N. A.; Gonzáles, E. G. M.; Ávila, J. A.; Cortés, H. S.; Rodríguez, M. M.; Sánchez, E. I. G. Análisis de redes sociales para catalizar la innovación agrícola: de los vínculos directos a la integración y radialidad. **Estudios Gerenciales**, v. 32, p. 197-207, 2016.

Gil, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2018.

Gil, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 4 ed. São Paulo: Atlas, 1994.

Khorsandi, A.; Hemmat, A.; Mireei, S.A.; Amirfattahi, R.; Ehsanzadeh, P. 2018. Plant temperature-based indices using infrared thermography for detecting water status in sesame under greenhouse conditions. **Agricultural Water Management**, v. 204, p. 222–233.

KIRKHAM, M.B. Principles Of Soil And Water Plant Relations. **Elsevier Academic Press**, 2004. 500 p.

Koh, L. P.; Lee, T. M. Sensible consumerism for environmental sustainability. **Biological Conservation**, v.151, 1, p.3-6, 2012.

Kopf, J. C.; Brum, A. L. A política comercial de Angola e a participação brasileira. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais (PR), v. 5, nº10, p. 19.254 a 19.279, outubro 2019.

Krajewska, B. Ureases I. Functional, catalytic and kinetic properties: areview. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, v. 59, n. 1, p. 9-21, 2009.

Leite, J. R. M.; Ayala, P. de A. Dano Ambiental: do individual ao coletivo extrapatrimonial – teoria e prática. 3. ed. rev. atual. ampl. São Paulo: **Revista dos Tribunais**, 2010.

Lenhani, G. C. et al. Application of Corn Fibers from Harvest Residues in Biocomposite Films. **Journal of Polymers and the Environment**, [S. l.], n. 29, p. 2813–2824, 2021.

Lima, A. M.; Vidaurre, G. P.; Lima, R. M. Brito, E. O. Utilização de fibras (epicarpo) de babaçu como matéria-prima alternativa na produção de chapas de madeira aglomerada. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.4, p.645-650, 2006.

Marin, A.; Strubin, L. **Inovation In Natural Resources: New Opportunities And New challenges**. United Nations University: The Netherlands. 2015.

Martins, Creusa. **Entrevista concedida aos autores**. BR-135 –MA, 2017.

MILARÉ, Édís. **Reação jurídica à danosidade ambiental: contribuição para o delineamento de um microsistema de responsabilidade**. (Doutorado em Direito das Relações Sociais). PUC-SP. São Paulo. 2016.

Mirra, Á. L. V. **Ação civil pública e a reparação de danos ao meio ambiente**. 2. ed. atual. São Paulo: Juarez de Oliveira, 2004.

Monteiro, F. F.; Silveira, Ana Lúcia Nobre Da. **Análise das mudanças de uso do solo e impactos climáticos: Estudo de caso no Bairro Dirceu Arcoverde em Teresina-PI**, 2013.

Montoya, F. C.; Pintos, F.; Otero, A. Effects of irrigation regime on the growth and yield of irrigated soybean in temperate humid climatic conditions. **Agricultural Water Management, Elsevier**, v.193, p.30–45, 2017.

Neosolar. **Transição Energética: o que é, desafios e o papel do Brasil**. Neosolar, 2022.

Neto, J.B et al. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. 1. ed. Londrina: **Embrapa Soja**. 82 p. 2016.

NUNES, F.C Et Al. Avaliação da eficiência do separador em espiral sobre a qualidade fisiológica da semente de Soja (*Glycine max*). In: **XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRONOMIA**, 2017, Fortaleza. Anais [...]. [S. l.: s. n.], 2017.

Nunes, S. S.; Camargo, J. C.; Figueiredo, D. M. Aplicação de um método de pesquisa-ação em uma microbacia urbana como instrumento de educação ambiental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (online)**, v. 13, p. 22-42, 2018.

Oecd. Regions and Innovation Collaborating across Borders. Paris: OECD Publishing. 2013.

Okoli, Chitu. Guia Para Realizar uma Revisão Sistemática de Literatura. Tradução de David Wesley Amado Duarte; **Revisão Técnica e introdução de João Mattar. EaD em Foco**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 1–40, ISSN: 2177-8310. 2019.

Oliveira, A.L. **Condições de segurança do trabalho em unidades de beneficiamento de sementes de soja**. 71 p. Dissertação (Pós-graduação em Ciência e tecnologia de sementes) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, 2013.

Pedro Henrique Da Silva Pereira, Gabriel Oliveira; Rafael Shoiti S. Yokoo, Mariana M. S. Rodrigues e Luiz F. S. Coletta. Análise de descritores de imagens na classificação de folhas de soja visando o diagnóstico de doenças. In **Anais do X Simpósio Nacional de Tecnologia em Agronegócio (SINTAGRO'18)**, Fatec, Presidente Prudente, 89-100. 2018.

Pereira, L.S.; Paredes, P.; Jovanovic, N. Soil Water Balance Models For Determining crop water and irrigation requirements and irrigation scheduling focusing on the FAO56 method and the dual Kc approach. **Agricultural Water Management**, v. 241, p. 106357. 2020.

Peres, F. **Saúde, trabalho e ambiente no meio rural brasileiro. Ciência & Saúde Coletiva Rio de Janeiro**, v. 14, n. 6, p. 1995-2004, 2009.

Pompermayer, F. M.; Campos Neto, C. A. S.; De Paula, J. M. P. **Hidrovias no Brasil: perspectiva histórica, custos e institucionalidade. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**. Rio de Janeiro: IPEA. 2014.

Pupo, H. F. F. **Painéis alternativos produzidos a partir de resíduos termoplásticos e da pupunheira (Bactris gasipaes Kunth)**. Universidade Estadual Paulista – Botucatu, São Paulo, 2012.

QUILOANGO-CHIMARRO, C.A.; COELHO, R.D.; HEINEMANN, A.B.; ARRIETA, R.G.; Da SILVA GUNDIM, A.; FRANÇA, A.C.F. Physiology, yield, and water use efficiency of drip-irrigated upland rice cultivars subjected to water stress at and after flowering. **Experimental Agriculture**, v. 58. 2022.

Rasheed, M.W.; Tang, J.; Sarwar, A.; Shah, S.; Saddique, N.; Khan, M.U.; Imran Khan, M.; Nawaz, S.; Shamshiri, R.R.; Aziz, M. **Soil Moisture Measuring Techniques and Factors Affecting the Moisture Dynamics: A Comprehensive Review. Sustainability**, v. 14, p. 11538. 2022.

Rebeletto, D.A.N.; Freitas, J.N; Elias, L.S. **Campo de Atuação Profissional do Engenheiro de Prod.:** Uma perspectiva Globalizada. In: XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, 1998.

Reynoso, A. E. G. et al. **Rescate de ríos urbanos: propuestas conceptuales y metodológicas para la restauración y rehabilitación de ríos**. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 109p. 2010.

Rios, A. O.; Abreu, C. M. P.; Corrêa, A. D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de

feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas**, v. 23, p. 39-45, 2003.

Ruviaro, C. F.; Gianezini, M.; Brandao, F. S.; Winck, C. A.; Dewes, H. Life cycle assessment in Brazilian agriculture facing worldwide trends. **Journal of Cleaner Production**, v. 28, p. 9, 2012.

Santos Aba, Fazion Cb, Meroe Gps. **Inovação: um estudo sobre a evolução do conceito de Shumpeter**. 2011.

Santos, L.C.; Coelho, R.D.; Barbosa, F.S.; Leal, D.P.V.; Fraga Júnior, E.F.; Barros, T.H.S.; Lizcano, J. V.; Ribeiro, N.L. 2019. Influence of deficit irrigation on accumulation and partitioning of sugarcane biomass under drip irrigation in commercial varieties. **Agricultural Water Management**, v. 221, p. 322–333.

Santos, M. E. P. dos. Algumas considerações acerca do conceito de sustentabilidade: suas dimensões política, teórica e ontológica. In: RODRIGUES, A. M. **Desenvolvimento sustentável, teorias, debates e aplicabilidades**. Campinas: UNICAMP/IFCH. p. 13-48. (Textos Didáticos, n. 23). 1996.

Selig, P. M.; Campos, L. M. S.; Leripio, A. A. Gestão Ambiental. In: Batalha, M.O. (org.) **Introdução à engenharia de produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 249-272, 2008.

SELIG, Paulo Maurício Et al. **Gestão Ambiental**. In: BATALHA, M.A. Introdução à Engenharia de Produção. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier. v. 1. 2008.

Sellitto, M.; Borchardt, M.; Pereira, G. Revisão teórica que fundamenta pesquisa sobre a complexidade observada em arranjos e operações intraorganizacionais. **Produto & Produção**, vol. 9, n. 3, p. 67-83, out. 2008.

Silva, D. D. et al. Influência da compactação do solo na produção de soja. **Revista Agrarian**, v.10, n.36, p.87-92. 2017.

Silva, L. C. da. Cadeia Produtiva de Produtos Agrícolas. Universidade Federal do Espírito Santo: Departamento de Engenharia Rural. **Boletim Técnico**: MS, 2005.

Solanki, Rohit, Kanjan Upadhyay. Recovery of Vitamin E from Edible Oil – A Review. **International Journal of Engineering Research & Technology**, v.07, Issue 08, August, 2018.

Souza, E. J.; Cunha, F. F. Da; Magalhães, F. F.; Silva, T. R. Da; Santos, O. F. da. Eficiência Do Uso Da Água Pelo Milho Doce Em Diferentes Lâminas De Irrigação E Adubação Nitrogenada Em Cobertura. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 4, p. 750–757, 2016.

Sparks – Consultoria E Inteligência Competitiva. O Futuro Da Soja nacional: Impactos socioeconômicos da ferrugem asiática na cadeia de soja nos próximos dez anos. **Associação brasileira do agronegócio / Instituto de estudos do agronegócio**, [S. l.], p. 4-28, jul. 2015.

SPAT, Marilise Dorneles. Evolução da inovação tecnológica na indústria de máquinas e implementos agrícolas. **Anais do IV Encontro de Economia Catarinense**. Criciúma/SC: Universidade do Extremo Sul Catarinense-UNESC, 2010.

Starosta, G. **Global commodity chains and the marxian law of value**. Antipode, Berkeley, v. 42, n. 2, p. 433-465, 2010.

Steigleder, A. M. **Responsabilidade Civil Ambiental: as dimensões do dano ambiental no direito brasileiro**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2004.

Stewart, I. **The fourth energy transition: the lessons and limits of history**. Reaction Life, 2021.

Stone, L.F.; Silveira, P.M. DA. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.2, p.395- 401, 2001.

Teofilo, Danilo Domingos Fonseca. **Tecnologia embarcada em máquinas agrícolas**. 2019.

Terasawa, J.M. et al. **Antecipação da colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja**. Bragantina, Campinas, v. 68, p. 765773, 2009.

Tidd, J., Bessant, J., Pavitt, K. Managing Innovation: Integrating Technological, Market and organizational change. **Research Technology Management**, v. 48, iss 6, p. 61-62, 2005.

Yi, J.; Li, H.; Zhao, Y.; Zhang, H.; Liu, M. Assessing soil water balance to optimize irrigation schedules of flood-irrigated maize fields with different cultivation histories in the arid region. **Agricultural Water Management**, v. 265, p. 107543. 2022.

Yohannes, D.F.; Ritsema, C.J.; Eyasu, Y.; Solomon, H.; Van Dam, J.C.; Froebrich, J.; Ritzema, H.P.; Meressa, A. A participatory and practical irrigation scheduling in semiarid areas: the case of Gumselassa irrigation scheme in Northern Ethiopia. **Agricultural Water Management**, v. 218, p. 102–114. 2019.

Zeni, W. F.; Sehnem, S.; Campos, L. M. dos S. Crimes Ambientais Decorrentes da Atividade de Suinocultura como Indicador de Comportamento dos Produtores e de Gestão Ambiental. **Teoria e Prática em Administração**, v. 02, n. 02. p. 97-125. 2012.