



**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS**

***CAMPUS PENEDO***

**CURSO TÉCNICO INTEGRADO EM AÇÚCAR E ÁLCOOL**

**JADSON FARIAS SANTOS**

**IMPACTOS CAUSADOS PELA QUEIMA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR  
NO ESTADO DE ALAGOAS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA**

**PENEDO, AL**

**2025**

JADSON FARIAS SANTOS

IMPACTOS CAUSADOS PELA QUEIMA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO  
ESTADO DE ALAGOAS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA

Trabalho de conclusão de curso (TCC)  
apresentado ao Curso Técnico de Nível Médio  
Integrado em Açúcar e Álcool do Instituto  
Federal de Alagoas, *campus* Penedo, como  
requisito parcial para a conclusão do curso.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Taciana Carneiro  
Chaves

PENEDO, AL

2025



**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação**  
**Instituto Federal de Alagoas**  
***Campus Penedo***  
**Biblioteca**

---

S237i

Santos, Jadson Farias.

Impactos causados pela queima na cultura da cana-de-açúcar no estado de Alagoas: uma revisão integrativa da literatura / Jadson Farias Santos. – 2025.

33f.; il.

Orientação: Prof.<sup>a</sup> Taciana Carneiro Chaves.

Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico de Nível Médio Integrado em Açúcar e Álcool) – Instituto Federal de Alagoas, *Campus Penedo*, Penedo, 2025.

Trabalho acadêmico em versão digital.

1. Cana-de-açúcar. 2. Indústria sucroalcooleira. 3. Impactos ambientais. I. Chaves, Taciana Carneiro. II. Título.

CDD:664.1

**JADSON FARIAS SANTOS**

**IMPACTOS CAUSADOS PELA QUEIMA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR  
NO ESTADO DE ALAGOAS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA**

Trabalho de conclusão de curso (TCC)  
apresentado à Coordenação de Açúcar e Alcool  
como requisito parcial para a conclusão do  
Curso Técnico de Nível Médio Integrado em  
Açúcar e Alcool.

**Aprovado em 30/12/2024**

**BANCA EXAMINADORA**



Documento assinado digitalmente

**TACIANA CARNEIRO CHAVES**

Data: 03/04/2025 13:25:17-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Orientadora Profa. Dra. Taciana Carneiro Chaves**



Documento assinado digitalmente

**GEORGIA NAYANE SILVA BELO GOIS**

Data: 29/03/2025 11:50:35-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Membro Interno Profa. Dra. Geórgia Nayane Silva Belo Góis**



Documento assinado digitalmente

**MARINA DE MAGALHAES SILVA**

Data: 27/03/2025 07:15:47-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Membro Interno Profa. Dra. Marina de Magalhães Silva**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho primeiramente a Deus e segundo à minha família, em especial aos meus pais, que sempre acreditaram em mim e me apoiaram incondicionalmente, oferecendo amor e confiança.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a Deus e a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Aos meus pais, Adna e Ednaldo, o meu mais sincero agradecimento. Vocês foram fundamentais para o meu desenvolvimento pessoal e acadêmico. Seu apoio, amor incondicional e paciência foram essenciais em todas as etapas dessa jornada. Não teria chegado até aqui sem a força e o exemplo de vocês.

À minha orientadora, professora Taciana Carneiro Chaves, agradeço imensamente pela dedicação, orientação e paciência. Suas valiosas contribuições e orientações tornaram este trabalho possível e significativo. Sou muito grato por todo o conhecimento compartilhado e pelo constante apoio.

Ao meu irmão, Emerson, meu muito obrigado. Sua companhia, incentivo e apoio constante foram vitais para minha motivação ao longo dessa caminhada. Agradeço por sempre estar ao meu lado, oferecendo palavras de encorajamento e força.

A todos vocês, meu muito obrigado!

“Você nunca sabe que resultados virão da sua ação. Mas se você  
não fizer nada, não existirão resultados”

— Mahatma Gandhi

## RESUMO

A capacidade de adaptação e transformação da indústria da cana-de-açúcar no Brasil manteve a cultura como importante setor econômico, sendo responsável por milhões de empregos, bem como divisas para o país, seja na exportação do tradicional açúcar ou do moderno combustível etanol. Durante as várias fases de desenvolvimento dessa indústria, alguns impactos ambientais foram desencadeados. Neste contexto, este trabalho teve por objetivo realizar uma revisão integrativa da literatura sobre impactos causados pela queima na cultura da cana-de-açúcar no Estado de Alagoas. As buscas foram realizadas em bases de dados eletrônicas como: (1) Science Direct; (2) Lilacs; (3) Scopus; (4) Scielo; (5) Google scholar; (6) OATD (Open Access Theses and Dissertations); (7) BDTD (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações); (8) La Referencia Red de repositorios de acceso abierto a la ciencia; (9) NDLTD (Networked Digital Library of Theses and Dissertations) e (10) BASE (Bielefeld Academic Search Engine). Após a busca da literatura sobre os impactos causados pela queima na cultura da cana de açúcar no Estado de Alagoas foram rastreados 600 trabalhos publicados. Entre os 600 trabalhos, apenas 11 foram elegíveis para compor o estudo da revisão integrativa. De forma geral, a maioria dos estudos legíveis foram desenvolvidos pela Universidade Federal de Alagoas. Além disso, observou-se que a expansão da monocultura tem levado ao êxodo rural, à concentração de terras e à perda de biodiversidade. Apesar dos avanços tecnológicos adotados pelas usinas para mitigar esses impactos, como o reaproveitamento de resíduos e a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis, os desafios para garantir a sustentabilidade ambiental e social continuam presentes. Este estudo reforça a importância de um modelo de produção mais integrado e sustentável, que considere não apenas os benefícios econômicos, mas também os efeitos ambientais e sociais, promovendo uma maior qualidade de vida para as comunidades locais e contribuindo para a preservação dos recursos naturais.

**Palavras-chave:** Indústria Sucroalcooleira; Impactos Ambientais; Revisão da literatura.

## ABSTRACT

The adaptability and transformation capacity of the sugarcane industry in Brazil has kept the culture as an important economic sector, being responsible for millions of jobs as well as foreign exchange for the country, whether in the export of traditional sugar or the modern ethanol fuel. During the various phases of development of this industry, some environmental impacts have been triggered. In this context, this study aimed to conduct an integrative literature review on the impacts caused by the burning of sugarcane in the state of Alagoas. Searches were carried out in electronic databases such as: (1) Science Direct; (2) Lilacs; (3) Scopus; (4) Scielo; (5) Google Scholar; (6) OATD (Open Access Theses and Dissertations); (7) BDTD (Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations); (8) La Referencia Red de Repositorios de Acceso Abierto a la Ciencia; (9) NDLTD (Networked Digital Library of Theses and Dissertations); and (10) BASE (Bielefeld Academic Search Engine). After searching the literature on the impacts caused by burning in sugarcane culture in the state of Alagoas, 600 published works were identified. Among the 600 works, only 11 were eligible to compose the integrative review study. In general, most of the eligible studies were developed by the Federal University of Alagoas. Additionally, it was observed that the expansion of monoculture has led to rural exodus, land concentration, and biodiversity loss. Despite technological advances adopted by sugar mills to mitigate these impacts, such as the reuse of waste and the adoption of more sustainable agricultural practices, the challenges of ensuring environmental and social sustainability remain. This study reinforces the importance of a more integrated and sustainable production model that considers not only economic benefits but also environmental and social effects, promoting a better quality of life for local communities and contributing to the preservation of natural resources.

**Keywords:** Sugar-Alcohol Industry; Environmental Impacts; Literature Review.

**LISTA DE FIGURA**

<b>Figura 1.</b> Diagrama PRISMA 2020.....	13
<b>Figura 2.</b> Ilustração dos efeitos da poluição atmosférica na saúde humana.....	20

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 PERCURSO METODOLÓGICO.....</b>	<b>12</b>
2.1 Critérios de Elegibilidade .....	12
2.2 Fonte de Informação.....	12
2.3 Estratégia de Pesquisa .....	12
2.4 Seleção dos estudos .....	13
2.5 Síntese dos resultados.....	13
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>14</b>
3.1 Seleção dos estudos .....	14
3.2 Caracterização geral dos trabalhos .....	14
3.3 Impactos Ambientais e Qualidade do Solo.....	18
3.4 Poluição Atmosférica e Seus Efeitos na Saúde Humana.....	21
3.5 Impactos Socioeconômicos e Culturais .....	24
3.6 Impactos da Produção de Etanol e Açúcar .....	26
3.7 Limitações e perspectivas .....	29
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>31</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>32</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A expansão da cana-de-açúcar no Brasil, ao longo dos anos, gerou diversos problemas socioambientais, como o uso de mão de obra escrava e a poluição dos rios e solos devido ao descarte inadequado de resíduos dessa monocultura (GARCIA; MENDES, 2022; GURGEL *et al.*, 2022; REGO, 2022; FÉLIX *et al.*, 2023). Introduzida no Brasil por volta de 1530 por Martim Afonso de Souza, o cultivo de cana-de-açúcar na capitania de São Vicente (atual São Paulo) marcou o início da indústria sucroalcooleira, que se consolidou como uma das primeiras atividades econômicas do país (LIMA *et al.*, 2022). Desde então, a cana-de-açúcar tem sido uma parte fundamental da história econômica do Brasil, gerando riquezas, mas também trazendo sérios problemas ambientais e sociais (FÉLIX *et al.*, 2023; WENZEL; GIOMETTI; ALMEIDA, 2022).

Historicamente, o cultivo de cana-de-açúcar esteve associado ao uso do trabalho escravo, especialmente nos grandes engenhos que abasteciam o mercado internacional de açúcar, além de promover o desmatamento de vastas áreas para a expansão das plantações (GOLDONI *et al.*, 2022). Embora tenha sido inicialmente implantado no Sudeste, foi no Nordeste que o setor sucroalcooleiro obteve seu maior impulso, alterando profundamente as dinâmicas sociais e culturais da região, principalmente através do modelo de relações entre a "casa grande e senzala", que moldou as bases da sociedade brasileira (CRUZ *et al.*, 2022; REGO, 2022; VIVIAN *et al.*, 2022).

Com o passar do tempo, as indústrias sucroalcooleiras passaram a ser cada vez mais criticadas por seu impacto ambiental. A poluição dos corpos d'água, a degradação do solo e o uso excessivo de agrotóxicos, além do descarte irregular de resíduos da cana-de-açúcar, têm sido apontados como fatores de grande preocupação para a sustentabilidade (SILVA; NUÑEZ, 2023; ALMEIDA *et al.*, 2022). No entanto, a pressão crescente da sociedade e das políticas ambientais levou o setor a adotar práticas mais sustentáveis, com foco na preservação dos recursos naturais e na redução da emissão de poluentes (REGO, 2022).

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão integrativa da literatura sobre os impactos ambientais causados pela queima da palha da cana-de-açúcar no estado de Alagoas, considerando tanto os efeitos negativos na qualidade do solo e na saúde humana quanto os desafios para um modelo de produção mais sustentável.

## 2 PERCURSO METODOLÓGICO

Este trabalho trata-se de uma revisão integrativa da literatura com abordagem quanti-qualitativo e de procedimento documental e bibliográfico, que visa revisar o assunto sobre Impactos causados pela queima na cultura da cana de açúcar no Estado de Alagoas.

### 2.1 Critérios de Elegibilidade

Os trabalhos da literatura sobre o tema foram escolhidos com os seguintes critérios de elegibilidade: inclusão e exclusão. Foram incluídos: (1) trabalhos primários; (2) trabalhos secundários; (3) estudo de caso; (4) Artigo; (5) TCC; (6) Dissertação; (7) TESE; (8) Idiomas em inglês, português e espanhol; (9) Publicados entre os anos de 2007 e 2023. Foram excluídos: (1) trabalhos duplicados; (2) trabalhos que não foram publicados nos idiomas inglês, espanhol e português; (3) trabalhos que não foram relativos ao Estado de Alagoas.

### 2.2 Fonte de Informação

As buscas foram realizadas nas seguintes bases de dados eletrônicas: (1) Science Direct; (2) Lilacs; (3) Scopus; (4) Scielo; (5) Google scholar; (6) OATD Open Access Theses and Dissertations; (7) BDTD (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações); (8) La Referencia Red de repositorios de acceso abierto a la ciencia; (9) NDLTD Networked Digital Library of Theses and Dissertations e (10) BASE (Bielefeld Academic Search Engine).

As pesquisas foram realizadas por meio de termos chaves determinados nos idiomas Português, Espanhol e Inglês levando em consideração as publicações entre os anos 2007 a 2023.

### 2.3 Estratégia de Pesquisa

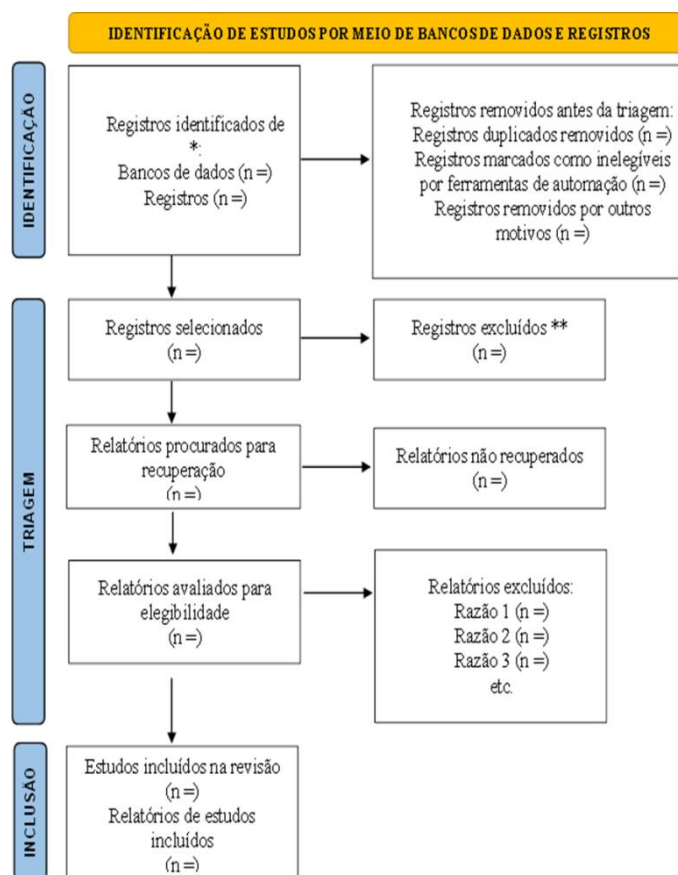
Como estratégia de pesquisa foram utilizados descritores de busca e estratégia de elegibilidade. Os descritores de busca foram: Cana-de-açúcar AND queimas OR “meio ambiente” AND “Estado de Alagoas”. As estratégias de elegibilidade foram: condição de

interesse (trabalhos que falem sobre os impactos da queima da cana de açúcar), Intervenção (No Estado de Alagoas) e Delineamento dos estudos (Estudos primários, secundários, estudos de caso).

#### 2.4 Seleção dos estudos

O mapeamento dos estudos primários para compor a revisão integrativa seguiu o as orientações de fluxo PRISMA *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PAGE et al., 2021) com objetivo de ser reproduzível, no qual o diagrama escolhido para seleção dos estudos foi o diagrama de fluxo PRISMA 2020 que incluíram pesquisas de bancos de dados e registros apenas (Figura 1).

**Figura 1.** Diagrama PRISMA 2020.



Fonte: Page, 2021.

#### 2.5 Síntese dos resultados

Os dados foram analisados segundo os critérios de análise do documento orientado pela Bardin (2009), a partir da técnica de análise, adaptado as condições de

interesse desta pesquisa. Após a análise dos trabalhos selecionados na revisão integrativa, os resultados foram plotados em formas de tabelas para melhor visualização e compreensão dos resultados de forma categorizada de acordo com as características gerais dos trabalhos.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Seleção dos estudos

Após a busca da literatura sobre os impactos causados pela queima na cultura da cana-de-açúcar no Estado de Alagoas foram rastreados 600 trabalhos publicados nas plataformas de dados Science Direct, Lilacs, Scopus, Scielo, Google scholar, OATD, BDTD, La Referencia, NDLTD e BASE. Entre os 600 trabalhos, apenas 11 foram elegíveis para compor o estudo da revisão integrativa (**Tabela 1**).

**Tabela 1.** Estudos elegíveis para compor a revisão integrativa da literatura “Impactos causados pela queima na cultura da cana-de-açúcar no Estado de Alagoas”.

AUTOR/ANO	TÍTULO
Gurgel et al., 2022	Espelho sem reflexos: conflitos e vulnerabilidades socioambientais em uma região produtora de cana-de-açúcar
Novais et al., 2021	Produção de etanol e seus impactos ambientais na indústria alcooleira de Alagoas
Costa, 2020	Manejo da palhada de cana-de-açúcar e seus impactos nas perdas de solo e água
Vasconcelos et al., 2014	Qualidade física de Latossolo Amarelo de tabuleiros costeiros em diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar.
Junior, 2014	Simulação da emissão e dispersão dos poluentes oriundos da queima de biomassa da cana-de-açúcar no estado de Alagoas utilizando o modelo atmosférico WRF/CHEM
Junior et al., 2013	Estudo da dispersão de monóxido de carbono (CO) emitido através da queima de cana-de-açúcar, no estado de Alagoas
Fernandes e Filho, 2013	Espacialização temporal dos focos de queimadas e de poluentes atmosféricos (CO, CH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O) em Alagoas
Carlos e Santos, 2013	A paisagem canavieira em União dos Palmares-Alagoas e seus impactos socioambientais
Fraga et al., 2013	Impactos de sistema de colheita cana-de-açúcar sobre a biomassa microbiana do solo e as atividades de enzima dos ciclos de C, P, e S
Almeida, 2008	Influência da queima da palha de cana-de-açúcar na ocorrência de doenças respiratórias em diferentes localidades do Estado de Alagoas
Sant'anna, 2007	Indicadores de qualidade do solo em áreas de cana-de-açúcar dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2024.

#### 3.2 Caracterização geral dos trabalhos

Após o rastreamento e seleção dos estudos, os artigos foram tabelados e categorizados conforme o autor, objetivo, metodologia e principais resultados, os quais estão

demonstrados na Tabela 2. Vale ressaltar que todos os estudos tiveram como foco o Estado de Alagoas e a relação com a queima da cana-de-açúcar, sendo que cada trabalho seguiu uma linha diferente.

**Tabela 2.** Caracterização geral dos trabalhos elegíveis para compor a revisão integrativa da literatura.

<b>Autor/ano</b>	<b>Título</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Principais Resultados</b>
Gurgel et al., 2022	Espelho sem reflexos: conflitos e vulnerabilidades socioambientais em uma região produtora de cana-de-açúcar.	Analisar os impactos socioambientais e sanitários do monocultivo de cana-de-açúcar em Pernambuco.	Mapeamento coletivo com cartografia social (ArcGIS 10.2).	Desmatamento, degradação do mangue, contaminação das águas e aumento de problemas respiratórios foram observados.
Novaes et al., 2021	Produção de etanol e seus impactos ambientais na indústria alcooleira de Alagoas.	Avaliar os impactos ambientais da produção de derivados da cana-de-açúcar em Alagoas.	Levantamento de dados em destilarias, com questionário sobre os processos industriais e resíduos.	Destilarias adotam práticas ambientais adequadas, com ênfase na minimização dos impactos.
Costa, 2020	Manejo da palhada de cana-de-açúcar e seus impactos nas perdas de solo e água	Determinar o efeito da retirada de diferentes quantidades de palhada sobre perdas de solo e água.	Experimento no Centro de Ciências Agrárias da UFAL com diferentes proporções de palhada de cana.	A manutenção de 50% de palhada reduziu a erosão, otimizando a sustentabilidade e possibilitando uso energético.
Vasconcelos et al., 2014	Qualidade física de Latossolo Amarelo de tabuleiros costeiros em diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar	Estudar as alterações nas propriedades físicas de solos cultivados com cana-de-açúcar em Alagoas.	Análise de solos sob diferentes sistemas de manejo de cana (irrigado, fertirrigado e mata nativa).	O manejo com vinhaça + torta de filtro apresentou menos degradação física do solo.
Junior, 2014	Simulação da emissão e dispersão dos poluentes oriundos da queima de biomassa da cana-de-açúcar no estado de Alagoas utilizando o modelo atmosférico WRF/CHEM	Implantar um sistema de pré-processamento químico para modelagem numérica do CO na atmosfera de Alagoas.	Análise com dados de sondagem atmosférica (AIRS) e modelo WRF/CHEM.	O CO foi transportado a grandes distâncias, afetando estados vizinhos a Alagoas.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

**Continuação da Tabela 2.** Caracterização geral dos trabalhos elegíveis para compor a revisão integrativa da literatura.

<b>Autor/ano</b>	<b>Título</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Principais Resultados</b>
Junior et al., 2013	Estudo da dispersão de monóxido de carbono (CO) emitido através da queima de cana-de-açúcar, no estado de Alagoas.	Analisar a dispersão do CO causado pela queima da cana em Alagoas.	Simulação da dispersão com o modelo WRF/CHEM e dados de sensoriamento remoto.	O CO afeta a qualidade do ar local, com concentrações elevadas a poucos quilômetros da queimada.
Fernandes e Filho, 2013	Espacialização temporal dos focos de queimadas e de poluentes atmosféricos (CO, CH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O) em Alagoas.	Localizar focos de queima e suas consequências ambientais e de saúde em Alagoas.	Uso de satélites (NOAA, GOES) e estimativas de emissão de poluentes (CO, NO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O).	Maiores focos de queima ocorreram entre setembro e fevereiro. Emissões altas em Coruripe e São Miguel dos Campos.
Carlos e Santos, 2013	A paisagem canavieira em União dos Palmares-Alagoas e seus impactos socioambientais.	Estudar os impactos socioambientais da monocultura da cana em União dos Palmares - AL.	Coleta de dados bibliográficos e observações de campo.	Diminuição da biodiversidade, poluição e conflitos sociais causados pela monocultura de cana.
Fraga et al., 2013	Impactos de sistema de colheita cana-de-açúcar sobre a biomassa microbiana do solo e as atividades de enzima dos ciclos de C, P, e S.	Quantificar o impacto do sistema de colheita de cana-crua no funcionamento biológico do solo.	Coleta de amostras de solo e análise multivariada sobre variáveis microbiológicas.	Solos sob cana-crua mostraram menor impacto no funcionamento biológico do solo, mais próximos das condições da mata nativa.
Almeida, 2008	Influência da queima da palha de cana-de-açúcar na ocorrência de doenças respiratórias em diferentes localidades do Estado de Alagoas.	Avaliar a poluição atmosférica e seu impacto em doenças respiratórias em Alagoas.	Análise de focos de queimadas e internações hospitalares.	Morbidades respiratórias aumentam no inverno, mas a queima ocorre de agosto a abril.
Sant'anna, 2007	Indicadores de qualidade do solo em áreas de cana-de-açúcar dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas.	Selecionar variáveis indicadoras de conservação do solo sob diferentes tipos de manejo de cana.	Coleta de amostras de solo em áreas com diferentes manejos de cana e mata nativa.	Análise do solo evidenciou uma relação entre o estado de agregação do solo e a atividade enzimática.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

De forma geral, a maioria dos estudos classificados como elegíveis para compor esta revisão integrativa da literatura foram desenvolvidos pela Universidade Federal de Alagoas. Por exemplo, Novaes *et al.* (2021) publicou um estudo com objetivo de avaliar a produção de etanol, açúcar e outros derivados da cana-de-açúcar de quatro unidades industriais de Alagoas, durante três safras e pontuaram os possíveis impactos ambientais provocados pelo processo de industrialização. Estudo este importante para obter respaldo científico sobre as vantagens e desvantagens da produção de etanol derivado da cana-de-açúcar e discutir sobre novas possibilidades que causem menos impactos no meio ambiente.

A análise dos estudos selecionados para esta revisão integrativa revelou uma ampla gama de impactos causados pela queima de cana-de-açúcar no estado de Alagoas, abrangendo dimensões ambientais, de saúde pública e socioeconômicas. As discussões a seguir são organizadas em três grandes eixos temáticos: (i) Impactos Ambientais e Qualidade do Solo, (ii) Poluição Atmosférica e Seus Efeitos na Saúde Humana e (iii) Impactos Socioeconômicos e Culturais.

### 3.3 Impactos Ambientais e Qualidade do Solo

A queima da cana-de-açúcar tem sido uma prática agrícola comum, mas seus efeitos negativos sobre o solo têm sido amplamente discutidos. De acordo com Vasconcelos *et al.* (2014), estudos realizados em Latossolos Amarelos em Alagoas mostraram que os sistemas de manejo que incorporam resíduos da cana, como a vinhaça, apresentam menores níveis de degradação física do solo. Isso sugere que o manejo sustentável, que prioriza o uso de resíduos orgânicos e evita a queima, pode melhorar a qualidade do solo ao longo do tempo.

Em contraste, a queima da cana-de-açúcar prejudica significativamente as propriedades físicas e biológicas do solo, como a compactação e a perda de matéria orgânica. Estudos realizados por Fraga *et al.* (2013) indicam que a substituição da queima por métodos de colheita sem fogo resultou em uma melhoria significativa na atividade biológica do solo, como o aumento da biomassa microbiana e a recuperação das atividades enzimáticas essenciais para os ciclos biogeoquímicos. Além disso, essas mudanças ajudam na recuperação da fertilidade do solo e reduzem a necessidade de fertilizantes químicos, que podem ser prejudiciais ao meio ambiente. Esse tipo de manejo

também tem sido associado à maior capacidade de retenção de água no solo, outro fator importante para a sustentabilidade agrícola (FRAGA *et al.*, 2013).

A substituição da queima por métodos de colheita sem fogo tem um impacto direto na erosão do solo. A queima remove a cobertura vegetal e deixa o solo vulnerável ao impacto da chuva, aumentando o risco de erosão e assoreamento dos corpos d'água. Segundo Santos *et al.* (2017), a prática de não queimar a cana ajuda a preservar a cobertura do solo e reduzir a velocidade do escoamento superficial, o que contribui para a diminuição da perda de solo fértil. Essa prática favorece a estruturação do solo e a proteção das nascentes, elementos fundamentais para a preservação dos recursos hídricos e para a manutenção da produtividade agrícola de longo prazo.

Em adição, a recuperação da biomassa microbiana no solo observada com o manejo sem queima também tem implicações positivas para os processos biológicos essenciais. De acordo com Pereira *et al.* (2015), a utilização de resíduos da cana, como a vinhaça, além de nutrir o solo, estimula a biodiversidade microbiana, promovendo um equilíbrio ecológico mais saudável. Logo, acarretando uma maior eficiência nos processos de ciclagem de nutrientes, fundamentais para a manutenção da fertilidade do solo e a redução da dependência de fertilizantes sintéticos. Além disso, o aumento da biomassa microbiana contribui para a melhoria das atividades enzimáticas do solo, que desempenham um papel crucial nos ciclos de carbono, nitrogênio e fósforo.

Além de melhorar as propriedades microbiológicas e químicas do solo, a prática de colheita sem fogo contribui para a recuperação da estrutura física do solo, evitando problemas como a compactação e o endurecimento. A compactação do solo, frequentemente associada à prática de queima, prejudica o desenvolvimento das raízes e a infiltração de água. Segundo Silva *et al.* (2018), a adoção de práticas de manejo que não envolvem queima tem demonstrado melhorar a porosidade do solo, permitindo que ele retenha mais água e nutrientes.

Além de seus impactos diretos sobre a qualidade do solo, a queima da cana-de-açúcar também tem repercussões significativas para as emissões de gases de efeito estufa. A queima libera grandes quantidades de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO) e outros poluentes atmosféricos. Em estudos conduzidos por Lima *et al.* (2016), observou-se que a substituição da queima por colheita sem fogo reduziu as emissões de gases poluentes, contribuindo para a mitigação dos impactos das mudanças climáticas. Esta redução é particularmente importante em um cenário global de crescente preocupação com as mudanças climáticas e as metas de redução de emissões.

Os benefícios ambientais da prática de não queimar a cana-de-açúcar não se limitam à qualidade do solo e às emissões de gases de efeito estufa. A mudança para um modelo agrícola mais sustentável pode também gerar vantagens econômicas para os produtores. A recuperação da biodiversidade microbiana e a melhoria da estrutura do solo também ajudam a aumentar a produtividade das lavouras, já que o solo se torna mais fértil e capaz de sustentar cultivos de maneira mais eficiente. Em um estudo de Souza et al. (2018), foi evidenciado que os solos manejados sem queima apresentaram uma produtividade superior em comparação aos solos que passaram pela prática de queima. A redução da degradação do solo e a melhoria das propriedades microbiológicas foram apontadas como fatores principais para esse aumento na produtividade. Esses resultados indicam que, ao adotar práticas agrícolas sustentáveis, é possível conciliar a preservação ambiental com o aumento da produção agrícola.

A mudança para a colheita sem fogo também representa um passo importante para a sustentabilidade da indústria sucroalcooleira como um todo. A produção de etanol, açúcar e energia a partir da cana-de-açúcar tem gerado uma pressão crescente sobre os recursos naturais. Segundo Oliveira *et al.* (2020), a adoção de práticas agrícolas que minimizem os impactos ambientais da cana-de-açúcar, como a colheita sem fogo, é crucial para garantir a sustentabilidade a longo prazo da indústria. Ao mesmo tempo, essa prática pode melhorar a imagem da indústria frente ao consumidor, que cada vez mais valoriza as práticas ambientais responsáveis.

Finalmente, a implementação de sistemas de manejo sem queima de cana-de-açúcar exige uma mudança na mentalidade dos produtores e no desenvolvimento de novas tecnologias para viabilizar essa transição. A pesquisa de Oliveira; Silva (2017) sugere que o treinamento e a educação dos produtores são essenciais para a adoção generalizada dessas práticas sustentáveis. Além disso, é fundamental que haja políticas públicas de incentivo a essas práticas, como subsídios e programas de financiamento para a implementação de tecnologias que reduzam a necessidade de queima, garantindo que os benefícios econômicos e ambientais sejam maximamente aproveitados pela sociedade.

Portanto, a mudança para o manejo sem queima da cana-de-açúcar não apenas contribui para a melhoria da qualidade do solo e a redução das emissões de gases de efeito estufa, mas também resulta em ganhos econômicos e produtivos para os agricultores. A adoção dessas práticas é essencial para a sustentabilidade da agricultura e da indústria sucroalcooleira, além de alinhar a produção de cana-de-açúcar com as crescentes demandas por práticas agrícolas responsáveis e ecológicas. A transição para um modelo

agrícola mais sustentável é, portanto, um caminho promissor para enfrentar os desafios ambientais e climáticos do futuro (VASCONCELOS et al., 2014; FRAGA et al., 2013; SANTOS et al., 2017).

### 3.4 Poluição Atmosférica e Seus Efeitos na Saúde Humana

A queima de cana-de-açúcar é uma prática agrícola comum, mas traz sérios impactos para a saúde humana devido à poluição atmosférica gerada, conforme a figura 2. Esse processo libera diversos poluentes, como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), material particulado (MP) e dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), que se dispersam pelo ar e afetam a qualidade do ambiente, tanto em áreas próximas como distantes da fonte de emissão. Estudos realizados por Junior *et al.* (2013) e Junior (2014) utilizaram modelos numéricos para analisar a dispersão desses poluentes e confirmaram que as concentrações de CO podem comprometer a qualidade do ar a grandes distâncias, representando um risco à saúde das pessoas.

**Figura 2.** Ilustração dos efeitos da poluição atmosférica na saúde humana.



**Fonte:** <https://magistralbr.caldic.com/blog/poluicao-e-estresse-oxidativo-como-a-qualidade-do-ar-afeta-a-sua-saude>

Esses poluentes têm um impacto direto sobre o sistema respiratório e cardiovascular da população exposta. A inalação de monóxido de carbono e material particulado está relacionada a um aumento nos casos de doenças respiratórias crônicas,

como asma e bronquite, além de agravar condições pré-existentes. De acordo com Almeida (2008), a queima da palha de cana-de-açúcar tem um efeito negativo na saúde respiratória das pessoas, especialmente nos municípios de Alagoas, como São Miguel dos Campos, Matriz de Camaragibe e Penedo, onde as internações hospitalares por doenças respiratórias aumentaram consideravelmente. Esse aumento é diretamente proporcional à frequência e intensidade das queimadas nos canaviais, alertando para a necessidade de ações preventivas.

Além dos efeitos respiratórios, a poluição atmosférica também afeta o sistema cardiovascular. Souza *et al.* (2015) afirmam que a exposição ao CO e aos óxidos de nitrogênio aumenta o risco de hipertensão, infarto do miocárdio e outras doenças cardíacas. Isso ocorre porque esses poluentes promovem o estresse oxidativo e a inflamação no organismo, fatores que contribuem para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares. As pessoas expostas a essas substâncias, especialmente em áreas rurais com alta concentração de canaviais, estão em risco elevado de complicações de saúde, o que torna a redução da poluição uma prioridade de saúde pública.

Em regiões com grande concentração de canaviais, a frequência de queimadas tem um impacto ainda mais intenso. Estudos como o de Almeida (2008) mostraram que municípios de Alagoas, como São Miguel dos Campos, apresentam altas taxas de internações por doenças respiratórias em períodos de maior queima. Isso reflete a gravidade do problema, que afeta tanto as áreas próximas aos canaviais quanto as regiões mais distantes, dependendo das condições climáticas e da dispersão dos poluentes. Assim, a gestão das queimadas e a implementação de medidas de controle se tornam essenciais para proteger a saúde da população.

A relação entre os focos de queimadas e as internações hospitalares deve ser monitorada de perto para embasar políticas públicas de controle da poluição atmosférica. A análise dos dados de saúde e da localização dos focos de queimadas pode fornecer informações valiosas para a criação de programas de mitigação. Souza *et al.* (2017) sugerem que a implementação de sistemas de monitoramento da qualidade do ar e de alertas para a população em áreas de risco pode ajudar a reduzir os impactos da queima. Além disso, é importante promover práticas agrícolas que não dependam da queima da palha, como a colheita sem fogo, uma alternativa sustentável que pode melhorar a saúde pública.

A regulamentação das queimadas (LEI Nº 14.944, DE 31 DE JULHO DE 2024) é fundamental para reduzir a poluição atmosférica e proteger a saúde das populações.

Segundo Silva *et al.* (2016), é necessário adotar políticas públicas mais rigorosas que incentivem práticas agrícolas sustentáveis. Além disso, as campanhas de conscientização direcionadas aos produtores de cana-de-açúcar são importantes para que se compreenda os efeitos negativos da queima sobre a saúde humana e sobre o meio ambiente. A substituição da queima pela colheita sem fogo é uma solução viável que tem mostrado bons resultados na redução da poluição e na preservação da saúde pública.

A longo prazo, a redução das queimadas também pode gerar benefícios econômicos, ao diminuir os custos com internações e tratamentos médicos. Rocha *et al.* (2018) destacam que, ao investir em práticas agrícolas mais limpas, o sistema de saúde pública poderia se beneficiar de uma redução significativa no número de casos relacionados a doenças respiratórias e cardiovasculares. Esse investimento não só favorece a saúde da população, mas também pode gerar economias para o sistema público de saúde, além de contribuir para a preservação do meio ambiente e a melhoria da qualidade de vida das pessoas.

Além disso, a transição para práticas agrícolas mais sustentáveis requer a colaboração de diferentes setores da sociedade, como produtores, autoridades de saúde e pesquisadores. Lima *et al.* (2016) enfatizam que a transição para a colheita sem fogo deve ser priorizada nas políticas públicas de controle da poluição atmosférica. A adoção de tecnologias que minimizem as emissões durante a colheita também é uma forma de reduzir os impactos da queima na saúde e no meio ambiente. Portanto, é fundamental que os produtores recebam apoio técnico e financeiro para adotar alternativas mais sustentáveis.

A conscientização e a educação ambiental também são essenciais para que as práticas agrícolas mudem. Além de promover campanhas de sensibilização, é necessário oferecer incentivos financeiros e técnicos aos produtores de cana-de-açúcar para que adotem práticas agrícolas que não envolvam a queima. Segundo Silva *et al.* (2016), a implementação de tecnologias mais limpas, como a colheita sem fogo, pode reduzir significativamente os danos à saúde e ao meio ambiente, além de promover a sustentabilidade no setor agrícola.

Portanto, a queima da cana-de-açúcar tem um impacto negativo significativo na poluição atmosférica e na saúde humana, contribuindo para o aumento de doenças respiratórias e cardiovasculares. A adoção de práticas mais sustentáveis, como a colheita sem fogo, é fundamental para reduzir os impactos dessa prática. Além disso, políticas públicas rigorosas, monitoramento da qualidade do ar e a conscientização dos produtores

podem ajudar a mitigar os efeitos adversos da queima, promovendo um modelo agrícola mais sustentável e saudável para todos (JUNIOR *et al.*, 2013; ALMEIDA, 2008; SOUZA *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2016).

### 3.5 Impactos Socioeconômicos e Culturais

Os impactos socioeconômicos e culturais da monocultura da cana-de-açúcar, especialmente em relação às práticas de queima, têm sido amplamente abordados em estudos recentes. Pesquisas como as de Carlos e Santos (2013) e Gurgel *et al.* (2022) apontam que a expansão dessa monocultura traz consequências significativas não só para o meio ambiente, mas também para a organização social e econômica das comunidades rurais. A degradação ambiental, com a perda de biodiversidade, a contaminação das águas e o empobrecimento do solo, é acompanhada de mudanças nas dinâmicas sociais e culturais, afetando diretamente as populações que dependem da terra e dos recursos naturais.

No contexto das desigualdades socioeconômicas, Carlos e Santos (2013) destacam a ocorrência do êxodo rural, caracterizado pela migração de populações locais em busca de melhores condições de vida. Esse movimento resulta da concentração de terras e da diminuição das oportunidades de trabalho, criando um cenário de exclusão social. A monocultura da cana, com suas grandes propriedades voltadas para a produção em larga escala, leva à concentração de riqueza e à escassez de recursos para pequenos produtores, ampliando a disparidade econômica entre os grandes proprietários e as populações locais.

Além disso, a pesquisa de Gurgel *et al.* (2022) na Zona da Mata pernambucana evidenciou os conflitos fundiários e a disputa pela terra, um reflexo direto da expansão dos canaviais. As comunidades locais, que historicamente ocupavam essas terras, são muitas vezes deslocadas em favor de grandes produtores de cana, o que gera tensões e disputas sobre o uso do território. Esse processo de expropriação de terras, em grande parte impulsionado pela busca por lucro e pela expansão da monocultura, resulta em um enfraquecimento do tecido social, pois as pessoas perdem seu acesso a fontes de renda e a recursos que garantiam sua subsistência.

Ademais, Gurgel *et al.* (2022) apontam que os impactos da monocultura também afetam a cultura das comunidades locais. O uso intensivo de agrotóxicos e a degradação dos recursos naturais alteram as práticas agrícolas tradicionais, que eram sustentáveis e baseadas na relação harmônica com o meio ambiente. Com a imposição de uma

agricultura industrializada, há uma diminuição da diversidade de atividades econômicas, o que resulta na perda de identidade cultural, pois as comunidades deixam de praticar as atividades que faziam parte do seu cotidiano, como o cultivo de alimentos e o manejo de recursos naturais de forma sustentável.

Essas transformações socioeconômicas e culturais têm repercussões duradouras para as populações locais, que passam a depender ainda mais das grandes corporações agrícolas, perdendo sua autonomia e controle sobre o território. Além disso, a degradação ambiental resultante da monocultura canavieira compromete a qualidade de vida das pessoas, uma vez que a poluição do ar, a contaminação das águas e a perda de biodiversidade impactam diretamente sua saúde e bem-estar. O desequilíbrio social e econômico gerado por esse modelo agrícola aumenta a vulnerabilidade das comunidades às mudanças climáticas e a outros fatores que afetam suas condições de vida.

Com base nos estudos de Carlos e Santos (2013) e Gurgel *et al.* (2022), é possível concluir que a monocultura da cana-de-açúcar, embora seja uma importante fonte de emprego e renda em muitas regiões, apresenta desafios significativos para a promoção de um desenvolvimento sustentável e equitativo. A concentração de terras e riqueza, a degradação ambiental e a perda de identidade cultural são aspectos que exigem uma abordagem mais integrada e responsável no manejo das terras agrícolas. Por isso, é fundamental repensar o modelo agrícola adotado, incorporando práticas que respeitem tanto o meio ambiente quanto as populações que dependem dessa terra para sua subsistência.

Uma alternativa para mitigar os impactos negativos da monocultura da cana seria a diversificação das atividades agrícolas. Ao incentivar o cultivo de diferentes culturas e a adoção de sistemas agroecológicos, é possível promover uma maior sustentabilidade no campo, reduzir a pressão sobre o solo e melhorar a qualidade de vida das populações locais. Lima *et al.* (2015) sugerem que a diversificação não só melhora as condições ambientais, mas também fortalece as economias locais, criando novas oportunidades de trabalho e estimulando a valorização dos saberes tradicionais.

Além disso, políticas públicas que promovam a inclusão das comunidades no processo decisório sobre o uso da terra são essenciais para garantir um desenvolvimento mais justo. A participação ativa das populações rurais nas decisões sobre a destinação dos recursos naturais e o planejamento do uso do solo pode contribuir para a preservação dos ecossistemas locais e para a melhoria das condições sociais e econômicas. A implementação de programas que ofereçam apoio técnico e financeiro a pequenos

produtores pode ser um passo importante para reverter os danos causados pela monocultura e promover uma agricultura mais inclusiva e sustentável (LIMA *et al.*, 2015).

Outra medida relevante é a adoção de políticas públicas voltadas para a proteção do patrimônio cultural das comunidades canavieiras. Essas políticas devem valorizar as práticas culturais tradicionais e garantir a preservação dos saberes locais, que estão intimamente ligados ao uso sustentável dos recursos naturais. A educação ambiental também desempenha um papel fundamental nesse processo, pois contribui para a conscientização da população sobre a importância de práticas agrícolas sustentáveis e sobre os impactos negativos da monocultura (LIMA *et al.*, 2015).

Por fim, é imprescindível que o governo, as empresas e as comunidades trabalhem juntos para desenvolver soluções que atendam às necessidades econômicas, sociais e ambientais das regiões canavieiras. A implementação de práticas agrícolas sustentáveis, a garantia de direitos territoriais e a valorização das culturas locais são elementos-chave para um desenvolvimento mais equilibrado e justo. Dessa forma, será possível mitigar os impactos negativos da monocultura e promover uma agricultura que beneficie tanto as comunidades locais quanto o meio ambiente, garantindo um futuro mais sustentável para as gerações vindouras.

### 3.6 Impactos da Produção de Etanol e Açúcar

A produção de etanol e açúcar no estado de Alagoas é de grande relevância econômica, mas também gera uma série de impactos ambientais que merecem atenção. O estudo de Novaes *et al.* (2021) destaca que as destilarias têm adotado algumas medidas para minimizar os impactos ambientais, como o reaproveitamento de resíduos, o que contribui para uma maior eficiência dos processos de produção. Esse reaproveitamento de resíduos, como o bagaço da cana, tem sido utilizado para gerar energia e melhorar a sustentabilidade do processo industrial. Entretanto, apesar dos avanços tecnológicos nas destilarias, ainda existem desafios significativos no que se refere à plena sustentabilidade da produção, principalmente quando se observa a contínua pressão sobre os recursos naturais e a necessidade de equilibrar a produção com os aspectos ambientais e sociais da atividade (COSTA *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2020).

Além da utilização de resíduos, outra abordagem das destilarias tem sido o investimento em tecnologias que buscam reduzir as emissões de poluentes, como o

dióxido de enxofre e as partículas em suspensão, provenientes do processo de destilação (CARVALHO *et al.*, 2018). Esses esforços visam atender às normas ambientais mais rigorosas, mas os resultados ainda indicam que as emissões continuam acima dos níveis recomendados pelas autoridades ambientais, o que demonstra a necessidade de mais investimentos em tecnologias limpas e práticas de controle de poluição (SILVA *et al.*, 2019). Embora as destilarias estejam em busca de alternativas mais sustentáveis, a produção de etanol e açúcar ainda representa um desafio considerável em termos de eficiência e impacto ambiental, pois continua a demandar grandes volumes de recursos, como água e energia, o que compromete a sustentabilidade do setor (ALMEIDA *et al.*, 2016).

Outro problema ambiental relacionado à produção de etanol e açúcar é o uso extensivo de grandes áreas de terra para a monocultura da cana-de-açúcar. Essa prática tem implicações diretas na perda de biodiversidade e no comprometimento dos recursos hídricos, uma vez que a irrigação de canaviais exige grandes volumes de água, muitas vezes afetando o abastecimento de comunidades locais (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Além disso, o uso excessivo de fertilizantes e pesticidas na monocultura pode contaminar os solos e as águas subterrâneas, com sérios impactos sobre a saúde humana e o equilíbrio dos ecossistemas (LIMA *et al.*, 2020). A expansão da área cultivada com cana-de-açúcar tem gerado desmatamento, o que agrava ainda mais os problemas relacionados à perda de habitats naturais e ao impacto sobre o ciclo hidrológico (Nunes *et al.*, 2017). Tais questões exigem uma abordagem mais holística para garantir que a produção de etanol e açúcar se mantenha dentro de limites sustentáveis.

A concentração de terras nas regiões canavieiras também tem efeitos negativos sobre a sociedade local, como apontam Silva e Pereira (2018) e Gurgel *et al.* (2022). A monocultura de cana-de-açúcar tem gerado desigualdades sociais e econômicas nas áreas rurais, onde há uma crescente concentração de terras nas mãos de grandes usinas, resultando no empobrecimento de pequenos produtores e no êxodo rural. Esse processo de concentração de terras tem levado à marginalização das comunidades locais, que perdem seu acesso à terra e à capacidade de cultivar para seu próprio sustento (COSTA *et al.*, 2017). Além disso, a atividade canavieira tem gerado conflitos agrários e a degradação das condições de vida das populações rurais, que veem suas tradições e culturas afetadas pela expansão do setor sucroalcooleiro (SANTOS *et al.*, 2019).

Embora a produção de etanol e açúcar seja uma fonte importante de geração de emprego e renda em Alagoas, os benefícios econômicos não estão isentos de

consequências sociais e ambientais (FONTANETTI; BUENO, 2017). A dependência do mercado global de açúcar e etanol torna as comunidades locais vulneráveis à volatilidade dos preços, o que pode afetar diretamente a estabilidade econômica das famílias que dependem dessa atividade (NOVAES *et al.*, 2021). O aumento na demanda por biocombustíveis, por exemplo, pode trazer benefícios econômicos temporários, mas também expõe a economia local à flutuação de preços, o que implica em riscos para a sustentabilidade do setor a longo prazo (PEREIRA *et al.*, 2020). Isso destaca a necessidade de políticas públicas que possam diversificar as fontes de renda e reduzir a vulnerabilidade das populações rurais à volatilidade do mercado.

Além disso, é importante ressaltar que a sustentabilidade da produção de etanol e açúcar não deve ser medida apenas pelos avanços tecnológicos adotados pelas usinas, mas também pela adoção de práticas agrícolas mais responsáveis. A agricultura de precisão, que permite uma gestão mais eficiente do uso de recursos como água e fertilizantes, é uma alternativa importante para minimizar os impactos ambientais da monocultura da cana-de-açúcar (GURGEL *et al.*, 2022). A adoção de práticas sustentáveis, como a rotação de culturas e a integração de sistemas agroecológicos, pode favorecer a recuperação de áreas degradadas, além de aliviar a pressão sobre os solos e recursos naturais. (Carvalho *et al.*, 2018). Essas práticas podem ser fundamentais para garantir que a produção de cana-de-açúcar continue a ser uma atividade econômica importante, mas de maneira mais equilibrada e sustentável.

Além disso, é fundamental que as políticas públicas voltadas para o setor sucroalcooleiro considerem tanto os aspectos ambientais quanto os sociais e econômicos. A implementação de incentivos fiscais para usinas que adotem tecnologias limpas e práticas agrícolas sustentáveis poderia ser uma forma de incentivar a transição para um modelo de produção mais responsável (SANTOS *et al.*, 2020). A participação das comunidades locais na formulação dessas políticas também seria uma maneira de garantir que as decisões tomadas considerem as necessidades e interesses das populações rurais, minimizando as desigualdades geradas pela monocultura da cana-de-açúcar (LIMA *et al.*, 2020).

Portanto, para que a produção de etanol e açúcar se torne verdadeiramente sustentável, é necessário um esforço contínuo para equilibrar os benefícios econômicos com os desafios ambientais e sociais. A adoção de tecnologias mais limpas e eficientes, juntamente com a implementação de práticas agrícolas sustentáveis, pode contribuir para a criação de um modelo mais equilibrado e justo para as comunidades envolvidas

(ALMEIDA *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2019). A sustentabilidade desse setor depende de uma abordagem integrada que leve em conta os impactos ambientais, sociais e econômicos, visando à proteção dos recursos naturais e à melhoria das condições de vida das populações rurais. Assim, o desafio está em equilibrar os avanços tecnológicos com uma gestão mais responsável dos recursos naturais, garantindo que a produção de etanol e açúcar continue a ser uma fonte importante de desenvolvimento para o estado de Alagoas sem comprometer a saúde ambiental e a justiça social.

### 3.7 Limitações e perspectivas

A presente revisão integrativa oferece uma análise abrangente dos impactos ambientais, sociais e econômicos da monocultura da cana-de-açúcar, especialmente no contexto das práticas de queima e da produção de etanol e açúcar. No entanto, é importante destacar algumas limitações inerentes ao estudo. A primeira delas refere-se à disponibilidade de dados atualizados sobre os impactos ambientais e sociais da atividade canavieira, que muitas vezes são escassos ou não abrangem todas as regiões afetadas pela cultura. Embora vários estudos tenham sido conduzidos em áreas específicas, a falta de uma abordagem mais homogênea e representativa dificulta uma análise comparativa robusta entre diferentes contextos regionais e locais. A diversidade de práticas agrícolas e o manejo diferenciado nas distintas usinas e plantações de cana podem gerar resultados heterogêneos, o que limita a generalização dos achados (FONTANETTI; BUENO, 2017).

Outra limitação importante refere-se à escassez de estudos longitudinais que possam fornecer uma visão mais aprofundada sobre os efeitos a longo prazo da produção de cana-de-açúcar sobre o solo, a saúde humana e a economia local. A maioria dos estudos disponíveis foca em análises de curto e médio prazo, sem considerar a evolução dos impactos ao longo de décadas. Isso é especialmente relevante no caso dos impactos sociais, como os conflitos fundiários e as mudanças culturais nas comunidades rurais, que podem se intensificar ao longo do tempo. Além disso, a interdependência entre os impactos ambientais e sociais muitas vezes não é plenamente abordada, o que dificulta a construção de soluções mais integradas e eficazes (MANTOVANI; SHIKIDA; GOMES, 2021).

Em relação à produção de etanol e açúcar, embora tenha sido observado um avanço nas tecnologias adotadas pelas usinas, a eficiência das medidas de mitigação dos

impactos ambientais ainda é um ponto de incerteza. As tecnologias para o reaproveitamento de resíduos e a redução das emissões de poluentes são promissoras, mas há uma falta de estudos independentes que avaliem a real eficácia dessas iniciativas em larga escala. Além disso, a produção de etanol e açúcar continua a exigir altos volumes de recursos naturais, como água e energia, o que impõe limitações à sustentabilidade desse modelo de produção, especialmente em regiões onde os recursos hídricos são escassos (MANTOVANI; SHIKIDA; GOMES, 2021).

Em termos de perspectivas, é necessário um avanço nas políticas públicas para promover práticas agrícolas mais sustentáveis e integradas. O incentivo à adoção de tecnologias limpas e à gestão eficiente dos recursos naturais nas usinas e plantações de cana-de-açúcar pode ser uma medida importante para reduzir os impactos ambientais. A implementação de políticas de incentivo à pesquisa em agricultura de precisão, por exemplo, pode trazer benefícios significativos ao otimizar o uso de insumos e reduzir a degradação do solo e a poluição da água. Além disso, a promoção da rotação de culturas e a diversificação agrícola em áreas canavieiras são estratégias que podem contribuir para a recuperação de solos degradados e para a redução da dependência do monocultivo (FONTANETTI; BUENO, 2017).

Do ponto de vista social, é crucial fortalecer as políticas de reforma agrária e garantir a inclusão das comunidades rurais no processo de tomada de decisões sobre o uso da terra. O empoderamento das populações locais e o fortalecimento de sua capacidade de negociar condições mais justas de trabalho e de acesso a recursos são fundamentais para mitigar os impactos negativos da monocultura. Além disso, a promoção de uma agricultura mais diversificada e agroecológica pode ser uma alternativa viável para reduzir as desigualdades sociais e promover a segurança alimentar nas regiões canavieiras (ABREU *et al.*, 2009).

No que tange à saúde humana, a redução dos impactos da poluição atmosférica, especialmente em áreas próximas aos canaviais, deve ser uma prioridade nas políticas de saúde pública. O controle das queimadas, a adoção de tecnologias de manejo sem fogo e a conscientização da população sobre os riscos à saúde causados pela poluição são medidas necessárias para proteger as comunidades vulneráveis. Além disso, a ampliação dos estudos sobre os efeitos da poluição atmosférica de longo prazo, com foco nas doenças respiratórias e cardiovasculares, pode proporcionar dados mais robustos para a formulação de políticas públicas de saúde mais eficazes (MANTOVANI; SHIKIDA; GOMES, 2021).

## 4 CONCLUSÃO

Esta revisão integrativa abordou os diversos impactos da monocultura de cana-de-açúcar, com foco nas consequências ambientais, sociais e econômicas dessa prática. Os achados demonstram que, embora a cana-de-açúcar desempenhe um papel central na economia de estados como Alagoas, suas práticas tradicionais, como a queima da palha, têm gerado impactos negativos consideráveis. A poluição do ar, a degradação do solo e os efeitos adversos na saúde humana são algumas das consequências identificadas. O manejo sustentável, incluindo a substituição da queima pela colheita sem fogo, emerge como uma alternativa promissora para mitigar esses efeitos e melhorar a sustentabilidade da produção.

Foi destacado a importância de uma abordagem integrada para o desenvolvimento da cana-de-açúcar, que leve em consideração os diversos impactos associados a essa atividade. Para que se alcance uma produção mais sustentável, é necessário um esforço conjunto entre pesquisadores, governos, setor privado e as comunidades afetadas. Apenas com uma colaboração mútua e uma mudança nas práticas agrícolas será possível alcançar um modelo que não só preserve os recursos naturais, mas também promova o bem-estar social e econômico das populações locais, garantindo a sustentabilidade da atividade no longo prazo.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, D. et al. Impacto social da mecanização da colheita de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, Número Especial, v. 4, n. 5, p. 3-11, 2009.
- ALMEIDA, L. G. B. F. Influences of burn of the straw of the sugar cane in the occurrence of respiratory diseases in different localities of the state of Alagoas. 2008. 88f. **Dissertação (Mestrado em Processos de superfície terrestre)** - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008.
- ALMEIDA, L. J. M. et al. Sistemas de produção de cana-de-açúcar visando a produção de açúcar orgânico certificado. **Scientific Electronic Archives**, v. 15, n. 12, 2022.
- BARDIN, L. Organização da análise. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições, v. 70, p. 229, 2009.
- BRASIL. **Lei nº 11.520, de 03 de agosto de 2000**. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências.
- CARLOS, B. E. L. O.; SANTOS, S. A paisagem canavieira em União dos Palmares-Alagoas e seus impactos socioambientais. **Revista Ambientale**, v. 4, n. 2, p. 1-13, 2013.
- CARVALHO, H. F. S. et al. Fluxos de radiação e energia em caatinga preservada e cana-de-açúcar no Semiárido. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 3, p. 452-458, 2018.
- COSTA, A. et al. Efeitos da adubação nitrogenada e potássica no crescimento da cultura da cana-de-açúcar segunda soca. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 554-566, 2017.
- COSTA, A. G. S. Manejo da palhada de cana-de-açúcar e seus impactos nas perdas de solo e água. 2021. 33 f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia)** – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2020.
- CRUZ, M. A. et al. Análise da viabilidade do uso de resíduos de cana-de-açúcar para produção de aglomerantes sustentáveis. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 26, 2022.
- FÉLIX, H. R. et al. Riscos para a saúde e boas práticas de segurança do trabalho no corte manual da cana-de-açúcar (*saccharum spp.*): uma revisão de literatura. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 14, n. 1, p. 69-83, 2023.
- FERNANDES, R. C.; FILHO, W. L. F. Espacialização temporal dos focos de queimadas e de poluentes atmosféricos (CO, CH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O) em Alagoas. **Ciência e Natura**, v. 35, n. 2, p. 287-294, 2013.
- FONTANETTI, C. S.; BUENO, O. C. Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica. **Bauru, SP: Canal**, v. 6, p. 275, 2017.
- FRAGA, YSB et al. Impactos de sistema de colheita cana-de-açúcar sobre a biomassa microbiana do solo e as atividades de enzima dos ciclos de C, P, e S. **III Seminário de**

**Iniciação Científica e Pós-Graduação da Embrapa Tabuleiros Costeiros**  
2013.

GARCIA, J. C.; MENDES, M. B. Fontes de fósforo mineral e organomineral no estado nutricional e no crescimento inicial da cana-de-açúcar. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 5, n. 2, p. 2003-2013, 2022.

GOLDONI, E. L. et al. Aproveitamento de palha de cana-de-açúcar para o incremento de geração de energia elétrica: revisão sistemática da literatura. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12, p. e176111234232-e176111234232, 2022.

GURGEL, A. M. et al. Espelho sem reflexos: conflitos e vulnerabilidades socioambientais em uma região produtora de cana-de-açúcar. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 27, p. 1049-1060, 2022.

JUNIOR, R. A. M. et al. Estudo da dispersão de monóxido de carbono (CO) emitido através da queima de cana-de-açúcar, no estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 03, p. 488-499, 2013.

JUNIOR, R. A. M. Simulação da emissão e dispersão dos poluentes oriundos da queima de biomassa da cana de açúcar no estado de Alagoas utilizando o modelo atmosférico WRF/CHEM. 2014. 128 f. **Dissertação** (Mestrado em Meteorologia) – Instituto de Ciências Atmosféricas, Programa de Pós-graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2014.

LIMA, Cesar Gustavo Rocha et al. Correlação entre componentes da produtividade da cana-de-açúcar com pH de um Argissolo vermelho distrófico do noroeste paulista. **Revista Engenharia Na Agricultura-REVENG**, v. 24, n. 2, p. 120-130, 2016.

LIMA, R. P. de et al. Estabilização de solo laterítico utilizando cinza do bagaço da cana de açúcar e cal hidratada. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 27, 2022.

MANTOVANI, G. G.; SHIKIDA, P. F. A.; GOMES, M. R. Diferenças salariais e o impacto da segmentação regional: um estudo para os trabalhadores na cultura de cana-de-açúcar no período de 2012 e 2019. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 60, n. 1, p. e241167, 2021.

NOVAIS, R. C. et al. Produção de etanol e seus impactos ambientais na indústria alcooleira de Alagoas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 16, n. 3, p. 298-306, 2021.

NUNES, E. F. Cana-de-Açúcar: a produção de etanol e seus benefícios. **Monografia (Técnico em Agronegócios). Instituto Federal de Ciências e Tecnologia de São Paulo. Barretos**, 2017.

OLIVEIRA et al. Análise da reatividade pozolânica da cinza do bagaço da cana-de-açúcar. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 1555-1559, 2020.

OLIVEIRA, A. P. et al. Sistemas de colheita da cana-de-açúcar: conhecimento atual sobre modificações em atributos de solos de tabuleiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 939-947, 2014.

- PAGE, Matthew J. et al. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, 2021.
- PEREIRA, P. S. et al. Compósitos PEAD/bagaço de cana-de-açúcar: influência do processamento e fonte de PEAD. **Revista Univap**, v. 26, n. 51, p. 130-144, 2020.
- PEREIRA, R. M. et al. Viabilidade econômica da irrigação de cana-de-açúcar no cerrado brasileiro. **Irriga**, v. 1, n. 2, p. 149-157, 2015.
- REGO, J. L. Ciclo da cana de açúcar. **Global Editora**, 2022.
- ROCHA, C. L. et al. O trabalho no corte de cana-de-açúcar, riscos e efeitos na saúde: revisão da literatura. **Revista de Saúde Pública**, v. 52, p. 80, 2018.
- SANT'ANNA, S. A. C. Indicadores de qualidade do solo em áreas de cana-de-açúcar dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. 2007. **Dissertação** (Pós-Graduação em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Sergipe, 2007.
- SANTOS, A. A. et al. Mapeamento do solo e ocorrência de plantas daninhas e estimativas do custo de produção de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 11, n. 1, p. 68-78, 2017.
- SILVA, L. N.; NUÑEZ, D. N. C. Influência de maturadores na acumulação de ATR na cultura de cana-de-açúcar f. Poaceae. **Brazilian Journal of Science**, v. 2, n. 1, p. 1-6, 2023.
- VASCONCELOS, R. F. B et al. Qualidade física de Latossolo Amarelo de tabuleiros costeiros em diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 381-386, 2014.
- VIVIAN, M. A. et al. Caracterização do bagaço de cana-de-açúcar e suas potencialidades para geração de energia e polpa celulósica. **Madera y bosques**, v. 28, n. 1, 2022.
- WENZEL, I. M.; GIOMETTI, F. H. C.; ALMEIDA, J. E. M. Patogenicidade do isolado IBCB 66 de *Beauveria bassiana* à broca da cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis* em condições de laboratório. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 73, p. 259-261, 2022.