

Evolução da Produtividade do Setor Sucroalcooleiro Alagoano em Razão do Sistema de Colheita Mecanizada

Claudio Marcio Lima dos Santos^{a,†}

^aInstituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa, Brazil • [†]Autor correspondente: claudio.santos@trt19.jus.br

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Palavras-chave:

Produtividade
Mecanização agrícola
Setor sucroalcooleiro
Inovação
Alagoas

RESUMO

O setor sucroalcooleiro desempenha papel central na economia de Alagoas, sendo historicamente relevante para a geração de renda, emprego e dinamismo produtivo. Nas últimas décadas, entretanto, o setor tem enfrentado desafios associados à perda de competitividade, ao aumento dos custos de produção e à necessidade de incorporação de inovações tecnológicas capazes de sustentar ganhos de produtividade no longo prazo. Nesse contexto, a mecanização da colheita da cana-de-açúcar emerge como uma das principais inovações de processo adotadas no setor sucroalcooleiro brasileiro. Este artigo analisa a evolução da produtividade do setor sucroalcooleiro alagoano associada à introdução da colheita mecanizada, com base em dados sistematizados pela literatura especializada para o período da safra de 2007/2008 a 2025/2026. Adota-se uma abordagem descritivo-analítica com base em dados agregados de produtividade e taxas de mecanização, examinando os impactos da mecanização sobre a produtividade do setor, bem como suas implicações para a estrutura produtiva regional. Os resultados indicam que a colheita mecanizada tem potencial para contribuir com o aumento da produtividade, ao reduzir a dependência de mão de obra manual e elevar a eficiência operacional dos estabelecimentos que adotam essa tecnologia. Embora a mecanização seja um fator relevante para a elevação da produtividade e da competitividade do setor sucroalcooleiro alagoano, seus efeitos são heterogêneos e dependem de condições técnicas, econômicas e institucionais complementares, o que reforça a importância de políticas públicas voltadas à difusão tecnológica e à redução das desigualdades produtivas regionais.

1. Introdução

O setor sucroalcooleiro desempenha papel central na formação econômica de Alagoas, constituindo historicamente um dos principais vetores de geração de renda, emprego e dinamismo produtivo no Estado. Apesar de sua relevância, o setor tem enfrentado, nas últimas décadas, desafios estruturais associados à perda de competitividade relativa, à elevação dos custos de produção e à necessidade de incorporação de inovações tecnológicas capazes de sustentar ganhos de produtividade e crescimento no longo prazo.

Nesse contexto, a mecanização da colheita da cana-de-açúcar emerge como uma das principais inovações de processo adotadas pelo setor sucroalcooleiro brasileiro, associada tanto a pressões regulatórias e ambientais quanto à busca por maior eficiência produtiva. A literatura econômica destaca que inovações desse tipo tendem a impactar diretamente a produtividade, ao mesmo tempo em que alteram a estrutura de custos e a demanda por fatores produtivos, produzindo efeitos heterogêneos entre regiões e tipos de produtores.

Em Alagoas, entretanto, a difusão da colheita mecanizada ocorre de forma mais lenta e seletiva quando comparada a outros polos canavieiros do país, notadamente Estados da Região Centro-Sul. Fatores como relevo topográfico, estrutura fundiária, escala produtiva, realidade do mercado de trabalho local e restrições de capital limitam a adoção plena dessa tecnologia, o que levanta a questão central deste estudo: em que medida a expansão da colheita mecanizada tem se correlacionado com a evolução da produtividade do setor sucroalcooleiro alagoano?

Diante disso, o objetivo deste artigo é analisar a evolução da produtividade do setor sucroalcooleiro em Alagoas associada à introdução da colheita mecanizada, com base em dados empíricos pertinentes ao período histórico das safras de 2007/2008 a 2025/2026, conforme sistematizados pela literatura especializada, em especial a obra *Universo Canavieiro Alagoano no Século XXI – Um Olhar sobre Trabalho e Tecnologia*, organizada por José Rodolfo Tenório Lima (Lima, 2025). Busca-se examinar se e como o investimento em mecanização no sistema de colheita da cana tem contribuído para a modernização e competitividade das unidades produtivas do setor, em Alagoas, em comparação a Estados produtores do eixo Centro-Sul. O estudo também identifica os desafios mais relevantes à implementação do sistema mecanizado de colheita em substituição à colheita manual.

Além desta introdução, o artigo está assim organizado: a segunda seção apresenta o referencial teórico sobre produtividade, inovação e mecanização agrícola; a terceira seção descreve os procedimentos metodológicos; a quarta seção apresenta as fontes de dados e a sistematização das variáveis; a quinta seção analisa a produtividade e a evolução

da mecanização; a sexta seção discute os determinantes das limitações estruturais e do desempenho produtivo; e, por fim, a última seção traz as considerações finais.

2. Referencial teórico: produtividade, mudança tecnológica, heterogeneidade estrutural

2.1. Produtividade: conceitos e determinantes

A produtividade constitui um dos principais indicadores de desempenho econômico, estando diretamente associada à capacidade de geração de renda, competitividade e crescimento sustentado.¹ De forma geral, a literatura define a produtividade como a relação entre o volume de produto gerado e os insumos utilizados no processo produtivo, podendo ser mensurada de maneira parcial — como a produtividade do trabalho ou da terra — ou de forma agregada, por meio da produtividade total dos fatores (PTF).

No contexto da economia brasileira, estudos recentes ressaltam que o desempenho da produtividade resulta de uma combinação de fatores técnicos, estruturais e institucionais, incluindo a incorporação de tecnologias, a acumulação de capital físico e humano, a organização da produção e o ambiente macroeconômico e regulatório (De Negri e Cavalcante, 2015, v. 1, cap. 1). Em especial, no setor agropecuário, a produtividade do trabalho e da terra assume papel central, dada a relevância da base tecnológica, da mecanização e do uso eficiente dos recursos naturais. Cabe ressaltar que, enquanto a produtividade do trabalho é diretamente afetada pela mecanização (redução do tempo e do número de trabalhadores necessários), a produtividade da terra é mais sensível a variáveis agronômicas, climáticas e à qualidade do manejo agrícola (Vieira Filho e Gasques, 2016).

Conforme destacado por De Negri e Cavalcante (2015, v. 1, cap. 3), a evolução da produtividade no Brasil apresenta trajetória heterogênea entre setores e regiões, refletindo diferenças estruturais, de escala produtiva e de acesso a tecnologias. Essa heterogeneidade é particularmente relevante no caso de atividades intensivas em recursos naturais, como a agroindústria canavieira, nas quais os ganhos de produtividade dependem fortemente da adoção de inovações de processo e da modernização dos sistemas produtivos.

2.2. Mudança tecnológica, mecanização agrícola e produtividade

A mudança tecnológica constitui um dos principais motores do aumento da produtividade no longo prazo. No setor agropecuário, a incorporação de inovações de processo — como a mecanização, o uso de insumos modernos e a difusão de novas técnicas produtivas — tem sido fundamental para a elevação da eficiência econômica e para a redução dos custos de produção.

No caso específico da cana-de-açúcar, a mecanização da colheita representa uma inovação de processo com impactos diretos sobre a produtividade do trabalho, ao reduzir a dependência de mão de obra manual e elevar a eficiência operacional das unidades produtivas. Além disso, a mecanização tende a promover maior padronização do processo produtivo, reduzir perdas e permitir melhor aproveitamento do tempo e dos equipamentos, contribuindo para ganhos de escala e competitividade.

Entretanto, a literatura enfatiza que os efeitos da mecanização sobre a produtividade não são automáticos nem uniformes. Conforme discutido por De Negri e Cavalcante (2015, v. 1, cap. 5), os ganhos associados à adoção tecnológica dependem de condições complementares, como o nível de capitalização das firmas, a qualificação da mão de obra, a infraestrutura disponível e o ambiente institucional. Assim, a mecanização deve ser compreendida como parte de um processo mais amplo de modernização produtiva, e não como um fator isolado, especialmente quando se considera a heterogeneidade estrutural e as especificidades regionais do setor canavieiro brasileiro.

2.3. Heterogeneidade estrutural, difusão tecnológica e dimensão regional

Um aspecto central da literatura recente sobre produtividade no Brasil refere-se à persistência da heterogeneidade estrutural. Segundo De Negri e Cavalcante (2015, v. 1, cap. 2), a difusão das inovações tecnológicas ocorre de forma desigual entre setores, regiões e unidades produtivas, gerando diferenciais significativos de produtividade. Essa heterogeneidade está associada a fatores como escala de produção, acesso ao crédito, condições geográficas e capacidade de investimento.

No setor sucroalcooleiro, tais diferenças manifestam-se de maneira particularmente acentuada, uma vez que a adoção da colheita mecanizada é condicionada por fatores técnicos — como relevo e características do solo — e econômicos — como o porte dos estabelecimentos e o acesso a financiamento. Dessa forma, embora a mecanização represente um vetor relevante de modernização e eficiência operacional, seus efeitos sobre a produtividade tendem a ser heterogêneos, beneficiando de maneira mais intensa os produtores com melhores condições estruturais. No caso de Alagoas, a combinação de relevo acidentado (declividade superior a 12 graus em diversas áreas), escala produtiva reduzida e limitações de capitalização configura um contexto estrutural distinto daquele observado em Estados do Centro-Sul, o que condiciona tanto a velocidade quanto os impactos da difusão da mecanização (Lima, 2025, cap. 2).

Além disso, a literatura destaca o papel das políticas públicas na promoção da difusão tecnológica e na redução das desigualdades produtivas regionais. Instrumentos de crédito, incentivos à inovação e investimentos em infraestrutura são fundamentais para viabilizar a adoção de tecnologias modernas em regiões historicamente menos dinâmicas (De Negri e Cavalcante, 2015, v. 2, cap. 8). Nesse sentido, a análise da produtividade do setor sucroalcooleiro em Alagoas insere-se

¹Paul Krugman sintetiza essa ideia ao afirmar que “a produtividade não é tudo, mas, no longo prazo, é quase tudo o que importa” (Krugman, 1994, p. 11).

no debate mais amplo sobre desenvolvimento regional, inovação e transformação estrutural, permitindo compreender como a mudança tecnológica interage com condicionantes econômicos e institucionais locais, especialmente em contextos periféricos caracterizados por limitações estruturais e atrasos relativos na adoção de inovações de processo.

3. Procedimentos metodológicos

Utiliza-se como principal referência empírica os dados consolidados na obra *Universo Canavieiro Alagoano no Século XXI* (Lima, 2025, org.), que reúne análises detalhadas sobre estrutura produtiva, uso de tecnologia e desempenho econômico do setor no Estado de Alagoas, com comparações de dados agregados de unidades produtivas do eixo Centro-Sul do país. As fontes primárias incluem levantamentos oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), com foco nos mapeamentos sobre a produção agrícola nacional, notadamente do setor sucroalcooleiro.

Este estudo adota uma abordagem descritivo-analítica com base em dados agregados de produtividade pertinentes ao período das safras de 2007/2008 a 2025/2026, conforme interpretados e sistematizados na literatura especializada sobre o setor sucroalcooleiro alagoano.

A opção metodológica justifica-se pela natureza do objetivo do trabalho, que não consiste em estimação econométrica de funções de produção ou na construção formal de medidas de produtividade total dos fatores, mas em análise descritiva e comparativa dos efeitos da mecanização da colheita sobre indicadores de produtividade agrícola, a partir de evidências empíricas consolidadas. Tal abordagem é compatível com estudos em economia regional e economia da inovação, especialmente quando o foco recai sobre transformações estruturais e tecnológicas em contextos caracterizados por heterogeneidade produtiva e limitações de dados microeconômicos.

O principal indicador de produtividade analisado é medido em toneladas por hectare (t/ha), calculado pela relação entre produção de cana-de-açúcar e área colhida. A produtividade do trabalho não é analisada neste estudo ante a indisponibilidade de dados desagregados sobre pessoal ocupado especificamente no sistema de colheita, o que demandaria bases de dados complementares (RAIS, CAGED) e constitui agenda para pesquisas futuras. Não obstante a limitação deste estudo, a adoção da colheita mecanizada é analisada como uma inovação de processo capaz de afetar a eficiência operacional e a estrutura de custos, ao reduzir a intensidade do uso de trabalho manual, com possíveis externalidades positivas para a qualidade do trabalho e para o meio ambiente.

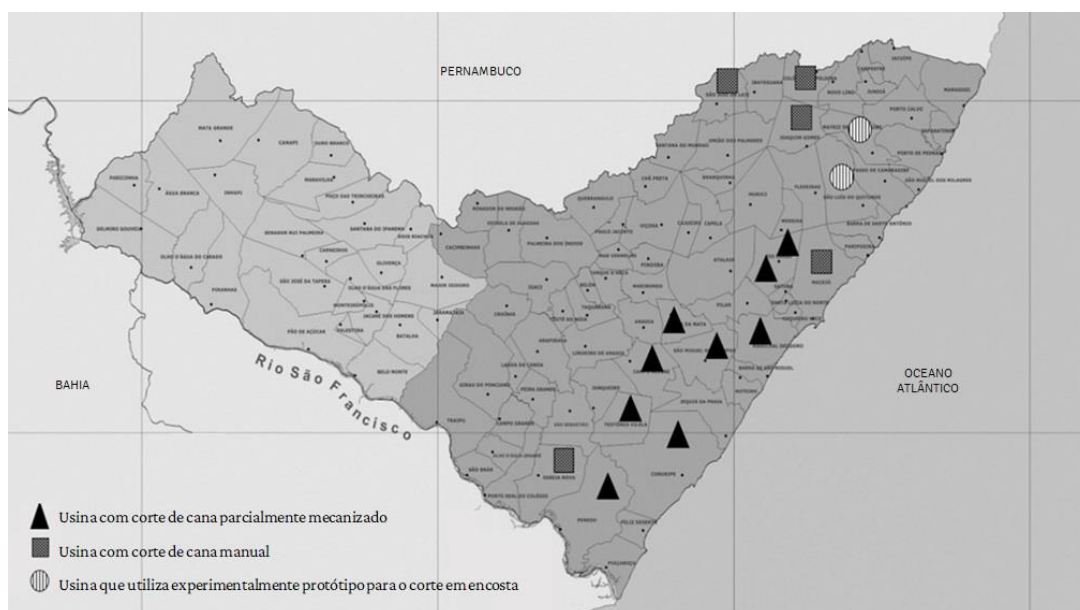
A estratégia analítica consiste em: (i) examinar a evolução da produtividade (t/ha) em correlação à taxa de mecanização em Alagoas no período de 2007/2008 a 2025/2026; (ii) comparar esses indicadores com médias nacionais e regionais; e (iii) identificar limitações específicas à difusão da mecanização no Estado, tais como restrições topográficas e realidade do mercado de trabalho, que condicionam os efeitos da inovação tecnológica sobre o desempenho produtivo.

Reconhecem-se como principais limitações do estudo: (i) a impossibilidade de acesso direto às microbases de dados, restringindo a análise a uma perspectiva agregada; (ii) a ausência de controles estatísticos para variáveis intervenientes (clima, preços, variedades genéticas); e (iii) a natureza descritiva da abordagem, sem inferências causais diretas. Não obstante, a utilização criteriosa da literatura especializada e de dados oficiais permite extrair conclusões relevantes acerca da relação entre mecanização e produtividade no setor sucroalcooleiro de Alagoas, em perspectiva comparada com outras regiões do país.

4. Fontes de dados e sistematização das variáveis

4.1. Distribuição territorial da produção canavieira em Alagoas

O Mapa 1 apresenta a caracterização geográfica da distribuição da produção de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas, evidenciando a concentração da produção em uma faixa territorial que vai da denominada Zona da Mata até o Litoral, abrangendo 53% dos municípios alagoanos. O mapa também indica a distribuição da colheita mecanizada e manual de cana-de-açúcar no Estado, considerando as usinas em operação na safra de 2015/2016, segundo Santos (2017 *apud* Lima, 2025).

Mapa 1. Distribuição geográfica da produção de cana-de-açúcar em Alagoas (safra 2015/2016).

Fonte: Santos (2017 *apud* Lima, 2025).

A distribuição espacial da cana-de-açúcar em Alagoas, em nível municipal, mantém elevada concentração territorial. Dados de 2018, atualizados pelo Governo do Estado em dezembro de 2020 (ALAGOAS. Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária, Pesca e Aquicultura, 2020), indicam a porcentagem da área total de cada município ocupada por cana-de-açúcar, com representação cartográfica por gradiente de cor indicando intensidade de cultivo.²

4.2. Concentração produtiva e posicionamento nacional

Dados da Pesquisa da Produção Agrícola Municipal (PAM), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), indicam que a cana-de-açúcar mantém papel dominante na estrutura agrícola alagoana. Em 2024, a área agrícola total plantada no Estado foi de aproximadamente 464 mil hectares, dos quais cerca de 290 mil hectares correspondiam à lavoura de cana-de-açúcar, representando aproximadamente 62,5% da área agrícola efetivamente utilizada. Evidenciam a elevada concentração produtiva da agricultura alagoana na cultura canavieira, reforçando sua centralidade econômica e territorial (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2024).

No contexto da produção nacional de cana-de-açúcar, Alagoas mantém posição de destaque relativo, apesar da forte concentração produtiva no eixo Centro-Sul do país. O Estado ocupava o 6º lugar no ranking nacional na safra 2017/2018 (CONAB, 2018) e, atualmente, ocupa a 7ª colocação entre os maiores produtores nacionais, respondendo por cerca de 2,5% a 3% da produção brasileira na safra 2025/2026 (Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), 2025a). Embora distante dos principais polos produtivos — notadamente São Paulo, Minas Gerais e Goiás —, o Estado permanece como o maior produtor da Região Nordeste, desempenhando papel central na dinâmica sucroalcooleira regional. Essa posição reflete a relevância histórica do setor em Alagoas, ao tempo em que evidencia os limites estruturais e tecnológicos que condicionam seu desempenho produtivo quando comparado às regiões mais mecanizadas do país.

4.3. Evolução da mecanização da colheita

A literatura especializada reconhece a existência de correlação direta entre o número absoluto de colheitadeiras e o percentual de cana colhida mecanicamente. Conforme dados da CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), 2025b), em menos de 20 anos, o número de colhedoras na lavoura de cana-de-açúcar, no país, saltou de 1.221, na safra 2007/2008, para mais de 5.000 na safra 2025/2026. Em 2007/2008, no eixo Centro-Sul, concentravam-se 97,37% dessas máquinas, enquanto, no Norte-Nordeste, apenas 2,63%, com Alagoas representando 1,22% do total nacional, conforme série histórica da CONAB (2022).

Conforme destacado por Baccarin (2019 *apud* Lima, 2025), a partir de 2007, a incorporação de tecnologias mecânicas na colheita da cana-de-açúcar vem sendo intensificada, exercendo influência direta sobre a estrutura ocupacional do setor, sendo a colheita a última etapa do processo produtivo a incorporar inovações mecânicas.

Na safra 2022/2023, a concentração regional manteve-se elevada: no eixo Centro-Sul, 95,92% das colheitadeiras; no Norte-Nordeste, 4,08%; e em Alagoas, 1,14% do total nacional, conforme série histórica da CONAB (2023).

A Tabela 1 apresenta a evolução do percentual de colheita mecanizada no período 2007/2008 a 2025/2026, evidenciando as disparidades regionais:

²Vide link de acesso ao mapa na referência bibliográfica.

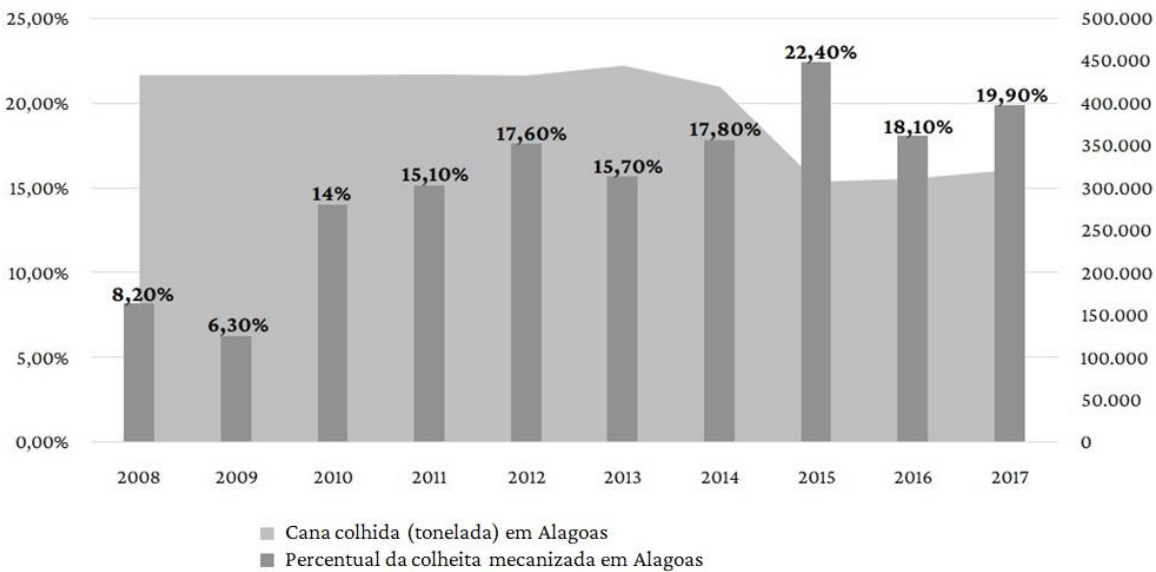
Tabela 1. Evolução do percentual de colheita mecanizada por região (2007/2008 a 2025/2026).

Região	2007/2008	2025/2026	Variação (p.p.)
Brasil	24,4%	92,4%	+68,0
Centro-Sul	28,5%	98,6%	+70,1
Norte/Nordeste	3,3%	32,0%	+28,7
Alagoas	2,5%	49,3%	+46,8

Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (2025a). Nota: p.p. = pontos percentuais.

O Gráfico 1 apresenta a evolução do percentual da colheita mecanizada em Alagoas no período de 2008/2009 a 2017/2018:

Gráfico 1. Evolução da colheita mecanizada em Alagoas (2008/2009 a 2017/2018).



Fonte: Lima (2025, cap. 2).

Complementando a série histórica apresentada no Gráfico 1, a Tabela 2 apresenta os dados de mecanização para as safras subsequentes até 2025/2026:

Tabela 2. Evolução da colheita mecanizada em Alagoas (2018/2019 a 2025/2026).

Safra	% Mecanização
2018/2019	19,6%
2019/2020	21,3%
2020/2021	22,2%
2021/2022	29,2%
2022/2023	27,8%
2023/2024	54,8%
2024/2025	7,9%*
2025/2026	49,3%

Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (2025a). Nota: * A abrupta queda em 2024/2025 seguida de recuperação expressiva em 2025/2026 sugere possível inconsistência nos dados ou evento atípico não documentado na fonte.

4.4. Evolução da produtividade (produção de cana em tonelada por área colhida em hectare)

A Tabela 3 apresenta a evolução da produtividade (t/ha), obtida do Portal de Informações Agropecuárias da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), comparando Alagoas com a média nacional no período 2007/2008 a 2025/2026.

Tabela 3. Evolução da produtividade (t/ha): Alagoas vs. Brasil (2007/2008 a 2025/2026).

Safra	Brasil (t/ha)	Alagoas (t/ha)	Diferencial (%)
2007/2008	81,50	69,97	-14,1%
2020/2021	75,67	56,97	-24,7%
2021/2022	70,35	62,39	-11,3%
2022/2023	73,60	65,19	-11,4%
2023/2024	85,57	65,87	-23,0%
2024/2025	77,60	63,55	-18,1%
2025/2026	74,25	62,20	-16,2%
Varição total	-8,9%	-11,1%	—

Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (2025a). Nota: Variação total calculada entre 2007/2008 e 2025/2026. O diferencial negativo indica que Alagoas mantém produtividade sistematicamente inferior à média nacional.

5. Análise da produtividade e da evolução da mecanização da colheita no setor sucroalcooleiro alagoano

A análise da produtividade no setor sucroalcooleiro alagoano revela um desempenho marcado por forte heterogeneidade e por uma trajetória distinta daquela observada nos principais polos produtores do Centro-Sul do país. Embora a cana-de-açúcar permaneça como a principal cultura agrícola do Estado em termos de área ocupada (62,5% da área agrícola total em 2024, conforme IBGE) e relevância econômica, os ganhos de produtividade agrícola observados ao longo do tempo mostram-se limitados e irregulares, mesmo diante do avanço, ainda que parcial, da mecanização da colheita. Conforme demonstrado na Tabela 3 (Seção 4), a produtividade em Alagoas recuou de 69,97 t/ha (2007/08) para 62,20 t/ha (2025/26), representando queda de 11,1% no período em que a taxa de mecanização expandiu de 2,5% para 49,3%.

Os dados analisados indicam que a expansão da colheita mecanizada em Alagoas ocorreu de forma gradual e seletiva, concentrando-se sobretudo em áreas com melhores condições topográficas e maior escala produtiva. Conforme Tabela 1 (Seção 4), enquanto o Centro-Sul alcançou 98,6% de mecanização em 2025/26 (partindo de 28,5% em 2007/08), Alagoas atingiu 49,3% no mesmo período, refletindo não apenas um ponto de partida mais baixo (2,5%), mas também limitações estruturais específicas. Essa característica reforça a ideia de que a mecanização, enquanto inovação de processo, não se difunde de maneira homogênea, sendo condicionada por fatores estruturais que afetam a eficiência do uso do solo agrícola.

No que se refere à produtividade, medida em toneladas por hectare (t/ha), observa-se que os níveis alcançados em Alagoas permanecem, sistematicamente, inferiores aos registrados em Estados como São Paulo, e abaixo da média nacional. O diferencial entre Alagoas e a média brasileira variou entre -11,3% e -24,7% no período analisado (Tabela 3), evidenciando a persistência de uma defasagem produtiva estrutural. Ainda que a mecanização contribua para a redução de perdas na colheita e para maior regularidade operacional, seus efeitos sobre a produtividade agrícola não se manifestam de forma automática nem generalizada. Conforme discutido no referencial teórico (Seção 2.2), a transição para o sistema mecanizado pode apresentar, no curto e médio prazo, desafios específicos como compactação do solo e necessidade de adaptação técnica, fatores que podem explicar, ao menos parcialmente, a trajetória descendente da produtividade observada.

Além disso, a estrutura fundiária e a predominância de estabelecimentos de menor porte restringem a adoção plena de tecnologias mecanizadas, o que repercute diretamente sobre a capacidade de elevar a produtividade. Em áreas onde a mecanização é tecnicamente inviável (devido a declividades superiores a 12 graus, conforme será detalhado na Seção 6) ou economicamente custosa, o sistema produtivo tende a operar com níveis de eficiência inferiores, reforçando disparidades internas no setor sucroalcooleiro alagoano.

Os resultados empíricos, pois, indicam um aparente paradoxo: a mecanização da colheita expandiu significativamente no período analisado (crescimento de 1.872% na taxa de mecanização), mas a produtividade declinou 11,1% no mesmo intervalo. Esse padrão sugere que a mecanização da colheita, embora associada a melhorias operacionais e à redução da dependência de mão de obra manual, não constitui, por si só, um fator capaz de promover aumentos sustentados da produtividade no Estado. A experiência alagoana indica que os ganhos produtivos dependem da adoção articulada de máquinas, práticas agrônômicas adequadas, investimentos complementares e condições estruturais favoráveis, o que explica a persistência de níveis relativamente modestos de produtividade agrícola quando comparados a outras regiões produtoras.

Ressalta-se uma inconsistência relevante observada nos dados de mecanização mais recentes. Na Tabela 2 (Seção 4), a taxa de mecanização em Alagoas apresentou comportamento atípico no período 2023/24-2025/26: após crescimento gradual até 27,8% (2023/24), houve queda abrupta para 7,9% (2024/25), seguida de recuperação vertiginosa para 49,3% (2025/26). Essa oscilação de magnitude incomum — queda de 71,6% seguida de crescimento de 523,4% em apenas dois anos — sugere três hipóteses não mutuamente excludentes: (i) erro de registro ou revisão metodológica nos dados da CONAB para a safra 2024/25; (ii) evento climático ou econômico extremo não documentado na literatura consultada, que tenha temporariamente inviabilizado o uso de máquinas; ou (iii) saída e posterior reentrada de unidades mecanizadas no cômputo agregado devido a recuperações judiciais ou paralisações temporárias, conforme evidenciado pela instabilidade setorial mencionada no Quadro 2 da Seção 6.2 adiante. A ausência de documentação sobre esse fenômeno nas fontes consultadas impede conclusões definitivas, mas a magnitude da oscilação recomenda cautela na interpretação dos dados.

mais recentes e aponta para a necessidade de estudos futuros que investiguem essa anomalia com acesso a microdados das unidades produtivas.

6. Discussão dos resultados: determinantes das limitações estruturais e do desempenho produtivo

A discussão dos resultados evidencia que a mecanização da colheita da cana-de-açúcar em Alagoas deve ser compreendida como uma inovação de processo com efeitos condicionados e socialmente não neutros. Embora a literatura frequentemente associe a mecanização a ganhos de eficiência produtiva, o caso alagoano demonstra que tais ganhos estão longe de ser universais, especialmente quando se analisa a produtividade (t/ha) como indicador central. Conforme demonstrado na Seção 5, a expansão da mecanização de 2,5% para 49,3% no período 2007/08-2025/26 não se traduziu em aumento da produtividade, que, ao contrário, recuou 11,1% no mesmo intervalo.

Conforme destacado por estudos recentes sobre os desafios e limites da mecanização no Estado (Lima, 2025, cap. 3), fatores como relevo acidentado, fragmentação fundiária, restrições de escala e elevado custo de capital impõem barreiras significativas à difusão dessa tecnologia. Tais condicionantes explicam por que a mecanização avança de forma desigual e por que seus impactos sobre a produtividade agrícola tendem a ser heterogêneos. Assim, a ausência de aumentos expressivos e contínuos da produtividade não decorre necessariamente da ineficiência da tecnologia em si, mas das limitações estruturais que moldam sua aplicação no contexto regional, conforme previsto pelo referencial teórico sobre heterogeneidade estrutural e difusão tecnológica (Seção 2.3).

6.1. Limitações geográficas à mecanização

De acordo com Lima (2025, cap. 4), a adoção de tecnologias no setor canavieiro de Alagoas, especialmente a colheita mecanizada, enfrenta barreiras significativas que a mantêm em patamares muito inferiores aos da região Centro-Sul do Brasil. Os principais impeditivos podem ser divididos em fatores geográficos e econômicos. A topografia constitui o entrave mais crítico para a modernização tecnológica no Estado, conforme sintetizado no Quadro 1:

Quadro 1. Limitações geográficas à mecanização da colheita em Alagoas.

Fator Limitante	Descrição
Declividade do terreno	As colheitadeiras atuais possuem limitações técnicas e não conseguem operar em terrenos com inclinação superior a 12 graus, afetando parcela significativa das áreas cultivadas no Estado.
Heterogeneidade regional	A região Centro-Sul de Alagoas (Microrregião de São Miguel dos Campos) possui tabuleiros costeiros mais planos e propícios à mecanização, já a região Norte do Estado é marcada por relevo extremamente acidentado, criando forte assimetria espacial na viabilidade tecnológica.
Inviabilidade técnica integral	No Norte de Alagoas, o perfil do terreno inviabiliza o uso de máquinas em quase todas as fases do ciclo produtivo (preparo, plantio e colheita), forçando o uso de técnicas rudimentares, como o transporte de cana por tração animal.

Fonte: Elaboração própria com base em Lima (2025, cap. 4).

Conforme discutido na Seção 2.2, a produtividade depende também de fatores agrônômicos mais amplos, como qualidade do solo, variedades utilizadas, regime climático e manejo agrícola. A ausência de avanços simultâneos nessas dimensões tende a limitar o potencial de ganhos produtivos associados à introdução de máquinas, o que ajuda a explicar o padrão observado nos dados apresentados na Seção 5.

6.2. Limitações econômicas e estruturais

Do ponto de vista econômico, os resultados reforçam a interpretação de que a mecanização constitui uma condição necessária, mas não suficiente, para o aumento da produtividade agrícola em Alagoas. Em regiões onde predominam estabelecimentos de maior escala e melhores condições naturais, a mecanização pode contribuir de forma mais decisiva para a elevação da produtividade. Já em contextos como o alagoano, sua eficácia depende fortemente de políticas complementares voltadas à adaptação tecnológica, ao financiamento produtivo e à superação de restrições estruturais históricas (De Negri e Cavalcante, 2015, v. 2, cap. 8).

O Quadro 2 sintetiza os principais fatores econômicos que limitam a capacidade das usinas alagoanas de investir em maquinário:³

³Na safra de 2007/2008, operavam 24 usinas de cana-de-açúcar em Alagoas; esse número começou a cair na safra de 2012/2013, chegando a 15 unidades a partir da safra de 2018/2019, patamar que se mantém até 2025/2026 (Lima, 2025, cap. 1).

Quadro 2. Limitações econômicas e estruturais à mecanização em Alagoas.

Fator Limitante	Descrição
Crise do setor e escassez de capital	Desde 2012, o setor sucroenergético em Alagoas enfrenta crise profunda caracterizada por: (i) redução de margens de lucro; (ii) custos de produção superiores aos do Sudeste; (iii) sensibilidade à queda nos preços internacionais do açúcar; e (iv) impacto da política de controle do preço da gasolina (2011-2014), que afetou a rentabilidade do etanol. Esse conjunto de fatores desencadeou o fechamento de unidades produtivas e processos de recuperação judicial.
Abundância relativa de mão de obra	A elevada oferta de trabalhadores para o sistema de colheita manual, decorrente do desemprego estrutural em populações de baixa renda e escolaridade, agravou-se pela redução da migração para o Centro-Sul (consequência da mecanização acelerada naquela região). A abundância de oferta e a baixa remuneração praticada no Estado tornam o trabalho manual economicamente mais atrativo face o custo de aquisição, manutenção e operação de máquinas.

Fonte: Elaboração própria com base em Lima (2025, cap. 5).

7. Considerações finais

Este artigo analisou a relação entre a mecanização da colheita da cana-de-açúcar e a produtividade no setor sucroalcooleiro alagoano, no período de 2007/2008 a 2025/2026, a partir de dados empíricos da CONAB, do IBGE e da literatura especializada. Os resultados indicam que, embora a mecanização tenha expandido significativamente (de 2,5% para 49,3% no período analisado) e represente um avanço relevante em termos de eficiência operacional, seus efeitos sobre a produtividade agrícola no Estado mostram-se limitados e heterogêneos. Contrariando expectativas convencionais, a produtividade analisada recuou 11,1% no mesmo intervalo temporal (de 69,97 t/ha para 62,20 t/ha), configurando um aparente paradoxo que se explica pela interação de fatores geográficos, econômicos e agrônômicos discutidos ao longo do estudo.

A evidência empírica sugere que a adoção da colheita mecanizada, por si só, não foi suficiente para promover aumentos sustentados da produtividade em Alagoas. Tais resultados refletem a presença de restrições estruturais persistentes — como relevo acidentado (declividade superior a 12 graus em parcela significativa das áreas cultivadas), estrutura fundiária fragmentada, escala produtiva reduzida e limitações de capital decorrentes da crise setorial iniciada em 2012 — que condicionam a difusão da tecnologia e limitam a generalização dos ganhos observados em polos mais capitalizados do país, especialmente no eixo Centro-Sul, onde a mecanização atingiu 98,6% e a produtividade média nacional mantém-se sistematicamente superior à alagoana (diferencial de 11% a 25% no período analisado).

Nesse sentido, a mecanização deve ser compreendida como uma condição necessária, mas não suficiente, para o aumento da produtividade agrícola. Seus efeitos positivos dependem da articulação com práticas agrônômicas adequadas, investimentos complementares e políticas públicas orientadas à adaptação tecnológica às especificidades regionais. Entre as políticas recomendadas, destacam-se: (i) investimento em capital humano, via ampliação de cursos técnico-profissionalizantes voltados à operação e manutenção de máquinas agrícolas; (ii) concessão de crédito público condicionado à adoção de práticas sustentáveis e à melhoria das condições de trabalho; e (iii) programas de transição gradativa do corte manual para sistemas mecanizados, acompanhados de requalificação profissional dos trabalhadores afetados, uma vez que a colheita manual concentra a maior parte dos conflitos judiciais trabalhistas relacionados a penosidade, condições ergonômicas e dignidade do trabalho.

Como contribuição teórica, o estudo demonstra que a abordagem baseada em heterogeneidade estrutural e difusão seletiva de inovações — discutida por De Negri e Cavalcante (2015) no contexto nacional — aplica-se de forma particularmente evidente ao caso do setor sucroalcooleiro alagoano, onde condicionantes geográficos e econômicos impõem limites à universalização tecnológica e geram trajetórias produtivas divergentes em relação às regiões hegemônicas do país.

O estudo apresenta limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados: (i) a impossibilidade de acessar microdados das unidades produtivas, restringindo a análise a indicadores agregados e impedindo identificar relações causais diretas entre mecanização e produtividade, a partir dos dados utilizados; (ii) a ausência de controles estatísticos para variáveis intervenientes, como condições climáticas, preços de mercado e variedades genéticas de cana utilizadas; e (iii) a inconsistência observada nos dados de mecanização para a safra 2024/25 (queda abrupta não explicada), que recomenda cautela na interpretação dos dados mais recentes.

Essas limitações abrem espaço para uma agenda de pesquisas futuras que poderiam: (i) incorporar análises longitudinais com acesso a dados microeconômicos das usinas; (ii) mensurar diretamente os efeitos da mecanização sobre emprego, remuneração e condições de trabalho no setor; (iii) investigar a anomalia observada nos dados de 2024/25 por meio de estudos de caso; e (iv) analisar indicadores mais amplos de eficiência produtiva, como produtividade total dos fatores (PTF), para capturar efeitos que transcendem a relação produto/área colhida.

Por fim, o estudo reforça a importância de abordagens que considerem a produtividade sucroalcooleira de forma contextualizada, evitando interpretações que tratem a inovação tecnológica como solução universal para os desafios do desenvolvimento regional. No caso de Alagoas, a coexistência de sistemas produtivos heterogêneos — mecanizados e manuais — não representa atraso tecnológico, mas estratégia de adaptação a restrições estruturais incontornáveis, o que demanda políticas públicas diferenciadas que reconheçam as especificidades regionais e promovam trajetórias de

modernização compatíveis com as condições locais.

Referências

- ALAGOAS. Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária, Pesca e Aquicultura (2020). Área ocupada por cana-de-açúcar (%), por município – 2018. Acesso em: 6 jan. 2026.
- Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (2025a). Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, safra 2025/26: terceiro levantamento. Acesso em: 6 jan. 2026.
- Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (2025b). Portal de informações agropecuárias: séries históricas de produção agrícola. Acesso em: 6 jan. 2026.
- De Negri, F. e Cavalcante, L. R. (2015). *Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes*. Ipea, Brasília. 1 e 2 v.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2019). Censo agropecuário 2017: resultados definitivos. Acesso em: 6 jan. 2026.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2024). Sistema ibge de recuperação automática (sidra): Produção agrícola municipal. Acesso em: 6 jan. 2026.
- Krugman, P. (1994). *The age of diminished expectations: U.S. economic policy in the 1990s*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Lima, J. R. T. (2025). *Universo canavieiro alagoano no século XXI*. Edufal, Maceió.
- Schumpeter, J. A. (1982). *Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico*. Abril Cultural, São Paulo. Os Economistas.
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1):65–94.
- Vieira Filho, J. E. R. e Gasques, J. G. (2016). Produtividade e crescimento da agricultura brasileira. Texto para Discussão, n. 2202. Acesso em: 6 jan. 2026.