

Dinâmica econômica e espacial da produção de cana-de-açúcar no Paraná

Economic and spatial dynamics of sugarcane production in the state of Paraná

Leila Cristina Domingues Gomes de Lima^{1,2} , Gabriela Gomes Mantovani¹ , Wander Plassa^{1,2} , Tiago Santos Telles¹ 

¹Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IAPAR-EMATER), Londrina (PR), Brasil. E-mails: leilagomes.lima@uel.br; gmmantovani@gmail.com; wanderplassa@gmail.com; telles@idr.pr.gov.br

²Departamento de Ciências Econômicas, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina (PR), Brasil.

Como citar: Lima, L. C. D. G., Mantovani, G. G., Plassa, W., & Telles, T. S. (2025). Dinâmica econômica e espacial da produção de cana-de-açúcar no Paraná. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 63, e294336. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2025.294336>

Resumo: Este estudo tem como objetivo analisar a dinâmica econômica e espacial da produção de cana-de-açúcar no Estado do Paraná, nos anos de 2006 e 2017. Para isso, foram utilizados dados dos Censos Agropecuários de 2006 e de 2017, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com foco no Valor Bruto da Produção (VBP), produtividade e área colhida. A fim de identificar padrões de especialização produtiva e concentração de renda, foram aplicados o Quociente Locacional (QL) e o Índice de Hirschman-Herfindahl modificado (IHHm), além da Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). Complementarmente, com base na Matriz de Dados de Crédito Rural (MDCR) do Banco Central do Brasil (BCB), foi realizada uma Análise de Componentes Principais (ACP). Os resultados indicaram que, entre 2006 e 2017, o VBP da cana-de-açúcar no Paraná teve um crescimento de 14%, enquanto a área colhida aumentou 88% e o número de municípios especializados cresceu 22%. Por outro lado, a produtividade apresentou uma queda de 26% no período. A AEDE revelou a existência de autocorrelação espacial positiva do VBP da cana-de-açúcar, com a formação de *clusters* do tipo Alto-Alto, especialmente na região Noroeste do Estado. A ACP identificou dois componentes principais: um relacionado a concentração da produção e outro vinculado ao crédito rural.

Palavras-chave: análise regional, transformação estrutural, complexo sucroenergético, regionalização da produção, *Saccharum officinarum*.

Abstract: This study aims to analyze the economic and spatial dynamics of sugarcane production in the state of Paraná, Brazil, during the years 2006 and 2017. For this purpose, data from the 2006 and 2017 Agricultural Censuses, made available by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), were used, focusing on Gross Production Value (GPV), productivity, and harvested area. To identify patterns of productive specialization and income concentration, the Location Quotient (LQ) and the Modified Hirschman-Herfindahl Index (HHIm) were applied, along with Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA). Additionally, based on the Rural Credit Data Matrix (MDCR) from the Central Bank of Brazil (BCB), Principal Component Analysis (PCA) was performed. The results indicate that, between 2006 and 2017, sugarcane GPV in Paraná grew by 14%, while the harvested area increased by 88%, and the number of specialized municipalities rose by 22%. On the other hand, productivity declined by 26% over the period. ESDA revealed the presence of positive spatial autocorrelation of sugarcane GPV, particularly with the formation of high-high clusters in the Northwest region of the state. PCA identified two principal components: one associated with production concentration and the other related to rural credit.

Keywords: regional analysis, structural transformation, sugar-energy complex, regionalization of production, *Saccharum officinarum*.

1 Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma cultura semiperene amplamente cultivada em regiões de clima tropical e subtropical (Silva Neto et al., 2023). Utilizada principalmente na produção de açúcar e etanol, essa cultura também gera subprodutos como o melaço e o bagaço,



este último frequentemente aproveitado para cogeração de energia elétrica. Nesse contexto, a cana-de-açúcar consolida-se como uma das mais importantes commodities agrícolas do Brasil.

O país apresenta vantagens comparativas em relação a outros produtores globais de cana-de-açúcar (Shikida & Margarido, 2009), sobretudo pelas condições edafoclimáticas climáticas favoráveis, que permitem o cultivo da planta em distintas regiões e períodos do ano. Na região Centro-Sul do Brasil, por exemplo, a colheita ocorre entre abril e dezembro (Pereira & Silveira, 2016), enquanto no Norte-Nordeste, o ciclo produtivo estende-se de setembro a abril (Zheng et al., 2022). Essas vantagens colocam o Brasil em destaque na produção global de cana-de-açúcar. Em 2022, o país respondeu por aproximadamente 36% da produção mundial de cana-de-açúcar (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022), com o Estado do Paraná ocupando a quinta posição entre os maiores produtores nacionais (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019).

Historicamente, a cana-de-açúcar exerceu papel relevante na formação econômica, social, política e cultural do Brasil (Araújo & Araújo Sobrinho, 2020), inclusive no Estado do Paraná. A introdução da cultura no Estado remonta ao início do século XVII, na região litorânea, com o primeiro grande empreendimento sendo o Engenho de Morretes, fundado em 1878 (Andrade, 1994). No entanto, segundo Bray & Teixeira (1985), foi apenas na década de 1940 que a cana-de-açúcar passou a integrar, de fato, a economia paranaense, com a instalação de usina de produção de açúcar no município de Bandeirantes, na região do Norte Pioneiro. Na década de 1970, impulsionada por políticas públicas como o Programa Nacional do Álcool – Proálcool (Shikida, 2014), e pela crise na cafeicultura paranaense (Graef et al., 2016), a cultura expandiu-se significativamente no Estado. A proximidade com São Paulo – maior produtor de cana-de-açúcar do Brasil há mais de seis décadas (Camara & Caldarelli, 2016) – também favoreceu essa expansão.

Fatores como localização geográfica, condições edafoclimáticas, disponibilidade de terras e proximidade com áreas canavieiras consolidadas influenciam na instalação de usinas sucroalcooleiras (Neves & Mendonça, 2020; Meert et al., 2020). No caso paranaense, as condições climáticas do Norte do Estado favorecem a regionalização da produção, gerando concentração espacial (Graef et al., 2016). A presença de mão de obra qualificada para a colheita mecanizada, aliada à oferta de incentivos fiscais por parte de alguns estados, também contribuiu para a atração de investimentos no setor.

A dinâmica econômica e espacial da produção de cana-de-açúcar no Paraná é influenciada por uma multiplicidade de fatores, incluindo eficiência técnica, práticas agrícolas, disponibilidade hídrica, condições de temperatura, qualidade e a fertilidade do solo, qualidade da matéria-prima, infraestrutura adequada, políticas públicas de fomento e variáveis de mercado – como a demanda interna e externa por açúcar e etanol. Trata-se de uma atividade diversificada, contemplando desde a produção de etanol, açúcar, cachaça, até a utilização para alimentação animal e fabricação de bioprodutos (Galafassi et al., 2021). Adicionalmente, elementos como o perfil do produtor (patronal ou familiar) e o porte da propriedade (grande, média ou pequena) moldam a estrutura territorial da produção e seus impactos socioeconômicos, resultando em dinâmicas heterogêneas (Araújo & Araújo Sobrinho, 2020).

Nesse contexto, espera-se que a produção esteja concentrada nas regiões Norte-Central, Noroeste e Norte-Pioneiro do Paraná, pois são áreas em que, segundo o relatório Sistema de Acompanhamento da Produção Canavieira (SAPCAN), abrigam grandes usinas de açúcar e álcool e açúcar (Brasil, 2024). Também é prevista uma concentração produtiva na região Sudoeste, voltada especialmente à alimentação animal (Galafassi et al., 2021). A distribuição espacial da produção pode ainda estar relacionada ao acesso ao crédito rural, instrumento que

viabiliza a aquisição de insumos agrícolas, tecnologias e equipamentos agrícolas, contribuindo para o aumento da produtividade (Fernandes, 2020). Assim, a produção de cana-de-açúcar no Paraná tende a apresentar uma distribuição espacial desigual, favorecendo a concentração de renda em determinados territórios.

A expansão da produção canavieira no Paraná, embora impulse indicadores econômicos, resulta desafios. Entre eles, está a redução do emprego formal (Mantovani et al., 2022), a acentuação das assimetrias territoriais por meio da maior dependência econômica dos produtores com as usinas (Galafassi et al., 2021), o que também gera pouca diversificação produtiva (Galafassi et al., 2021), além do fato que os contratos podem limitar a autonomia de pequenos produtores (Petrini et al., 2017). Além da crescente informalidade nos contratos de trabalhos (Mantovani et al., 2022) e da sazonalidade associada à cultura (Feltre & Benzaquen Perosa, 2020), outro desafio recai no corte manual da cana-de-açúcar que pode ocasionar alguns acidentes, exposição a poluentes, e sobrecargas física, mental e térmica (Leite et al., 2018).

Ambientalmente, a conversão de áreas para canaviais tem como consequências: compactação do solo (Bordonal et al., 2018), a emissão de gases do efeito estufa na produção de etanol (Bordonal et al., 2018; Mugica-Álvarez et al., 2018), à degradação do solo geradas por práticas de manejo impróprias e uso indiscriminado de agrotóxicos (Bordonal et al., 2018), redução de biodiversidade e contaminação de aquíferos (Scarpate et al., 2016), poluição do ar devido às queimadas praticadas para o corte (Bordonal et al., 2018; Mugica-Álvarez et al., 2018), embora em declínio devido à mecanização, entre outros fatores.

Diante disso, o presente estudo tem como objetivo analisar a dinâmica econômica e espacial da produção de cana-de-açúcar nos municípios paranaenses nos anos de 2006 e 2017, buscando responder as seguintes questões: (i) quais municípios e mesorregiões se destacam pela especialização nessa cultura?; (ii) houve concentração espacial e de renda nessas localidades?; (iii) a presença de usinas influencia a concentração espacial nessas localidades?; e (iv) se o uso do crédito rural contribui para a especialização e concentração da produção?

Além desta introdução, o trabalho está organizado em quatro seções: a seção 2 apresenta a revisão de literatura sobre a produção de cana-de-açúcar no Brasil e, especificamente, no Paraná; a seção 3 descreve os dados e a metodologia utilizados; a seção 4 traz a apresentação e discussão dos resultados; e, por fim, a seção 5 apresenta as considerações finais.

2 Fundamentação Teórica

O setor sucroenergético brasileiro possui uma importância histórica que remonta ao período colonial, consolidando-se, ao longo do tempo, como um dos principais pilares da economia nacional e do desenvolvimento regional. A cultura da cana-de-açúcar foi essencial para impulsionar o surgimento de atividades econômicas correlatas, como a criação de gado para tração e transporte, a extração de madeira para alimentar as fornalhas e a fabricação de caixas para exportação do açúcar. Além disso, exerceu papel de destaque em aspectos culturais, políticos e étnicos do país (Rodrigues & Ross, 2020).

A relevância econômica do setor sucroenergético abrange todas as etapas da cadeia produtiva, desde o cultivo da cana até sua industrialização, com a produção de açúcar, etanol e energia elétrica, e sua comercialização nos mercados interno e externo (Castro, 2014; Zheng et al., 2022). Pesquisas de Goebel et al. (2020) e Cunha et al. (2023) apontam momentos de expansão da produção, como o incentivo ao uso do etanol após 2003, bem como períodos de retração, como a crise econômica global de 2008. Esses ciclos foram influenciados por fatores como a

intervenção estatal, políticas de desregulamentação e medidas específicas voltadas ao setor, como o controle de preços dos combustíveis.

Devido à possibilidade de cultivo em diferentes regiões e épocas do ano - no Centro-Sul e no Norte-Nordeste do Brasil -, as agroindústrias do setor mantêm suas atividades de produção de forma contínua (Castro, 2014). Apesar da expressiva produção nacional, existem disparidades regionais em rendimento da produção, no volume produzido e na remuneração dos trabalhadores. Por exemplo, os empregados da região Centro-Sul tendem a receber salários mais elevados do que aqueles do Norte-Nordeste (Mantovani et al., 2022).

Camara & Caldarelli (2016) destacam que a produção de cana-de-açúcar promove o desenvolvimento regional, especialmente nos municípios produtores e suas áreas adjacentes, sobretudo quando há instalações de agroindústrias sucroenergéticas. A movimentação econômica e a geração de riqueza impulsionadas por esse setor seguem sendo relevante para o crescimento do país (Castro, 2014). O apoio financeiro do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) permitiu a entrada de diversos grupos econômicos no setor (Goebel et al., 2020), sendo que as maiores parcelas de crédito foram direcionadas às grandes empresas do ramo sucroalcooleiro (Barboza & Figueira, 2021).

No contexto paranaense, o Estado se destaca pela diversidade agrícola e pela especialização regional em determinadas culturas (Ponce et al., 2020). O Paraná integra o grupo dos principais estados produtores de cana-de-açúcar no Brasil, ao lado de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019). Suas extensas áreas de cultivo são favorecidas por uma topografia predominantemente plana e condições climáticas favoráveis, especialmente nas regiões Oeste, Noroeste e Norte do Estado (Graef et al., 2016).

A expansão da cana-de-açúcar no Paraná intensificou-se a partir da década de 1970, impulsionada por políticas federais como o Programa Nacional do Alcool (Proálcool) e pela crise da cafeicultura, que levou muitos produtores a substituírem os cafezais por canaviais em busca de maior rentabilidade (Shikida, 2014).

Dessa forma, a cana-de-açúcar consolidou-se como uma cultura de grande relevância no território paranaense, marcada por ciclos de expansão e retração que contribuíram para o desenvolvimento de diversas regiões. Torna-se, portanto, fundamental compreender a evolução dessa cultura no Estado, bem como identificar possíveis transformações na sua distribuição espacial e nas dinâmicas produtivas.

3 Metodologia

Este estudo baseou-se em dados dos Censos Agropecuários (CA) de 2006 e 2017, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), abrangendo informações sobre área colhida (ha), produção (t), produtividade (kg/ha^{-1}), e do Valor Bruto da Produção (VBP) da cana-de-açúcar (US\$) e Valor Bruto da Produção Agropecuária (US\$) referente aos 399 municípios do Estado do Paraná. Os valores monetários foram atualizados com base no Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), com referência a dezembro de 2023, e posteriormente convertidos para dólares americanos, utilizando a taxa de câmbio vigente em 29 de dezembro de 2023 (1 US\$ = R\$ 4,8407).

Complementarmente, foram utilizados dados da Matriz de Dados de Crédito Rural (MDCR), do Banco Central do Brasil (BCB), referente ao ano de 2017. As categorias analisadas incluíram o Programa Nacional de Agricultura Familiar (PRONAF), o Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (PRONAMP), o Crédito sem Vinculação a Programa Específico (CsV), e o Programa de Agricultura de Baixo Carbono (ABC+). além disso, foram incorporadas informações

da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), também para o ano de 2017, com intuito de identificar o número de trabalhadores formais empregados na produção de cana-de-açúcar.

A análise dos dados envolveu o cálculo do Quociente Locacional (QL) e do Índice de Hirschman-Herfindahl modificado (IHHm), bem como a aplicação da Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) e da Análise de Componentes Principais (ACP).

O Quociente Locacional foi utilizado para identificar os municípios paranaenses especializados na produção de cana-de-açúcar. Essa métrica permite avaliar o grau de especialização de uma região em determinada atividade econômica, em comparação com a média estadual ou nacional (Mantovani et al., 2024). Neste estudo, o QL foi calculado com base na metodologia de Isserman (1977), a partir da razão entre o VBP da cana-de-açúcar em cada município e o VBP da agropecuária total, conforme expressa a Equação 1:

$$QL = \frac{E_{ij}}{E_j} / \frac{E_i}{E} \quad (1)$$

sendo E_{ij} o Valor Bruto da Produção (VBP) da cana-de-açúcar (j) no município i ; E_j o VBP da cana-de-açúcar no Estado; E_i o VBP da agropecuária no município i ; e E o VBP da agropecuária no Estado. O valor do Quociente Locacional (QL) é interpretado da seguinte forma: valores superiores a 1 indicam que o município apresenta especialização na produção de cana-de-açúcar; valores inferiores a 1, por sua vez, indicam ausência de especialização nessa atividade.

Para minimizar o efeito de distorção do QL¹ - especialmente em municípios com baixa participação relativa - foi empregado o Índice de Hirschman-Herfindahl modificado (IHHm), conforme proposto por Crocco et al. (2006). Esse indicador permite avaliar a concentração da renda gerada pela produção agrícola. Um valor positivo de IHHm indica tendência de concentração da renda, revelando maior poder de atração da atividade produtiva naquele território. em contrapartida um valor negativo sugere baixa capacidade de atração e, conseqüentemente, menor concentração de renda oriunda da cana-de-açúcar.

A renda bruta gerada pela cultura é representada pelo VBP, que corresponde ao produto entre o preço de mercado e a quantidade produzida (Moraes-Oliveira et al., 2017). Dessa forma, considera-se que o VBP é equivalente à renda obtida com a atividade. O cálculo do IHHm seguiu a fórmula apresentada na Equação 2:

$$IHHm = \frac{E_{ij}}{E_j} - \frac{E_i}{E} \quad (2)$$

Além dos cálculos do Quociente Locacional (QL) e do Índice de Hirschman-Herfindahl modificado (IHHm), foi realizada a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) com o objetivo de identificar a existência de padrões espaciais na produção de cana-de-açúcar no Estado do Paraná. Para isso, foi utilizada uma matriz de contiguidade "rainha" de primeira ordem², em que os municípios que compartilham fronteiras físicas (incluindo vértices) com o município analisado são considerados seus vizinhos imediatos.

A primeira técnica aplicada para detectar dependência espacial foi o cálculo do coeficiente de autocorrelação espacial conhecido como I de Moran Global, desenvolvido por Moran (1948). Esse coeficiente permite avaliar a presença de autocorrelação espacial entre os valores da

¹ Em regiões pequenas, o QL pode superestimar o peso de determinadas atividades. Por outro lado, em regiões com uma estrutura produtiva diversificada, o QL pode subestimar a importância de algumas atividades (Crocco et al., 2006).

² A matriz de primeira ordem inclui apenas os vizinhos imediatos de cada região, ou seja, aqueles que estão em contato direto com ela.

variável analisada, indicando se municípios com valores semelhantes (altos ou baixos) estão espacialmente agrupados. O cálculo do I de Moran foi realizado com base na Equação 3:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n w_{ik} (y_i - \bar{y})(y_k - \bar{y})}{(\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n w_{ik}) \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (3)$$

Na Equação 3, n representa o número de municípios do Estado do Paraná; y_i corresponde ao Valor Bruto da Produção (VBP) total do município i ; y_k refere-se ao VBP do município k e \bar{y} é o VBP médio do estadual. A matriz binária w_{ik} assume valor 1 quando os municípios i e k são vizinhos (conforme a matriz de contiguidade do tipo "rainha"), e 0 caso contrário.

Para aprofundar a análise da autocorrelação, o I de Moran foi decomposto por meio do Indicador Local de Associação Espacial (LISA), conforme proposto por Anselin (1995). Essa técnica permitiu identificar padrões locais de homogeneidade ou heterogeneidade espacial, possibilitando a formação de agrupamentos estatisticamente significativos (*clusters*). Os padrões detectados foram classificados como: Alto-Alto (AA), Baixo-Baixo (BB) - indicando aglomerados espaciais positivos, e Alto-Baixo (AB) e Baixo-Alto (BA) - representando *outliers* espaciais. Para essa análise, adotou-se um nível de significância de 5%.

Por fim, com o objetivo de identificar padrões subjacentes nos dados e determinar as variáveis que mais contribuem para a configuração econômica e espacial observada, foi aplicada a Análise de Componentes Principais (ACP). A ACP concentrou especialmente em variáveis relacionadas ao crédito rural tais como: PRONAF, PRONAMP e ABC+. As variáveis incorporadas a análise incluíram: Valor Bruto da Produção (VBP), Quociente Locacional (QL), Índice de Hirschman-Herfindahl modificado (IHHm), PRONAF, PRONAMP, crédito rural sem vínculo a programa específico, e número de trabalhadores formais na produção de cana-de-açúcar e os programas citados anteriormente.

A ACP transforma as variáveis originais em um conjunto reduzido de componentes principais ortogonais, que retêm a maior a maior parte da variabilidade dos dados, eliminando problemas de multicolinearidade. Cada componente é uma combinação linear das variáveis originais. O primeiro componente explica a maior parte da variância, agrupando variáveis altamente relacionadas entre si; o segundo componente captura um novo conjunto de variáveis independentes do primeiro, e assim sucessivamente (Fávero & Belfiore, 2017).

Essa abordagem é particularmente eficaz na análise de dados econômicos e espaciais, nos quais múltiplos fatores podem estar inter-relacionados. Além disso, a visualização dos dados por meio da ACP facilita a identificação de *clusters*, *outliers* e outras estruturas relevantes, oferecendo uma perspectiva complementar às evidências obtidas com a AEDE.

4 Resultados e Discussão

Entre 2006 e 2017, a área colhida de cana-de-açúcar no Estado do Paraná apresentou um crescimento expressivo, passando de 337 mil hectares para 634 mil hectares, o que representa um aumento de 88% no período (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012, 2019). A produção também evoluiu, passando de 28 milhões para 37 milhões de toneladas, o que corresponde a uma elevação de 32%. Contudo, observou-se uma redução significativa na produtividade média, que caiu de 85 t/ha em 2006 para 59 t/ha em 2017 - uma queda de aproximadamente 30%.

Além das variações extremas de temperatura e precipitação destacadas por Flack-Prain et al. (2021), informações técnicas fornecidas pela Associação de Produtores de Bioenergia do Estado

do Paraná (ALCOPAR), indicam que tal redução decorre da combinação de diversos fatores climáticos e operacionais. Entre eles, destacam-se a ocorrência de geadas em anos críticos (2011, 2013, 2016), os déficits hídricos acima de 200 mm em diversas safras, a incidência de pragas, como *Sphenophorus levis*, e a transição acelerada da colheita manual para a mecanizada, que impactou temporariamente a eficiência produtiva. Esses achados reforçam a complexidade dos fatores que determinam a produtividade e indicam a importância de estratégias de adaptação tecnológica e gestão climática no setor.

A expansão da área cultivada foi particularmente expressiva na mesorregião Noroeste, cuja área aumentou de 113 mil hectares em 2006 para 353 mil hectares em 2017, passando a responder por mais de 50% da área total de cana-de-açúcar do estado (Tabela 1). Em contrapartida, a mesorregião Centro-Ocidental apresentou redução na área, de 23 mil hectares em 2006 para 20 mil hectares em 2017. Apesar dessas alterações, as mesorregiões Noroeste, Norte-Central e Norte Pioneiro concentraram, em 2017, cerca de 96,6% da área total de cultivo no Paraná somando 612 mil hectares.

Tabela 1. Área colhida (ha), quantidade produzida (t) e produtividade (t/ha) da cana-de-açúcar em 2006 e 2017 nas mesorregiões do Paraná

Mesorregião	Área colhida (ha)	%	Quantidade produzida (t)		Produtividade (t/ha)
			2006	2006	
2006					
Noroeste	112.840	33,46	8.059.589	28,11	71,43
Centro-Ocidental	22.649	6,72	1.734.483	6,05	76,59
Norte-Central	131.140	38,88	14.219.708	49,59	108,44
Norte Pioneiro	66.538	19,73	4.476.892	15,61	67,29
Centro-Oriental	189	0,06	7.987	0,03	42,26
Oeste	514	0,15	16.928	0,06	32,94
Sudoeste	986	0,29	24.417	0,09	24,77
Centro-Sul	1.699	0,50	108.264	0,38	63,73
Sudeste	202	0,06	8.394	0,03	41,56
Metropolitana de Curitiba	519	0,15	15.624	0,05	30,11
Paraná	337.276	100	28.672.286	100	85,01
2017					
Noroeste	352.810	55,70	19.830.959	52,45	56,21
Centro-Ocidental	19.894	3,14	1.212.116	3,21	60,93
Norte-Central	178.157	28,13	12.460.537	32,96	69,95
Norte Pioneiro	80.782	12,75	4.249.209	11,24	52,61
Centro-Oriental	73	0,01	2.209	0,01	30,27
Oeste	458	0,07	14.543	0,04	31,76
Sudoeste	522	0,08	21.798	0,06	41,76
Centro-Sul	216	0,03	5.384	0,01	24,93
Sudeste	47	0,01	1.284	0,00	27,32
Metropolitana de Curitiba	458	0,07	7.956	0,02	17,38
Paraná	633.417	100	37.805.995	100	59,69

Fonte: Elaborada com base nos dados dos censos agropecuários de 2006 e de 2017.

A produção da cana-de-açúcar também permaneceu concentrada nessas regiões, refletindo uma estrutura produtiva territorialmente delimitada. Essa concentração contribuiu para impactos socioeconômicos positivos, como o aumento do Produto Interno Bruto (PIB) municipal, geração de empregos e incentivo ao uso sustentável dos recursos naturais (Moraes et al., 2016; Silva et al., 2021). Em 2006, as mesorregiões Norte-Central, Centro-Ocidental, Noroeste e Norte Pioneiro já respondiam por 93% da produção estadual, esse percentual subiu para 97% em 2017 (Tabela 1). Ainda que tenham ocorrido alterações na ordem de destaque entre as regiões, com o Noroeste superando o Norte-Central, a centralidade dessas áreas na produção estadual foi mantida.

Contudo, os dados evidenciaram que o crescimento do setor decorreu mais da expansão da área cultivada do que do que de avanços na produtividade. A redução da produtividade paranaense reflete limitações técnicas e climáticas, semelhantes às observadas por Fernandes (2020) no Estado de São Paulo. Fatores como o armazenamento de água no solo e a acumulação de graus-dias ao longo do ciclo de cultivo exercem influência direta sobre o desempenho da cultura (Viana et al., 2023). A ausência de práticas tecnológicas adequadas – como irrigação eficiente e modernização nos sistemas de cogeração – também contribuiu para a queda na eficiência produtiva. Nesse sentido, Dias et al. (2015) sugerem que a adoção de técnicas modernas poderia elevar os níveis de produtividade e reduzir perdas no processo. Scarpate et al. (2016) reforçam essa análise, destacando a importância de estratégias de manejo hídrico para mitigar os efeitos da escassez de água.

Dentre as mesorregiões, apenas o Sudoeste apresentou crescimento na produtividade durante o período analisado. Nessa região, a cana-de-açúcar é cultivada predominantemente para fins não industriais, sendo destinada à alimentação animal e à produção de derivados como melado, açúcar mascavo, rapadura e cachaça, principalmente por meio de agroindústrias familiares localizadas em municípios como Capanema, Guaraniaçu e Marechal Cândido Rondon (Galafassi et al., 2021; Nepomoceno et al., 2023).

Do ponto de vista monetário, observou-se que o Valor Bruto da Produção (VBP) da cana-de-açúcar no Estado do Paraná passou de US\$ 652 milhões em 2006 para US\$ 741 milhões em 2017, representando um crescimento de 14% no período (Tabela 2). As mesorregiões Norte-Central e Noroeste destacaram-se como as principais responsáveis por esse desempenho, refletindo suas posições de liderança na produção estadual.

Tabela 2. Valor Bruto da Produção (VBP) da cana-de-açúcar (em US\$) e concentração do VBP da cana-de-açúcar (em percentual) nas mesorregiões do Paraná em (a) 2006 e (b) 2017

(a) 2006			(b) 2017		
Mesorregião	VBP (em US\$)	%	Mesorregião	VBP (em US\$)	%
Norte-Central	\$300.259.132,66	46	Noroeste	\$383.252.524,80	52
Noroeste	\$214.223.726,30	33	Norte-Central	\$232.960.164,50	31
Norte Pioneiro	\$93.541.575,04	14	Norte Pioneiro	\$92.953.830,53	13
Centro-Ocidental	\$31.350.705,30	5	Centro-Ocidental	\$24.035.867,71	3
Oeste	\$6.973.155,57	1	Sudoeste	\$3.417.714,37	0
Centro-Sul	\$2.944.639,40	0	Oeste	\$2.140.180,00	0
Sudoeste	\$1.701.622,00	0	Centro-Sul	\$949.429,17	0
RM Curitiba	\$818.283,95	0	RM Curitiba	\$ 883.692,81	0
Centro-Oriental	\$375.808,46	0	Sudeste	\$311.671,10	0
Sudeste	\$291.399,41	0	Centro-Oriental	\$146.176,92	0
Paraná	\$652.390.048,09	100	Paraná	\$741.021.251,88	100

Fonte: Elaborada com base nos dados dos censos agropecuários de 2006 e de 2017.

Em 2006, a mesorregião Norte-Central foi a maior contribuinte para o VBP da cana-de-açúcar no Estado, com cerca de US\$ 300 milhões – valor que correspondia a 46% do total estadual. Já em 2017, essa liderança passou para a mesorregião Noroeste, que alcançou aproximadamente US\$ 383 milhões, o que equivale a 52% do VBP estadual. Essa mudança está diretamente relacionada à significativa expansão da área colhida nessa região ao longo do período analisado (Tabela 1).

Entre 2006 e 2017, o crescimento do Valor Bruto da Produção (VBP) da cana-de-açúcar no Estado do Paraná esteve relacionado, principalmente, à expansão da área colhida, e não ao aumento da produtividade (Tabela 1), comportamento também observado por Fernandes (2020). Destaca-se que a mesorregião Norte-Central, caracterizada por elevada concentração produtiva, contribuiu de forma significativa para o VBP estadual, diferentemente das mesorregiões com baixa produção, como a Metropolitana de Curitiba e a Sudeste.

Ao se considerar os municípios individualmente, observa-se que em 2006 o município de Bom Sucesso liderava com um VBP de US\$ 54 milhões. Já em 2017, Centenário do Sul assumiu essa posição, com cerca de US\$ 25 milhões. Ambos os municípios pertencem à mesorregião Norte-Central que, mesmo apresentando redução tanto na área colhida quanto na produção total (Tabela 1), manteve-se como um importante polo de geração de valor na cadeia da cana-de-açúcar no Paraná (Tabela 2).

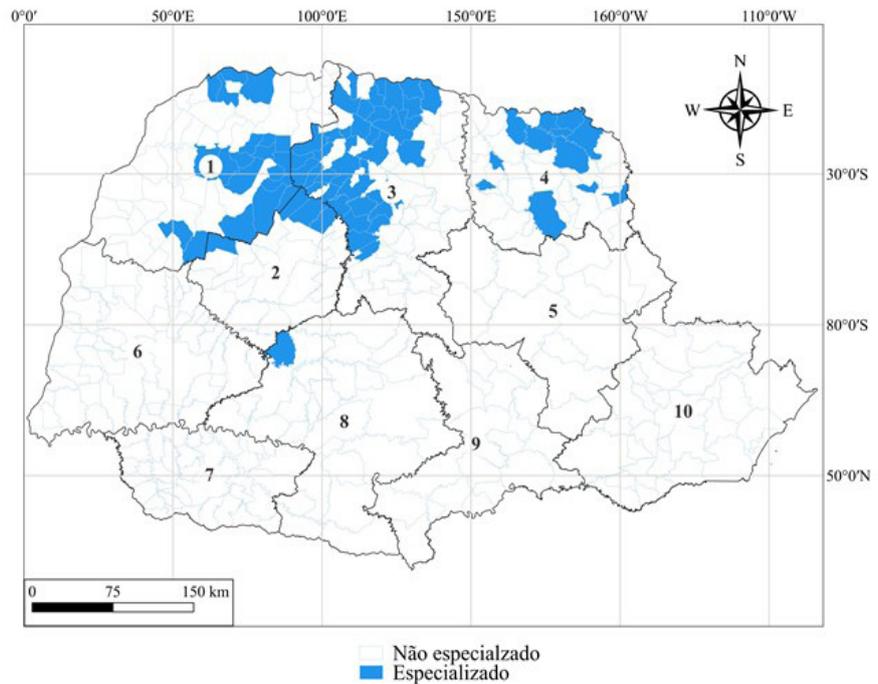
Esse padrão está em consonância com a ampliação do número de municípios especializados na produção de cana-de-açúcar, que passou de 77 em 2006, para 94 em 2017 – um aumento de 22% (Figura 1a). Em 2006, 72 dos municípios especializados estavam localizados nas mesorregiões Noroeste, Norte-Central e Norte Pioneiro, correspondendo a 93,5% do total. Em 2017, esse número subiu para 89 municípios nessas mesmas regiões, representando 94,7% dos especializados no Estado. Destaca-se que a mesorregião Noroeste concentrou o maior número de municípios especializados em 2017 (47 no total), enquanto as mesorregiões Norte-Central e Norte Pioneiro apresentaram uma queda de 15% no número de municípios com especialização na cultura entre 2006 e 2017 (Figura 1b).

Apesar dessas alterações, a dinâmica econômica e produtiva da cana-de-açúcar manteve-se concentradas nas mesorregiões Noroeste, Norte-Central e Norte Pioneiro, que continuam a reunir o maior número de municípios especializados (Figura 2). Essa permanência está relacionada, em grande medida, às condições climáticas favoráveis dessas regiões, que proporcionam maior viabilidade à expansão da cultura (Clein et al., 2021).

A especialização observada nos municípios paranaenses pode estar associada tanto ao acesso ao crédito rural – direcionado para pequenos, médios e grandes produtores, – quanto à presença de grandes usinas sucroalcooleiras (Brasil, 2024). Essa relação corrobora os achados de Tomei et al. (2020), que identificaram uma associação positiva entre a presença de usinas de cana-de-açúcar e indicadores de desenvolvimento humano, como o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). No Mato Grosso do Sul, os municípios com usinas instaladas apresentaram desempenhos superiores em termos de IDH em comparação àqueles sem esse tipo de infraestrutura, sugerindo que a instalação de empreendimento sucroenergético pode impulsionar o desenvolvimento local. No entanto, tais benefícios tendem a se concentrar em localidades que já possuem maior grau de desenvolvimento econômico. Além disso, Postal et al. (2020) argumentam que a expansão da cultura da cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil gerou efeitos econômicos positivos, como aumento da renda e geração de empregos. Contudo, esses ganhos foram acompanhados por conflitos socioambientais, em função da pressão exercida sobre os recursos naturais e comunidades locais. No contexto paranaense, os resultados deste estudo sugerem que os efeitos econômicos observados – como o crescimento do VBP da cana-de-açúcar (Tabela 2) – refletem a percepção positiva de atores locais em municípios

com usinas, que destacam o dinamismo econômico e a ampliação das oportunidades de trabalho nessas localidades.

a. 2006



b. 2017

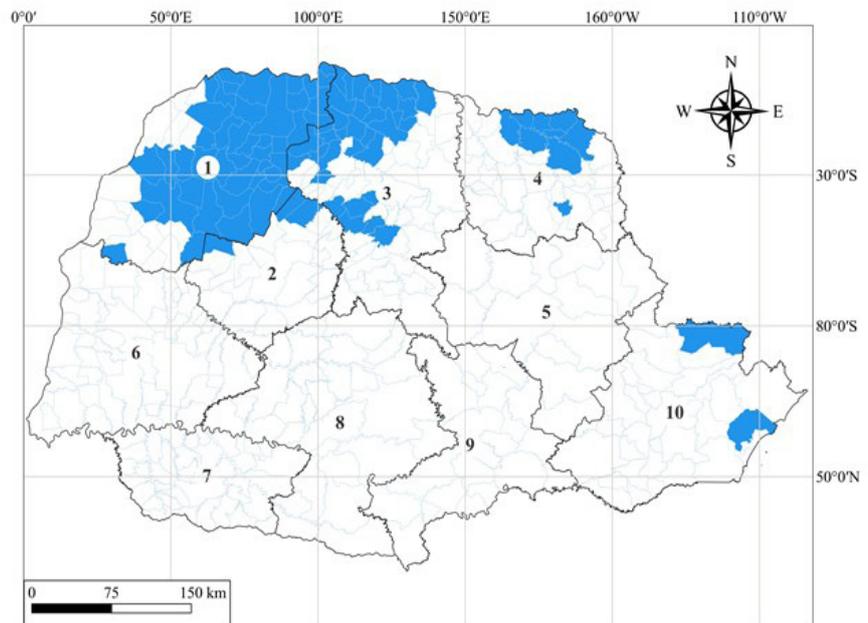


Figura 1. Municípios paranaenses especializados na produção de cana-de-açúcar, em (a) 2006 e (b) 2017. Notas: Mesorregiões do Paraná: (1) Noroeste; (2) Centro-Occidental; (3) Norte-Central; (4) Norte Pioneiro; (5) Centro-Oriental; (6) Oeste; (7) Sudoeste; (8) Centro-Sul; (9) Sudeste; (10) Região Metropolitana de Curitiba.

Fonte: Baseado em dados dos censos agropecuários de 2006 e 2017 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012, 2019, 2025).

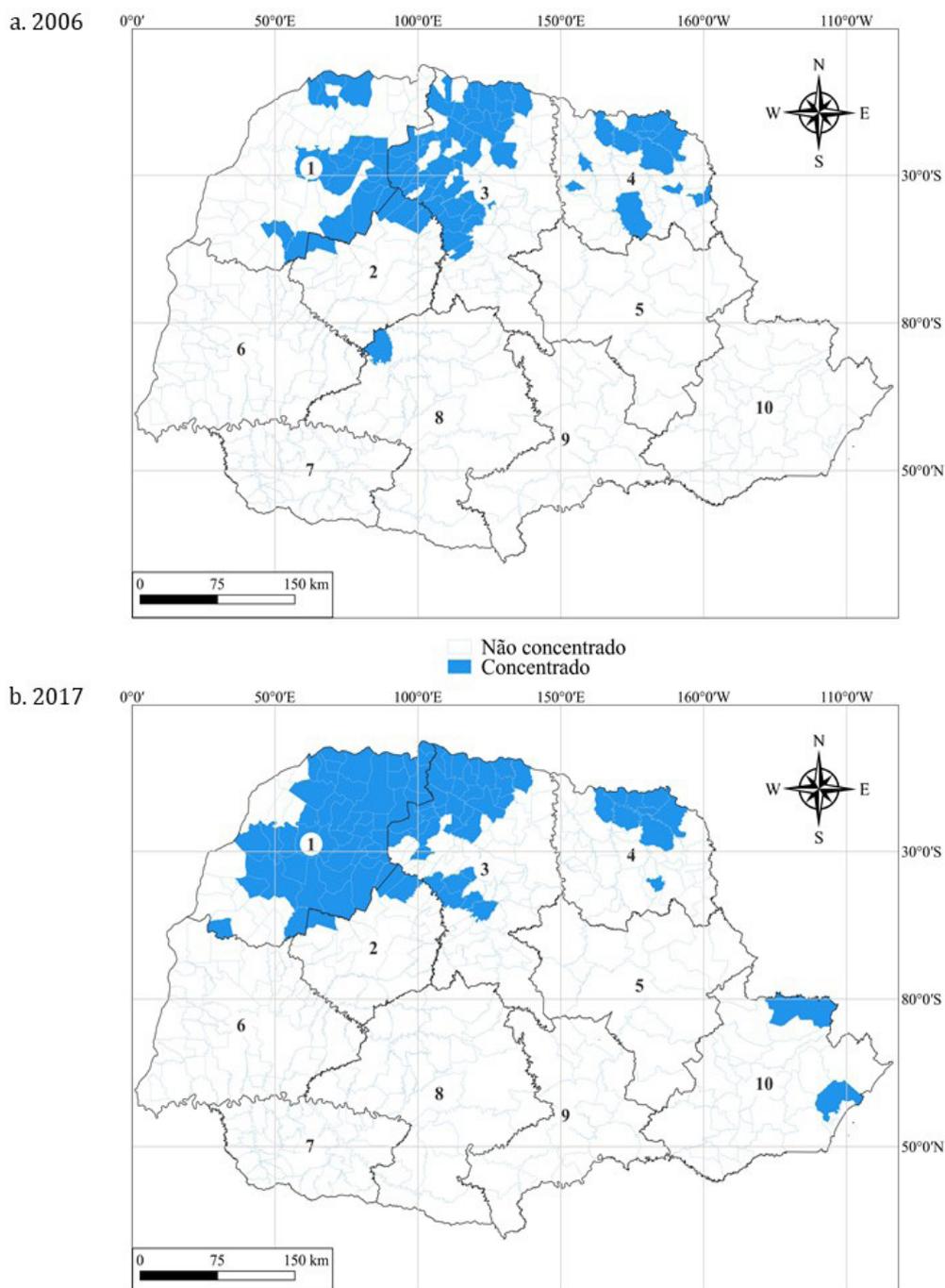


Figura 2. Municípios paranaenses que concentram (IHHm) a renda gerada pelo cultivo de cana-de-açúcar, em (a) 2006 e (b) 2017. Notas: Mesoregiões do Paraná: (1) Noroeste; (2) Centro-Occidental; (3) Norte-Central; (4) Norte Pioneiro; (5) Centro-Oriental; (6) Oeste; (7) Sudeste; (8) Centro-Sul; (9) Sudeste; (10) Região Metropolitana de Curitiba.

Fonte: Baseado em dados dos censos agropecuários de 2006 e 2017 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012, 2019, 2025).

A Figura 2 evidencia que o padrão de municípios especializados é coincidente com os municípios que concentram a renda da cana-de-açúcar. Em outras palavras, os municípios especializados (Figura 1) são os que concentram os ganhos econômicos gerados pela atividade (Figura 2). Essa

concentração, confirmada pelo Índice de Hirschman-Herfindahl modificado (IHHm), foi verificada em quatro mesorregiões: Norte-Central, Norte Pioneiro, Noroeste e Centro-Ocidental – as principais produtoras do estado –, corroborando com os estudos de Shikida & Souza (2009) e Galafassi et al. (2021). Ressalta-se que a localização estratégica das agroindústrias canavieiras no Paraná é fator determinante na configuração dessa dinâmica produtiva (Graef et al., 2016).

Os padrões regionais de especialização e de concentração de renda associados à produção de cana-de-açúcar no Paraná em consonância com as conclusões de Petrini et al. (2017), que apontam que a intensificação da monocultura da cana promove a especialização econômica regional, frequentemente em detrimento da diversificação produtiva e da resiliência socioeconômica.

Tomei et al. (2020) reforçam que tanto o acesso a recursos financeiros quanto a proximidade de unidades industriais influenciam diretamente na concentração produtiva e nos benefícios econômicos e sociais gerados pela atividade sucroenergética. Contudo, é necessário considerar os riscos associados à ampliação das desigualdades regionais, visto que os ganhos tendem a se concentrar em áreas já desenvolvidas, o que pode perpetuar disparidades socioeconômicas estruturais (Viana et al., 2023).

A tendência de deslocamento e concentração da produção para o Norte do Paraná está associada a uma combinação de fatores, como condições edafoclimáticas, favoráveis, variações sazonais (safra e a entressafra), custos de transporte, disponibilidade de insumos, infraestrutura e oferta de mão-de-obra – elementos que favorecem um melhor desempenho produtivo (Ponce et al., 2020; Galafassi et al., 2021). A importância econômica da cana-de-açúcar para as agroindústrias reside, sobretudo, em sua capacidade de geração de empregos e renda, dado que a produção de açúcar e etanol depende diretamente da quantidade de matéria-prima disponível (Castro, 2014).

Os impactos socioeconômicos gerados pelo complexo sucroenergético também são abordados por Shikida & Souza (2009), que analisaram a instalação de uma agroindústria e constataram seus efeitos positivos na geração de empregos diretos durante o período de safra, e além dos impactos indiretos sobre outros setores, como comércio, serviços, administração pública, e atividades relacionadas, como fornecimento de maquinários, fertilizantes, e distribuição de combustíveis e transferências de receitas. Moraes et al. (2016) corroboram esses achados ao apontar que a presença de agroindústrias sucroenergéticas promove efeitos positivos tanto no município sede quanto nas localidades vizinhas, contribuindo tanto para o desenvolvimento humano, econômico e social, em razão de seus efeitos espaciais e intertemporais.

Dessa forma, identificar as regiões especializadas na produção de cana-de-açúcar, bem como monitorar seus indicadores de concentração e evolução ao longo do tempo, é fundamental para subsidiar o planejamento territorial e a formulação de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento regional. Também é essencial orientar a alocação de recursos, como o crédito rural (Telles et al., 2017).

A partir da Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), foi possível constatar a existência de autocorrelação espacial positiva na produção de cana-de-açúcar no Paraná (Figura 3). Os coeficientes estimados do I de Moran Global foram de $I = 0,49$ para o ano de 2006 e $I = 0,76$ para 2017, ambos estatisticamente significativos ao nível de 5%.

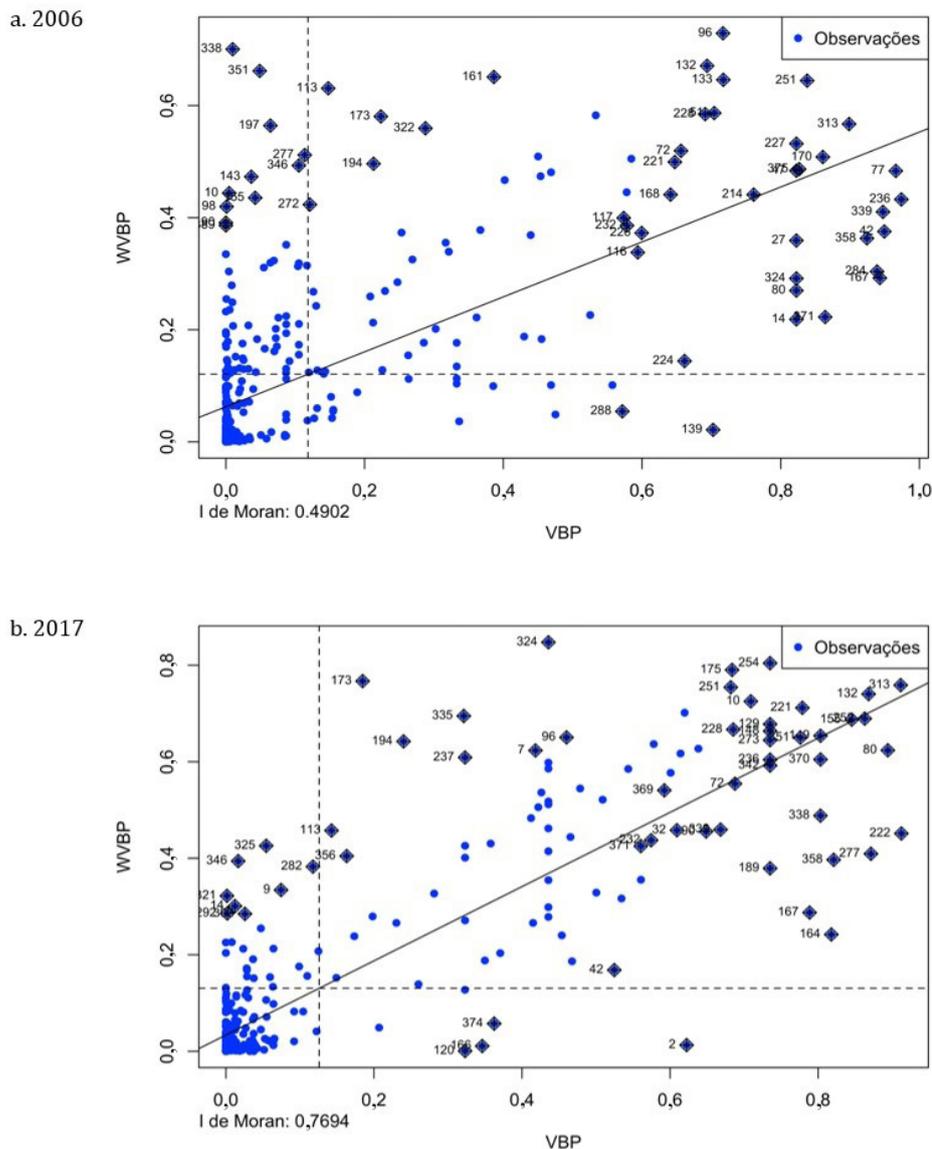


Figura 3. I de Moran para valores brutos da produção (VBP) de cana-de-açúcar em % dos municípios paranaenses em (a) 2006 e (b) 2017. Nota: Ambos os valores de Moran foram estatisticamente significativos a 5%.

Fonte: Baseado em dados dos censos agropecuários de 2006 e 2017 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012, 2019, 2025).

A partir da aplicação do Indicador Local de Associação Espacial (LISA) identificaram-se padrões de homogeneidade e heterogeneidade na distribuição do Valor Bruto da Produção (VBP) da cana-de-açúcar no território paranaense, evidenciando autocorrelação espacial concentrada em regiões específicas do Estado (Figura 4). Os municípios com elevados valores de VBP tendem a estar próximos de outros com desempenho semelhante, formando agrupamentos do tipo Alta-Alto, concentrados principalmente nas mesorregiões Noroeste, Norte-Central e Norte Pioneiro.

De forma análoga, foram identificados agrupamentos Baixo-Baixo, nos quais municípios com baixos valores de VBP de cana-de-açúcar estão cercados por vizinhos com igual desempenho reduzido. Esses *clusters* estão, em sua maioria, localizados nas mesorregiões Metropolitana

de Curitiba, Sudeste, Centro-Sul, Centro-Oriental e Sudoeste, regiões com reduzido volume de produção e baixos valores monetários da cultura, como indicado anteriormente.

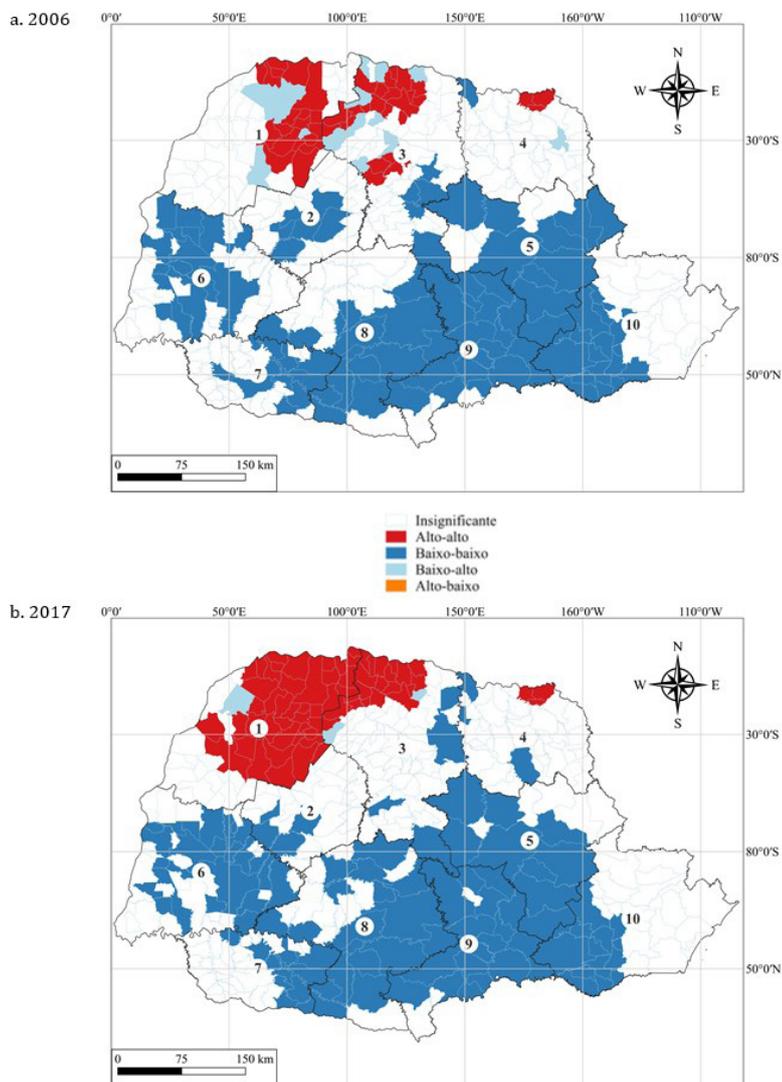


Figura 4. Formação de *cluster* espaciais para os valores brutos da produção (VBP) da cana-de-açúcar nos municípios paranaenses em (a) 2006 e (b) 2017. Notas: Alto-Alto denota concentrações espaciais de valores elevados, Baixo-Baixo representa aglomerados espaciais de valores baixos, Alto-Baixo implica que uma unidade espacial com um valor alto está circundada por unidades de valores baixos, enquanto uma unidade espacial Baixo-Alto é formada por um valor baixo que está cercada por unidades de valores alto. Mesorregiões do Paraná – (1) Noroeste; (2) Centro-Occidental; (3) Norte-Central; (4) Norte Pioneiro; (5) Centro-Oriental; (6) Oeste; (7) Sudoeste; (8) Centro-Sul; (9) Sudeste; (10) Região Metropolitana de Curitiba.

Fonte: Baseado em dados dos censos agropecuários de 2006 e 2017.

Durante a análise das linhas de crédito utilizadas nos municípios especializados, observou-se que 72% do montante solicitado corresponde ao crédito sem vinculação, seguido pelo PRONAMP (22%), PRONAF (5%) e ABC+ (1%). Entre os 399 municípios do Estado do Paraná, os 94 especializados (24% do total) demandaram recursos para o financiamento da produção de cana-de-açúcar. O crédito mais solicitado foi aquele sem vinculação a programas, o que

pode ser explicado pela atuação de grandes grupos usineiros, que, por dispor de maior capital (Graef et al., 2016), possuem mais facilidade no acesso a empréstimos e financiamentos (Barboza & Figueira, 2021).

A especialização produtiva nas mesorregiões Noroeste e Norte Pioneiro está associada não apenas ao aumento do VBP e à geração de empregos, mas também ao aprofundamento das desigualdades regionais, conforme apontado por Tomei et al. (2020) e Petrini et al. (2017). Petrini et al. (2017) destacam que, em Goiás, os contratos de arrendamento de terras para usinas beneficiaram pequenos proprietários no curto prazo, mas resultaram em perda de autonomia produtiva e dificuldades de retorno às atividades agrícolas originais. Dinâmica é semelhante à que ocorre no Paraná, onde o acesso ao crédito rural e os contratos de arrendamento contribuem para a concentração da produção em grandes propriedades, conforme discutido anteriormente.

A relação entre os programas de crédito e o cultivo da cana-de-açúcar foi analisada por meio da Análise de Componentes Principais (ACP), que permite observar o comportamento das variáveis e seus arranjos multivariados (Crocco et al., 2006). A ACP transforma variáveis originais em componentes principais ortogonais entre si. O primeiro componente explica a maior proporção da variância total e agrupa variáveis altamente correlacionadas; o segundo, por sua vez, captura um novo conjunto de variáveis independentes do primeiro, e assim sucessivamente (Fávero & Belfiore, 2017).

A utilização da ACP teve como objetivo identificar padrões e relações entre as variáveis selecionadas, com vistas a compreender o comportamento dos municípios especializados e os fatores que influenciam a concentração de renda no setor sucroenergético. A análise considerou exclusivamente o ano de 2017, em função das limitações na base de dados da MDCR, e incluiu os 94 municípios classificados como especializados segundo o Quociente Locacional (QL), além das seguintes variáveis: VBP da cana-de-açúcar, QL, IHHm, número de trabalhadores formais no setor; e volume de crédito rural contratado via PRONAF, PRONAMP, ABC+ e crédito sem vínculo. As combinações lineares obtidas estão apresentadas na Tabela 3.

Após identificar os municípios especializados, realizou-se uma análise utilizando o método da ACP para examinar a correlação³ entre as variáveis selecionadas e avaliar a influência do novo conjunto formado. Os resultados revelaram a formação de dois novos componentes, os quais em conjunto explicam 91% da variação observada (Figura 5).

O primeiro componente, responsável por 67% da variação, é formado pelas variáveis QL, VBP e IHHm, que apresentam correlação positiva entre si (Tabela 3). Esse componente está associado aos municípios das mesorregiões Noroeste e Norte-Central, que se destacam por apresentarem elevado VBP, alta especialização (Figura 1) e concentração de renda e produção (Figuras 2 e 4), como ilustrado pelos municípios de Centenário do Sul e Mirador (Figura 5).

O segundo componente, que responde por 24% da variação, agrupa as variáveis PRONAF e PRONAMP (Tabela 3), exercendo influência sobre determinados municípios das mesorregiões Noroeste e Norte-Central. Esse componente apresenta relação inversa ao primeiro (Figura 5) e pode ser interpretado a partir da atuação de pequenos produtores que cultivam a cana-de-açúcar e entregam sua produção às agroindústrias mediante contratos atípicos, sem regulamentação específica, ou por meio de contratos CCT (corte, carregamento e transporte), que repassam parte dos custos ao agricultor (Castro, 2014).

Garcias & Kassouf (2016) confirmam a importância do PRONAF no apoio à agricultura familiar, promovendo o acesso ao crédito rural. Já o PRONAMP foi criado para atender aos médios e grandes produtores. Fernandes (2020) destaca que o aumento da produção está relacionado

³ Na Tabela A1, no Apêndice, é apresentada a correlação das variáveis analisadas.

à ampliação do crédito rural, refletido no crescimento da área cultivada, ainda que isso não implique, necessariamente, em ganhos de produtividade. Cavinato & Capitani (2023) observam que a atuação de cooperativas na região Sul reflete o dinamismo das atividades agroindustriais locais. Barboza & Figueira (2021) acrescentam que grandes empresas possuem maior facilidade no acesso ao crédito sem vínculo a programas, em comparação com empresas de menor porte.

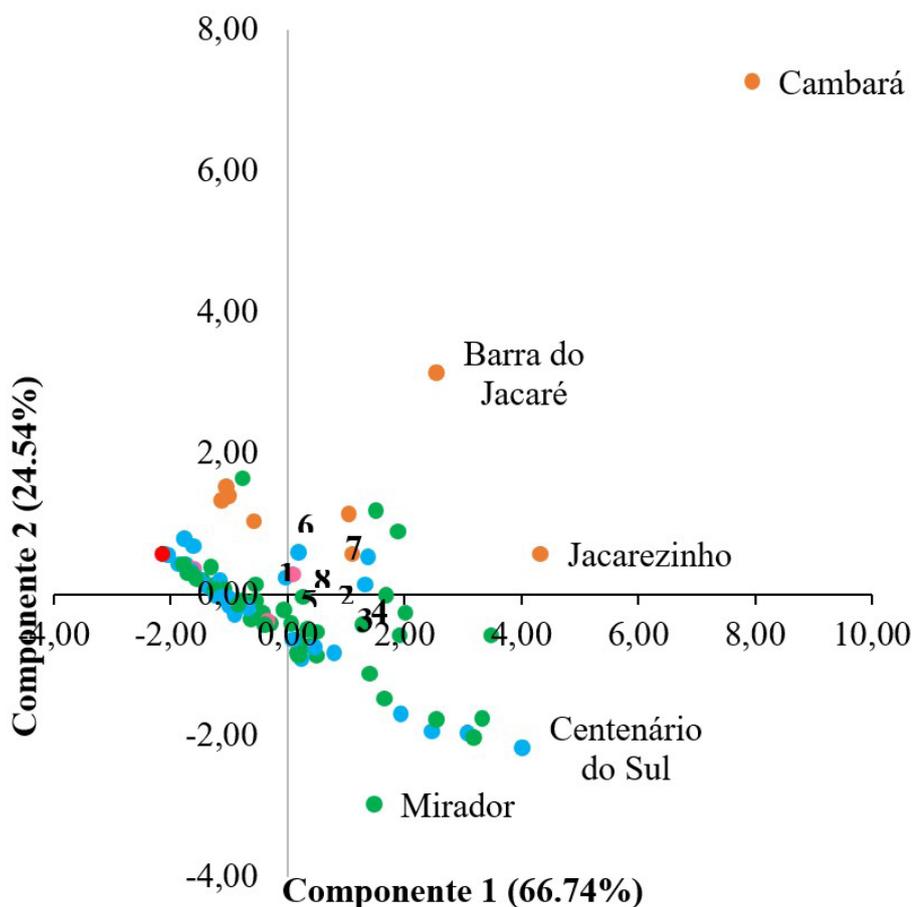


Figura 5. Análise dos componentes principais (ACP) da produção de cana-de-açúcar no ano de 2017. Nota: Variáveis utilizadas: 1-Número de trabalhadores; 2-VBP; 3-QL; 4-IHHm; 5-ABC+; 6-PRONAF; 7-PRONAMP; 8- C S/V. Municípios pertencentes ao Norte Pioneiro; Municípios pertencente ao Noroeste; Municípios pertencente ao Norte-Central; Municípios pertencente ao Centro-Occidental; Municípios pertencentes à região Metropolitana de Curitiba. QL – Quociente Locacional, IHHm – índice de Hirschman-Herfindahl modificado, VBP – Valor Bruto da Produção, PRONAF – Programa Nacional de Agricultura Familiar, PRONAMP – Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural, Programa ABC+ – Programa de Agricultura de Baixo Carbono. Nesta análise foram considerados os 94 municípios especializados na análise do Quociente Locacional (QL).

Fonte: Elaborado com dados do censo agropecuário 2017, Banco Central do Brasil (2022) e Relação anual de informações sociais (Brasil, 2022).

A mesorregião Norte Pioneiro se destaca por ser influenciada simultaneamente pelos dois componentes identificados na ACP (Figura 5), conforme evidenciado nos municípios de Cambará e Barra do Jacaré, ambos destacados na referida figura. Esses municípios representam casos atípicos dentro da amostra, pois apresentam correlação tanto com o primeiro quanto com o segundo componente. Tal padrão indica que sua produção agrícola está fortemente

direcionada ao setor sucroenergético, e que sua posição geográfica é estratégica, uma vez que se situam entre municípios que possuem agroindústrias instaladas, facilitando o escoamento da cana-de-açúcar após a colheita. Essas evidências corroboram os achados do estudo sobre cadeias produtivas desenvolvido por Dias (2021), no qual se observou que, em média, uma agroindústria sucroenergética abrange a produção de aproximadamente cinco municípios vizinhos, reforçando o papel articulador dessas unidades industriais no território.

Tabela 3. Combinações lineares da análise de componentes principais (ACP)

Variável	Componentes	
	Fatores de concentração	Fatores de créditos
QL	0,7209	-0,3537
IHHm	0,9610	-0,2239
VBP	0,9419	-0,1971
PRONAF	0,4470	0,6408
PRONAMP	0,5207	0,6721
Crédito sem vínculo	0,3886	0,0518
Programa ABC+	0,0589	-0,0813
Número de trabalhadores	0,0741	0,0550

Fonte: Elaborado com dados do censo agropecuário 2017, Banco Central do Brasil (2022) e Relação anual de informações sociais (Brasil, 2022). Nota: QL – Quociente Locacional, IHHm – índice de Hirschman-Herfindahl modificado, VBP – Valor Bruto da Produção, PRONAF – Programa Nacional de Agricultura Familiar, PRONAMP – Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural, Programa ABC+ – Programa de Agricultura de Baixo Carbono.

Essas descobertas fornecem elementos relevantes sobre os padrões de especialização e distribuição de recursos em diferentes regiões do Paraná, evidenciando a diversidade de fatores que influenciam o desenvolvimento econômico e social em nível municipal. Observou-se que o cultivo da cana-de-açúcar nos municípios especializados é respaldado por um elevado Valor Bruto da Produção (VBP), o que justifica os altos níveis de especialização, a concentração produtiva e a formação de aglomerados espaciais ao longo do tempo.

As mesorregiões localizadas ao norte do Estado, dotadas de condições edafoclimáticas favoráveis e infraestrutura de transporte e comercialização, concentram a maior parte dos municípios especializados na produção de cana-de-açúcar. Nesse contexto, o acesso ao crédito rural, especialmente via PRONAF e PRONAMP, exerce influência direta sobre pequenos e médios produtores, agroindústrias familiares e sobre a produção voltada à alimentação animal.

Entretanto a linha de crédito mais utilizada foi aquela sem vínculo a programas específicos, o que sugere predominância de grandes grupos produtores, com maior capacidade de capitalização e aplicação tecnológica. Esse cenário é consistente com Aquino et al. (2018), que apontam a ampliação de recursos para a agricultura empresarial. Tecnologias como o sensoriamento remoto e a análise espectro-temporal, destacadas por Cechim Júnior et al. (2020) e Branco et al. (2019) têm contribuído para a localização estratégica de usinas, sendo fundamentais para o monitoramento do uso do solo e a redução dos custos logísticos. No Paraná, essas ferramentas se mostram indispensáveis ao planejamento sustentável da expansão do setor sucroenergético.

5 Conclusões

O presente estudo teve como objetivo analisar a dinâmica econômica e espacial da produção de cana-de-açúcar nos municípios paranaenses, considerando variáveis como a área colhida, produção, produtividade e Valor Bruto da Produção (VBP). A análise baseou-se em dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017 do IBGE, utilizando metodologias como Quociente

Locacional (QL), Índice de Hirschman-Herfindahl modificado (IHHm) e Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), além da Análise de Componentes Principais (ACP) com base nos dados da MDCR do Banco Central do Brasil (BCB).

Os resultados confirmaram as hipóteses inicialmente formuladas, destacando a concentração da produção de cana-de-açúcar nas mesorregiões Norte-Central, Norte Pioneiro e Noroeste, impulsionada pela presença de grandes usinas de açúcar e etanol. Essas regiões apresentaram alta especialização produtiva e concentração de renda, com os municípios especializados desempenhando papel central no aumento do VBP. Esse crescimento, no entanto, foi decorrente da expansão da área cultivada e da produção, e não de melhorias na produtividade. Os indicadores QL e IHHm esse padrão de concentração, evidenciando a consolidação de especialização produtiva nas principais regiões produtoras.

A análise espacial revelou autocorrelação positiva e estatisticamente significativa, com a formação de *clusters* do tipo Alto-Alto nas mesorregiões Noroeste, Norte-Central e Norte Pioneiro, indicando que municípios com elevados valores de VBP estão circundados por outros de características semelhantes

A ACP demonstrou uma relação direta entre o VBP e os indicadores de especialização (QL) e concentração (IHHm), apontando que os municípios com maior valor da produção também concentram renda. O segundo componente da análise evidenciou o papel dos programas de crédito PRONAF e PRONAMP, associados à especialização de municípios com perfil produtivo mais voltado à agricultura familiar ou de médio porte.

O estudo também revelou contrastes regionais: enquanto as mesorregiões do norte do Estado se destacam pela produção destinada às usinas de açúcar e etanol, outras áreas, como o Sudoeste, apresentam perfil diferenciado, voltado à produção de alimentos derivados da cana-de-açúcar, como melado, rapadura e cachaça, em estruturas produtivas. Essa diversidade produtiva revela múltiplas dinâmicas econômicas associadas à cultura no território paranaense.

Apesar das limitações inerentes aos dados disponíveis, esta pesquisa oferece importantes contribuições para a compreensão das dinâmicas econômicas e espaciais da produção de cana-de-açúcar no Paraná, evidenciando desigualdades na distribuição dos benefícios econômicos e sociais. Além disso, oferece subsídios relevantes para formulação de políticas públicas, especialmente voltadas ao planejamento territorial e ao uso estratégico do crédito rural.

Por fim, destaca-se que investigações futuras poderiam se beneficiar da aplicação de técnicas de modelagem econométrica, como regressões espaciais, para mensurar o impacto de fatores explicativos, como crédito rural, políticas públicas e características institucionais locais, sobre a concentração da produção de cana-de-açúcar. Essa abordagem permitiria avançar na identificação de relações causais e na formulação de políticas mais precisas voltadas ao desenvolvimento regional. Além disso, pode-se explorar a incorporação de variáveis socioambientais que permitam uma análise mais abrangente dos impactos da expansão canavieira, abrangendo os aspectos sociais e ambientais, como o tipo de semente utilizada, a degradação do solo, condições de trabalho e saúde, entre outras.

Contribuições dos autores:

LCDGL: Pesquisa; Curadoria de dados; Redação do manuscrito original. GGM: Conceitualização; Pesquisa; Curadoria de dados; Redação do manuscrito original; Redação - revisão e edição. WP: Conceitualização; Pesquisa; Curadoria de dados; Redação do manuscrito original; Redação - revisão e edição. TST: Conceitualização; Pesquisa; Curadoria de dados; Redação do manuscrito original; Redação - revisão e edição.

Suporte financeiro:

Fundo Paraná - Secretaria da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Estado do Paraná, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

Conflitos de interesses:

Nada a declarar.

Aprovação do conselho de ética:

Não se aplica.

Disponibilidade de dados:

Os dados de pesquisa estão disponíveis no corpo do artigo.

Agradecimentos:

Ao Fundo Paraná - Secretaria da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Estado do Paraná, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

*** Autor correspondente:**

Tiago Santos Telles. telles@idr.pr.gov.br

6 Referências

- Andrade, M. C. (1994). *Modernização e pobreza: a expansão da agroindústria canavieira e seu impacto ecológico e social*. São Paulo: Unesp.
- Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association – LISA. *Geographical Analysis*, 27(2), 93-115. <http://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>
- Aquino, J. R., Gazolla, M., & Schneider, S. (2018). Dualismo no campo e desigualdades internas na agricultura familiar brasileira. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 56(1), 123-142. <http://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560108>
- Araújo, D., & Araújo Sobrinho, F. (2020). A cultura agrícola da cana-de-açúcar no Brasil: Contribuição ao estudo dos territórios rurais e suas contradições e conflitos. *Geopauta*, 4(1), 162. <http://doi.org/10.22481/rg.v4i1.6303>
- Banco Central do Brasil – BCB. (2022, novembro 27). *Matriz de dados do crédito rural: crédito concedido*. Recuperado em 17 de fevereiro de 2025, de <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/micrrural>
- Barboza, C. C., & Figueira, S. R. F. (2021). Avaliação da concentração do crédito BNDES para as empresas do setor sucroalcooleiro brasileiro entre 2002 e 2018. *Economia e Sociedade (Campinas)*, 30(1), 141-161. <http://doi.org/10.1590/1982-3533.2020v30n1art07>

- Bordonal, R. O., Carvalho, J. L. N., Lal, R., Figueiredo, E. B., Oliveira, B. G., & La Scala Junior, N. (2018). A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 38(13), 1-23. <http://doi.org/10.1007/s13593-018-0490-x>
- Branco, J. E. H., Branco, D. H., Aguiar, E. M., Caixeta Filho, J. V., & Rodrigues, L. (2019). Study of optimal locations for new sugarcane mills in Brazil: Application of a MINLP network equilibrium model. *Biomass and Bioenergy*, 127, 105249. <http://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.05.018>
- Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. (2022). *Relação Anual de Informações Sociais (RAIS)*. Brasília. Recuperado em 17 de fevereiro de 2025, de <http://www.rais.gov.br>
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. (2024, novembro 22). *SAPCAN: Sistema de Acompanhamento da Produção Canavieira*. Brasília. Recuperado em 17 de fevereiro de 2025, de <https://sistemasweb4.agricultura.gov.br/>
- Bray, S. C., & Teixeira, W. A. (1985). O processo de implantação e expansão do complexo canavieiro, açucareiro e alcooleiro no Estado do Paraná. *Boletín Geográfico*, 3(3), 17-30.
- Camara, M. R. G., & Caldarelli, C. E. (2016). Expansão canavieira e o uso da terra no estado de São Paulo. *Estudos Avançados*, 30(88), 93-116. <http://doi.org/10.1590/s0103-40142016.30880008>
- Castro, R. A. O. (Ed.). (2014). *O contrato de fornecimento de cana-de-açúcar: análise jurídica e econômica*. São Paulo: Atlas.
- Cavinato, N. R., & Capitani, D. H. D. (2023). Eficiência social das cooperativas de crédito rural no Brasil: Uma análise sob a ótica regional. *Economia e Sociedade*, 32(2), 429-455. <http://doi.org/10.1590/1982-3533.2023v32n2art08>
- Cechim Júnior, C., Johann, J. A., Antunes, J. F. G., & Deppe, F. (2020). Sugarcane mapping in Paraná State Brazil using MODIS EVI images. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, 9(1), 3205-3221. <http://doi.org/10.23953/cloud.ijarsg.451>
- Clein, C., Shikida, P. F. A., & Rodrigues, L. (2021). Motivos e consequências da falência de agroindústrias canavieiras no estado do Paraná. *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, 15(1), 183-211. <http://doi.org/10.54766/rberu.v15i1.752>
- Crocco, M. A., Galinari, R., Santos, F., Lemos, M. B., & Simões, R. (2006). Metodologia de identificação de aglomerações produtivas locais. *Nova Economia*, 16(2), 211-241. <http://doi.org/10.1590/S0103-63512006000200001>
- Cunha, A. M., Shikida, P. F. A., & Lages, A. M. G. (2023). Evolução da agroindústria canavieira no Brasil: Da colônia a 2022. *Revista Economia Política do Desenvolvimento*, 14(32), 19-46. <http://doi.org/10.28998/2594-598X.2023v14n32p19-46>
- Dias, F. M. F. (2021). Alguns elementos sobre a cadeia produtiva da cana-de-açúcar no Brasil. *Geosul*, 36(79), 116-142. <http://doi.org/10.5007/2177-5230.2021.e73805>
- Dias, M. O. S., Maciel Filho, R., Mantelatto, P. E., Cavalett, O., Rossell, C. E. V., Bonomi, A., & Leal, M. R. L. V. (2015). Sugarcane processing for ethanol and sugar in Brazil. *Environmental Development*, 15, 35-51. <http://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.03.004>
- Fávero, L. P., & Belfiore, P. L. (2017). *Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel®, SPSS® e Stata®*. Grupo GEN. Recuperado em 17 de fevereiro de 2025, de <https://app.minhabiblioteca.com.br/books/9788595155602>
- Feltre, C., & Benzaquen Perosa, B. (2020). Governança no setor sucroalcooleiro: uma análise comparada de São Paulo e do Cerrado Mineiro e Goiano. *Economia Ensaios*, 35(2), 25-48. <http://doi.org/10.14393/REE-v35n2a2020-57244>

- Fernandes, S. R. F. (2020). Impactos dos preços e do crédito rural sobre a produção de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 58(4), 186-266. <http://doi.org/10.1590/1806-9479.2020.186266>
- Flack-Prain, S., Shi, L., Zhu, P., da Rocha, H. R., Cabral, O., Hu, S., & Williams, M. (2021). The impact of climate change and climate extremes on sugarcane production. *Global Change Biology. Bioenergy*, 13(4), 408-424. <http://doi.org/10.1111/gcbb.12797>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. (2022, agosto 15). *FAOSTAT: food and agriculture data*. Rome: FAO. Recuperado em 17 de fevereiro de 2025, de <http://www.fao.org/faostat/>
- Galafassi, L. B., Bebbber, R. A., & Shikida, P. F. A. (2021). Uma análise da distribuição espacial da produção de cana-de-açúcar no Paraná (1975-2018). *Teoria e Evidência Econômica*, 26(55), 272-296. <http://doi.org/10.5335/rtee.v26i55.12137>
- Garcias, M. O., & Kassouf, A. L. (2016). Assessment of rural credit impact on land and labor productivity for Brazilian family farmers. *Nova Economia*, 26(3), 721-746. <http://doi.org/10.1590/0103-6351/2761>
- Goebel, M. A., Cavalcante, D. L., Clein, C., Moreno, J., & Shikida, P. F. A. (2020). Recuperação judicial e falência das agroindústrias canaveiras no estado do Paraná. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, 16(2), 36-47.
- Graef, C. E., Sigolo, E. A., Subeldia Junior, O. L. L., Wiechork, S., & Shikida, P. F. A. (2016). Concentração na agroindústria canaveira paranaense (safras 2000/2001, 2014/2015). *Revista de Economia*, 43(1), 1-16. <http://doi.org/10.5380/re.v42i1.49115>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2012). *Censo agropecuário 2006: segunda apuração*. Rio de Janeiro: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2019). *Censo agropecuário 2017: resultados definitivos*. Rio de Janeiro: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2025). *Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA*. Rio de Janeiro: IBGE. Recuperado em 17 de fevereiro de 2025, de <https://sidra.ibge.gov.br/>
- Isserman, A. (1977). The location quotient approach to estimating regional economic impacts. *Journal of the American Planning Association*, 43(1), 33-41.
- Leite, M. R., Zanetta, D. M. T., Trevisan, I. B., Burdmann, E. A., & Santos, U. P. (2018). O trabalho no corte de cana-de-açúcar, riscos e efeitos na saúde: revisão da literatura. *Revista de Saude Publica*, 52, 80. <http://doi.org/10.11606/s1518-8787.2018052000138>
- Mantovani, G. G., Plassa, W. S., & Telles, T. S. (2024). Spatial and economic dynamics of bean crops in an important production hub in Brazil. *Outlook on Agriculture*, 53(2), 189-202. <http://doi.org/10.1177/00307270241231614>
- Mantovani, G. G., Shikida, P. F. A., & Gomes, M. R. (2022). 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*, 60(1), e241167. <http://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.241167>
- Meert, L., Aragão, G. N., Genú, A. M., Müller, M. M. L., Espíndola, J. S., Krenski, A., & Figueiredo, A. S. T. (2020). Perdas quantitativas e qualitativas de cana-de-açúcar em função de métodos de colheita e cultivares. Research. *Social Development*, 9(11), e61991110204. <http://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10204>

- Moraes, M. A. F. D., Bacchi, M. R. P., & Caldarelli, C. E. (2016). Accelerated growth of the sugarcane, sugar, and ethanol sectors in Brazil (2000–2008): Effects on municipal gross domestic product per capita in the South-Central Region. *Biomass and Bioenergy*, *91*, 116-125. <http://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.05.004>
- Moraes-Oliveira, A. F., Aparecido, L. E. O., & Figueira, S. R. F. (2017). Economic and climatic models for estimating coffee supply. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, *52*(12), 1158-1166. <http://doi.org/10.1590/s0100-204x2017001200004>
- Moran, P. (1948). The interpretation of statistical maps. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B, Statistical Methodology*, *10*(2), 243-251. <http://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1948.tb00012.x>
- Mugica-Álvarez, V., Hernández-Rosas, F., Magaña-Reyes, M., Herrera-Murillo, J., Santiago-De La Rosa, N., Gutiérrez-Arzaluz, M., Figueroa-Lara, J. J., & González-Cardoso, G. (2018). Sugarcane burning emissions: Characterization and emission factors. *Atmospheric Environment*, *193*, 262-272. <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.09.013>
- Nepomoceno, T. A. R., Freitag, C., Klein, W. L., Feitosa Filho, L. A., Zonin, W. J., Silva, N. L. S., Carniatto, I., Corrêia, A. F., & Feiden, A. (2023). A diversidade de sistemas de produção e dinâmicas da cana-de-açúcar na agroindústria familiar: estudo de casos múltiplos no estado do Paraná, Brasil. *Research. Social Development*, *12*(4), e27112441167. <http://doi.org/10.33448/rsd-v12i4.41167>
- Neves, P. D. M., & Mendonça, M. R. (2020). Expansão do agronegócio canavieiro no sul goiano e os efeitos na produção de alimento. *Confins*, *44*, <http://doi.org/10.4000/confins.26199>
- Pereira, C. N., & Silveira, J. M. F. J. (2016). Análise exploratória da eficiência produtiva das usinas de cana-de-açúcar na região centro-sul do Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, *54*(1), 147-166. <http://doi.org/10.1590/1234-56781806-9479005401008>
- Petrini, M. A., Rocha, J. V., & Brown, J. C. (2017). Mismatches between mill-cultivated sugarcane and smallholding farming in Brazil: environmental and socioeconomic impacts. *Journal of Rural Studies*, *50*, 218-227. <http://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.01.009>
- Ponce, T. P., Ribeiro, M. R., & Telles, T. S. (2020). Dinâmica espacial da produção de mandioca no Paraná, Brasil. *Confins*, *48*, <http://doi.org/10.4000/confins.34307>
- Postal, A. M., Kamali, F. P., Asveld, L., Osseweijer, P., & Silveira, J. M. F. J. (2020). The impact of sugarcane expansion in Brazil: local stakeholders' perceptions. *Journal of Rural Studies*, *73*, 147-162. <http://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.10.041>
- Rodrigues, G. S. S. C., & Ross, J. L. S. (2020). *Trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: Perspectivas geográfica, histórica e ambiental*. Uberlândia: EDUFU.
- Scarpore, F. V., Hernandes, T. A. D., Ruiz-Corrêa, S. T., Picoli, M. C. A., Scanlon, B. R., Chagas, M. F., Duft, D. G., & Cardoso, T. F. (2016). Sugarcane land use and water resources assessment in the expansion area in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, *133*, 1318-1327. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.074>
- Shikida, P. F. A. (2014). Evolução e fases da agroindústria canavieira no Brasil. *Revista de Política Agrícola*, *23*(4), 43-57.
- Shikida, P. F. A., & Margarido, M. A. (2009). Uma análise econométrica de sazonalidade dos preços da cana-de-açúcar, Estado do Paraná, 2001-2007. *Informações Econômicas*, *39*(2), 69-81.

- Shikida, P. F. A., & Souza, E. C. (2009). Agroindústria canavieira e crescimento econômico local. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 47(3), 569-600. <http://doi.org/10.1590/S0103-20032009000300002>
- Silva Neto, R. F., Peres, W. L. R., & Rocha, A. Q. (2023). Curva de maturação em três cultivares de cana-de-açúcar na safra 2023 no município de João Pinheiro – MG. *Revista Contemporânea*, 3(11), 22448-22477. <http://doi.org/10.56083/RCV3N11-125>
- Silva, D. L. G., Batisti, D. L. S., Ferreira, M. J. G., Merlini, F. B., Camargo, R. B., & Barros, B. C. B. (2021). Cana-de-açúcar: aspectos econômicos, ambientais, subprodutos e sustentabilidade. Research. *Social Development*, 10(7), e44410714163. <http://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.14163>
- Telles, T. S., Bacchi, M. D., & Shimizu, J. (2017). Spatial distribution of microregions specialized in milk production. *Semina: Ciências Agrárias*, 38(1), 443-454. <http://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n1p443>
- Tomei, J., Oliveira, L. L., Ribeiro, C. O., Ho, L. L., & Montoya, L. G. (2020). Assessing the relationship between sugarcane expansion and human development at the municipal level: a case study of Mato Grosso do Sul, Brazil. *Biomass and Bioenergy*, 141, 105700. <http://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105700>
- Viana, J. L., Souza, J. L. M., Hoshide, A. K., Oliveira, R. A., Abreu, D. C., & Silva, W. M. (2023). Estimating sugarcane yield in a subtropical climate using climatic variables and soil water storage. *Sustainability (Basel)*, 15(5), 4360. <http://doi.org/10.3390/su15054360>
- Zheng, Y., Luciano, A. C. S., Dong, J., & Yuan, W. (2022). High-resolution map of sugarcane cultivation in Brazil using a phenology-based method. *Earth System Science Data*, 14(4), 2065-2080. <http://doi.org/10.5194/essd-14-2065-2022>

Recebido: Fevereiro 17, 2025.

Aceito: Maio 03, 2025.

JEL Classification: O1, O13, Q1.

Editor associado: Angélica Massuquetti

Apêndice

Tabela A1. Matriz de correlação

Variáveis	QL	IHH	VBP	PRONAF	PRONAMP	Crédito sem vínculo	Programa ABC +	Número de trabalhadores
QL	1							
IHHm	0,72 ***	1						
VBP	0,65***	0,99***	1					
PRONAF	0,13	0,3	0,3	1				
PRONAMP	0,14	0,33	0,34*	0,72***	1			
C/S/V	0,31	0,31	0,29	0,08	0,36**	1		
ABC +	0,06	0,05	0,05	-0,02	-0,05	0,18	1	
Nº trab.	0,01	0,07	0,08	0,01	0,13	0	-0,03	1

Nota: ***p < 0,01, **p < 0,05, *p < 0,10.