
ESTUDO COMPARATIVO DA MECANIZAÇÃO DA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR SOBRE O EMPREGO NAS REGIÕES BRASILEIRAS

A comparative study of sugarcane mechanization on the employment in the brazilian regions

Cristiane Feltre

Economista. Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos. Professora da Escola de Negócios da Pontifícia Universidade Católica de Campinas – PUC Campinas. Faculdade de Ciências Econômicas Contábeis e Administrativas. Rodovia D. Pedro, Km 136. Parque das Universidades. CEP: 13086-900. Campinas, SP - Brasil cristiane.feltre@puc-campinas.edu.br

Isabela Maria Tulon

Economista. isabela.tulon@gmail.com

Resumo: O presente artigo tem como objetivo comparar a relação da mecanização da cultura canavieira com o emprego nas regiões brasileiras. Para tal, foi utilizado método dos mínimos quadrados (log-log), que permitiu medir a influência da modernização sobre a evolução dos empregos no campo, assim como nas exigências de instrução formal nas contratações dos empregados na atividade de corte, colheita e transporte (CCT) de cana. Os resultados apontam que a mecanização intensificou o desemprego na cultura de cana-de-açúcar, ocorrendo de forma diferente em cada região brasileira de acordo com suas particularidades. Essas diferenças da relação da mecanização com o emprego podem ser explicadas pela aptidão agrícola, capacidade de financiamento e competitividade da mão de obra de cada uma das regiões. Ademais, a introdução dessas novas tecnologias não representou contratação proporcional ou mesmo superior de mão de obra qualificada, mas um aumento tímido do número de contratados no campo com até ensino médio. Isso se deve à necessidade de trabalhadores para operar o maquinário de CCT capazes de atuar em tarefas pouco complexas. Ressalta-se a importância de políticas públicas que possam gerar diversificação das economias locais para a absorção da mão de obra desempregada, especialmente na Região Nordeste.

Palavras-chave: desemprego estrutural; método dos mínimos quadrados (log-log); escolaridade; trabalho especializado.

Abstract: The objective of this article is to compare the relation of sugarcane mechanization with employment in Brazilian regions. A log-log method was used to measure the influence of modernization on the evolution of rural jobs and on formal instruction requirements for sugarcane cutting, loading and transportation (CLT) operations. The results indicate that the mechanization process intensified the unemployment in the sugar cane crop, occurring in a different way in each Brazilian region according to their particularities. These differences can be explained by the agricultural capability, financing capacity and the competitiveness of each region's labor force. In addition, the introduction of these new technologies did not represent a proportional or even higher contracting of skilled labor, but a timid increase in the number of employees with up to high school. This is due to the need of workers to operate the CLT machinery able to perform simple tasks. It is important to think about public policies that can generate diversification of local economies for the absorption of the unemployed labor force, especially in the Northeast region.

Keywords: structural unemployment; ordinary least squares method (OLS); education; specialized work.

1 INTRODUÇÃO

O mercado de trabalho na cultura canavieira vem passando por transformações provenientes das mudanças nas leis trabalhistas, na legislação ambiental e no progresso técnico. Nessa cultura, a quantidade de trabalhadores alocados em tarefas especializadas na área rural caiu significativamente em função da adoção de novas técnicas de corte, colheita e transporte (CCT) da cana-de-açúcar. Conseqüentemente, o desemprego para trabalhadores de menor qualificação aumentou, surgindo o desemprego tecnológico e estrutural.

Antes mesmo da adoção extensiva da mecanização da lavoura, já se previa que a demanda por força de trabalho nos canaviais no Brasil sofreria uma queda significativa. Também se previa um aumento da demanda por mão de obra qualificada para operar máquinas e implementos mais sofisticados na atividade de CCT. Porém, o número de vagas geradas não compensaria a perda de mão de obra especializada nos canaviais, já que a mecanização da colheita exigiria menos trabalhadores.

O potencial produtivo e as possibilidades de absorção de tecnologias são distintos para cada região brasileira, o que pode gerar diferenças na velocidade da substituição da mão de obra por maquinário. A região Norte-Nordeste foi a principal produtora de cana-de-açúcar até meados do século passado, mesmo com técnicas de produção mais defasadas, volume relativamente elevado de terras impróprias para o cultivo da cana e salários médios inferiores ao da região Centro-Sul. A região Centro-Sul, por sua vez, ganhou notoriedade após a Segunda Guerra Mundial, e tem um histórico de utilização de métodos menos defasados e maior quantidade de áreas aptas para a produção dessa cultura. Essas diferenças regionais, portanto, não permitem afirmar que a adoção da mecanização teve o mesmo efeito sobre a quantidade de mão de obra empregada em cada região, como se observará nos resultados deste artigo.

Diante do exposto, pretende-se responder à seguinte pergunta: Qual a relação da mecanização com a evolução do emprego agrícola na cultura de cana-de-açúcar nas cinco regiões brasileiras? Para tanto, é utilizado o método estatístico de análise de dados log-log no intuito de verificar a relação entre as variáveis. Para atendimento dos objetivos do artigo, são elaborados dois tipos de modelos. O primeiro (modelo A) procura mostrar a intensidade do desemprego estrutural na cultura canavieira. Para isso, estuda-se a consistência da relação entre o número de colhedoras de cana-de-açúcar (um dos indicadores de mecanização) e a evolução do número de trabalhadores rurais nesta cultura (1A); e entre a taxa de mecanização da cana (outro indicador de mecanização) e o número de trabalhadores rurais nesta cultura (2A). O segundo (modelo B), parte do pressuposto indicado na literatura de que haveria necessidade de mão de obra mais qualificada diante de maior mecanização da colheita de cana-de-açúcar. Para tal, analisa-se a consistência da relação entre o número de colhedoras de cana-de-açúcar e o percentual de trabalhadores com no mínimo ensino médio completo (1B); e entre a taxa de mecanização da cana e o percentual de trabalhadores com no mínimo ensino médio completo (2B).

Este artigo tem como objetivo geral comparar a evolução da mecanização da cultura de cana-de-açúcar com o número de empregados e as respectivas exigências de qualificação destes nas regiões brasileiras ao longo do tempo.

2 MODERNIZAÇÃO E EMPREGO NA CULTURA CANAVIEIRA BRASILEIRA

A atividade canavieira, dados os métodos de produção, condições de trabalho degradantes pelo corte manual da cana e as relações trabalhistas, era alvo constante de críticas pela degradação ambiental que a queima de cana promovia e pelas relações de trabalho costumeiramente frágeis do ponto de vista legal. Como consequência, o Ministério Público Estadual e o Federal entraram com ações civis proibindo a atividade de queima da cana.

Mesmo com a retirada da intervenção do Estado na regulação da atividade canavieira nos anos de 1990, este passou a discutir com o setor canavieiro, via Secretarias de Estado da Agricultura e Abastecimento (SAA) e do Meio Ambiente (SMA), ações para minimizar as externalidades negativas geradas pela produção de cana (IEA, 2012).

Entre os anos de 2007 e 2008 foi então firmado um acordo de adesão voluntária que contemplava um conjunto de ações para consolidação do processo de desenvolvimento sustentável do setor canavieiro no estado de São Paulo, denominado de Protocolo Agroambiental. Dos objetivos desse protocolo, um deles se destaca para a execução deste artigo – o fim da queima da cana-de-açúcar.

Esse novo ambiente regulatório promoveu a expansão da mecanização da colheita de cana, especialmente no estado de São Paulo, com consequências para o mercado de trabalho. Do ponto de vista das relações sociais, esse novo padrão agrícola de produção estimulou mudanças como a redução no número de trabalhadores, a terceirização dos serviços agrícolas e o surgimento de novas ocupações no campo.

Ainda podem-se citar, como consequência do processo de mecanização, a agilização de tarefas e uma alteração qualitativa na demanda de mão de obra com a utilização de mais trabalhadores especializados (MORAES, 2007). Apesar da redução nos postos de trabalho na atividade agrícola, Fernandes, Shikida e Cunha (2013) apontam que houve um acréscimo dos postos formais na produção industrial de açúcar e álcool.

Gonçalves e Souza (1988, p. 38), antes mesmo do fim da participação estatal no setor, já colocavam que o reaproveitamento dos trabalhadores eliminados dos canaviais seria um desafio, uma vez que se tratava de indivíduos excluídos em todos os sentidos, “sem educação formal, sem acesso a serviços públicos básicos e com condições de moradia e alimentação sofríveis”. Se, por um lado, o aprofundamento da mecanização da lavoura de cana dispensaria um grande contingente de trabalhadores, por outro, reduziria a sazonalidade do emprego.

A mecanização alterou o perfil do empregado, uma vez que passou a empregar contingente com conhecimento básico de mecânica e informática e, assim, criava oportunidades para tratoristas, motoristas, técnicos em eletrônica, entre outros, mas desemprega, em maior proporção, os trabalhadores de baixa escolaridade (MORAES, 2007; ECKARDT; ABREU, 2017).

A mudança do perfil dos trabalhadores contratados para trabalhar nos canaviais já havia sido sinalizada no trabalho de Scopinho *et al.* (1999, p. 154), no qual os autores afirmavam que “[...] os requisitos exigidos para a contratação de operadores de colhedadeiras são nível de instrução básico (ler e escrever) e treinamento”. Ou seja, apesar de tarefas diferentes daquelas exigidas no corte da cana-de-açúcar, o nível educacional requerido não se alteraria significativamente com a mecanização.

Além de um nível educacional não tão elevado, o ritmo das contratações dessa mão de obra mais qualificada era menor do que o das demissões na colheita manual. Pitta (2011) colocava que, apesar dos cursos e treinamento para vagas de piloto de colheitadeira ou tratorista, poucas eram as contratações, visto que com a mecanização, a necessidade de trabalhadores se reduz significativamente. Amezcua (2013) complementava que, dependendo do ritmo da mecanização, não haveria tempo para o setor industrial preparar e qualificar a mão de obra para absorvê-la e para os formuladores de políticas públicas reagirem a tempo para formular políticas compensatórias.

Apesar dessas perspectivas, Torquato (2013) mostrou que parte da mão de obra excluída no processo de mecanização teria sido requalificada e readmitida em outras ocupações do próprio setor ou em outros setores (construção civil e serviços). O autor concluiu que a esperada hipótese do desemprego em massa não se verificou, o que poderia ser explicado pelo bom desempenho da economia brasileira nos anos que se seguiram à conclusão do protocolo ambiental e a consequente absorção da mão de obra.

Balsadi (2007) apontava que mesmo antes da conclusão do protocolo ambiental houve avanços na qualidade do emprego na cultura de cana-de-açúcar no Brasil. De acordo com esse autor, houve

redução no trabalho infantil e aumento no número de empregados com carteira assinada. Isso se deve principalmente a movimentos sindicais e à fiscalização por parte de órgãos públicos. Entretanto, ainda ocorriam problemas que mereciam atenção, como, por exemplo, o desrespeito aos direitos trabalhistas dos empregados temporários e suas extensas jornadas de trabalho, visando à produtividade. Ademais, as amplas e cansativas jornadas de trabalho comprometiam a redução do número de acidentes de trabalho (BALSADI, 2007).

Souza *et al.* (2016), em anos mais recentes, confirmam a prevalência de um número mais elevado de acidentes de trabalho na produção agrícola. Isso ocorre especialmente nas áreas em que há predominância do corte manual da cana, dado o elevado número de trabalhadores rurais no campo e a sua exposição ao ambiente de trabalho, ao contrário do que ocorre quando a colheita é mecanizada.

Houve também mudança na forma de remuneração do trabalho a partir da mecanização. No corte manual, o valor recebido dependia da destreza e habilidade em cortar a cana, isto é, o trabalhador era remunerado por tonelada colhida, o que intensificava a especialização do trabalho. Com a introdução de máquinas, a remuneração passava a ser atribuída não pela produtividade, mas quantidade de horas trabalhadas (SCOPINHO *et al.*, 1999). Essas mudanças também tinham impacto nos custos das operações no corte manual e mecanizado. A adoção da colheita mecanizada poderia significar uma redução de até 30% no custo de produção em relação à colheita manual (OLIVEIRA; NACHILUK, 2011; ECKARDT; ABREU, 2017).

Souza *et al.* (2016) colocam, ainda, que trabalhadores pouco qualificados receberam nessa cultura salários historicamente baixos. Os autores mostraram que, para dados de 2009, mesmo nas culturas em que a colheita é mecanizada e destinada a etanol de primeira ou segunda geração, os salários dos trabalhadores se concentram nas faixas de 1,01 a 1,5 salários-mínimos. Porém, um número maior de empregados, que desempenham tarefas relacionadas a operações mecânicas, passou a receber salários nas faixas de 2,01-3,0 salários-mínimos, fato que pode estar relacionado ao surgimento de novas ocupações no campo. Apesar dessas constatações, o efeito da intensificação das tecnologias de CCT sobre os salários ainda carece de estatísticas mais consistentes. O número de trabalhadores “não classificados” na categoria remuneração na RAIS é bastante elevado, especialmente para anos mais recentes, podendo resultar em conclusões equivocadas sobre o assunto.

3 SELEÇÃO DOS DADOS E MÉTODO DE ANÁLISE

O intuito deste artigo é o de mostrar se há relação entre a mecanização agrícola sobre o número de empregos formais e o nível de escolaridade dos trabalhadores da cultura da cana-de-açúcar. Dessa forma, o modelo econométrico sugerido neste artigo intenta mostrar se há relação entre a inserção das novas tecnologias de CCT e a redução na mão de obra no campo nos estados brasileiros produtores de cana. O modelo também procura mostrar se o processo de mecanização da cultura de cana-de-açúcar no Brasil foi acompanhado pela maior qualificação dos trabalhadores empregados no campo, como sugerido por alguns autores (MORAES, 2007; ECKARDT; ABREU, 2017). O período de análise para o desenvolvimento do modelo econométrico se estende do ano de 2007 – ano da assinatura do protocolo agroambiental – a 2017, em função da disponibilidade de dados sobre mecanização dada pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB).

O Quadro 1 indica as variáveis utilizadas para a análise estatística dos modelos tipo A e B, citados na introdução deste artigo.

Quadro 1 – Variáveis escolhidas para os modelos A e B

Variável escolhida	Definição	Período	Fonte
<i>Modelo A – Relação da mecanização com o número de trabalhadores formais</i>			
Número de trabalhadores agrícolas	Total de trabalhadores agrícolas na cultura da cana-de-açúcar em cada Região Natural.	2007-2017	RAIS
Área colhida	Área colhida de cana-de-açúcar em cada Região Natural, em hectares.	2007-2017	Produção Agrícola Municipal (IBGE)
Número de colhedoras de cana-de-açúcar	Total de colhedoras de cana-de-açúcar em cada Região Natural. Representa uma <i>proxy</i> da mecanização.	2007-2017	Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB)
Taxa de mecanização	Percentual de colheita de cana-de-açúcar mecanizada, por Região Natural.	2007-2017	Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB)
<i>Modelo B – Relação da mecanização com a qualificação dos trabalhadores formais</i>			
Percentual de trabalhadores agrícolas na cultura canavieira com no mínimo ensino médio completo	Percentual de trabalhadores agrícolas na cultura da cana-de-açúcar com no mínimo ensino médio completo, por Região Natural.	2007-2017	RAIS
Área colhida	Área colhida de cana-de-açúcar por Região Natural, em hectares.	2007-2017	Produção Agrícola Municipal (IBGE)
Número de colhedoras de cana-de-açúcar	Total de colhedoras de cana-de-açúcar por Região Natural. Representa uma <i>proxy</i> da mecanização.	2007-2017	Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB)
Taxa de mecanização	Percentual de colheita de cana-de-açúcar mecanizada, por Região Natural.	2007-2017	Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB)

Fonte: Elaboração das autoras.

Para o levantamento de dados de emprego e escolaridade na cultura de cana-de-açúcar, utilizou-se o banco de dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). Para tal, foi necessário consultar a Classificação Brasileira de Ocupações (CBO), que define trabalhadores agrícolas (CBO 6221) como aqueles que:

Plantam e colhem gramíneas. Preparam sementes, mudas e insumos, condicionando o solo para tratamento de cultura. Realizam atividades de armazenamento e beneficiamento da colheita, como moagem, secagem e classificação dos grãos. Executam manutenção de máquinas e equipamentos agrícolas. (CBO, 2010, p. 53)

Assim, para a obtenção dos dados na RAIS Vínculos, foi selecionado “Trabalhador da Cultura de Cana-De-Açúcar” inserido na categoria Ocupacional – CBO 2002 – CBO Ocupação 2002.

A metodologia de análise desta pesquisa é a empírica, uma vez que propõe investigar a relação entre variáveis. Para tanto, foram elaborados e estimados, a partir do software Eviews, alguns modelos econométricos. Esse software foi escolhido em função de ser mais o adequado para análise de séries históricas.

Foram analisadas basicamente quatro estatísticas: os coeficientes estimados, o coeficiente de determinação, o Teste-F e o Teste-T. Deve-se frisar que: a) os modelos foram, inicialmente, estimados por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) e, quando detectada a quebra de algum dos seus pressupostos, outros métodos de cálculo foram empregados; b) foi colocada em teste a presença de multicolinearidade, heterocedasticidade e/ou autocorrelação (o resultado para a possível quebra desses pressupostos está indicada no modelo, se houver, e o método Newey-West foi empregado para corrigir a Estatística-T e o valor-p quando necessário); c) para os testes de hipóteses, considera-se um Nível de Significância de 0,05, ou seja, 5%; e d) utiliza-se a forma funcional log-log, uma vez que esta permite verificar a elasticidade da variável dependente em relação à variável independente.

Assim, são empregados dois tipos de modelos, como mostra o Quadro 2:

Quadro 2 – Caracterização dos modelos econométricos

Modelo	Análise	Equação	Onde:
Efeito sobre o número de empregados			
1A	Efeito da variação do número de colhedoras sobre o número de trabalhadores, para cada Região Natural.	$\log(Y) = \beta_0 + \beta_1 * \log(X_1) + \square$	Y = Número de trabalhadores agrícolas por hectare na cultura de cana-de-açúcar, por Região Natural, de 2007 a 2017. X ₁ = Número de colhedoras por dez mil hectares, por Região Natural, de 2007 a 2017.
2A	Efeito da variação no percentual da colheita mecanizada sobre o número de trabalhadores, para cada Região Natural.	$\log(Y) = \beta_0 + \beta_1 * \log(X_1) + \square$	Y = Número de trabalhadores agrícolas por hectare na cultura de cana-de-açúcar, por Região Natural, de 2007 a 2017. X ₁ = Percentual de Colheita Mecanizada, por Região Natural, de 2007 a 2017.
Efeito sobre a instrução dos empregados			
1B	Efeito da variação do número de colhedoras sobre o nível de instrução dos empregados, para cada Região Natural.	$\log(Y) = \beta_0 + \beta_1 * \log(X_1) + \square$	Y = Percentual relativo de trabalhadores na cultura da cana-de-açúcar com no mínimo ensino médio completo, por Região Natural do Brasil, de 2007 a 2017. X ₁ = Número de colhedoras por dez mil Hectares, por Região Natural do Brasil, de 2007 a 2017.
2B	Efeito da variação do percentual da cultura mecanizada sobre o nível de instrução dos empregados, para cada Região Natural.	$\text{Log}(Y) = \beta_0 + \beta_1 * \log(X_1) + \square$	Y = Percentual relativo de trabalhadores na cultura da cana-de-açúcar com no mínimo ensino médio completo, por Região Natural do Brasil, de 2007 a 2017. X ₁ = Percentual de Colheita Mecanizada, por Região Natural do Brasil, de 2007 a 2017.

Fonte: Elaboração das autoras.

Os modelos 1A e 2A propõem estudar o efeito do número de colhedoras e taxa de mecanização (variáveis independentes) sobre o número de trabalhadores agrícolas na cultura canavieira (variável dependente). Logo, tendo como base a literatura discutida, espera-se ter como resultado uma relação inversa entre essas variáveis. Já os modelos 1B e 2B buscam verificar os efeitos do número de colhedoras e da taxa de mecanização na cultura da cana-de-açúcar (variáveis independentes) sobre o percentual de trabalhadores com no mínimo ensino médio completo nessa cultura (variável dependente). Assim, espera-se uma relação direta entre essas variáveis, uma vez que, de acordo com a literatura, a intensificação no uso de máquinas dessa cultura exige trabalhadores mais qualificados.

4 RESULTADOS

Esta seção apresentará estatísticas que subsidiem respostas à pergunta levantada na introdução deste artigo, além dos resultados pertinentes aos testes econométricos. Entre as estatísticas de suporte deste artigo destacam-se a apresentação de dados sobre o deslocamento da produção entre as regiões e estados brasileiros desde o início do processo de desregulamentação e a evolução do número de trabalhadores agrícolas por unidade federativa no Brasil desde a instituição do protocolo de redução e eliminação da queima da cana no estado de São Paulo.

Deslocamento da produção de cana-de-açúcar no Brasil

A cana-de-açúcar é produzida nas cinco regiões brasileiras. Porém, a sua distribuição sofreu alterações ao longo do tempo, especialmente após a Segunda Guerra Mundial. Até aquele momento, a produção estava concentrada na região Norte-Nordeste, então responsável por 62,8% da produção nacional (MORAES, 2000). Fernandes, Shikida e Cunha (2013, p. 186) colocam que, naquela região,

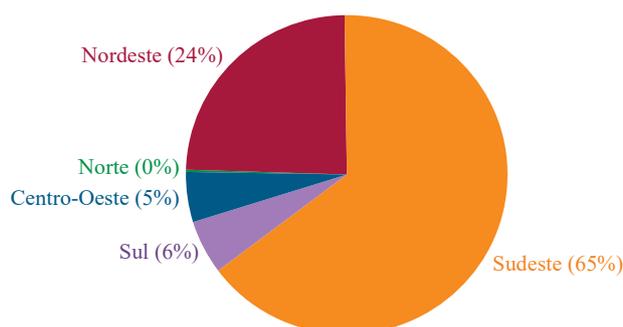
[...] a sobrevivência de grupos pouco dinâmicos da agroindústria canavieira, responsáveis pelo atraso tecnológico e a consequente baixa produtividade do setor, deveu-se sobremaneira à ação ambígua do Estado que, ao mesmo tempo em que criou condições para promover a expansão de grupos mais capitalizados, sustentou também grupos mais fracos.

As dificuldades de abastecimento da região Centro-Sul se intensificaram no período da Segunda Guerra Mundial, já que havia risco de ataques a navios de transporte de mercadorias naquele momento. Como consequência, algumas mercadorias que eram compradas da região Norte-Nordeste passaram a ser produzidas na região Centro-Sul, por exemplo, o açúcar.

Como o estado de São Paulo contava com condições edafoclimáticas favoráveis, vantagens financeiras, parque industrial mais moderno e malha rodoviária mais desenvolvida que em outros estados, a produção de cana-de-açúcar que ali já existia se expandiu. Contribuindo para o deslocamento da produção, nos anos 1990, com a desregulamentação, usinas pouco competitivas da Região Nordeste sucumbiram à concorrência e foi favorecida a expansão dessa cultura agrícola para outros estados, modificando a importância relativa de cada região na produção de cana novamente, como mostram as Figuras 1(a) e 1(b).

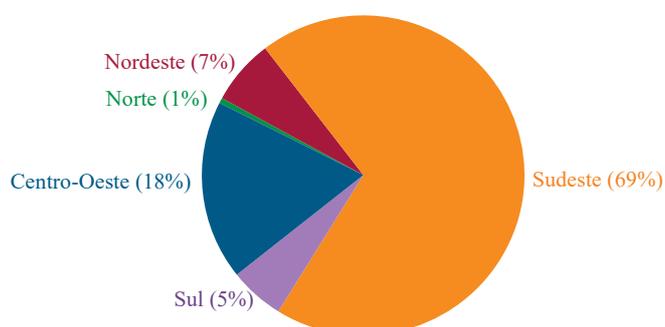
Ainda na Região Nordeste, Hissa (2011) apontou que há uma grande área de produção de cana que possui impeditivos, sejam ambientais, sejam de topografia, e de rentabilidade negativa, que podem explicar a baixa competitividade da Região em relação à região Centro-Sul.

Figura 1(a) – Importância das regiões brasileiras na produção nacional de cana-de-açúcar (1988)



Fonte: IBGE (2019).

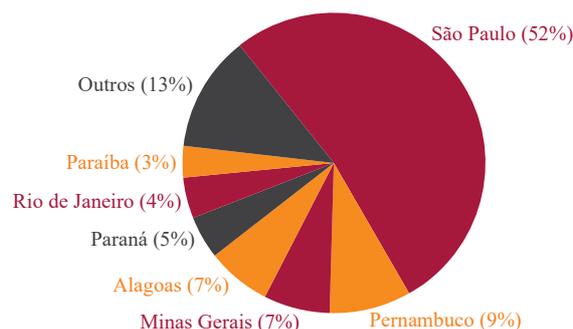
Figura 1(b) – Importância das regiões brasileiras na produção nacional de cana-de-açúcar (2017)



Fonte: IBGE (2019).

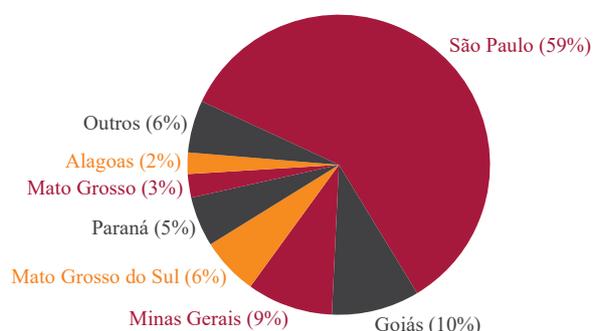
Além disso, em anos mais recentes, a produção de cana-de-açúcar passou a se expandir para estados que até então não possuíam tradição nessa cultura, como mostram as Figuras 2(a) e 2(b).

Figura 2(a) – Importância dos estados brasileiros na produção nacional de cana-de-açúcar (1988)



Fonte: IBGE (2019).

Figura 2(b) – Importância dos estados brasileiros na produção nacional de cana-de-açúcar (2017)



Fonte: IBGE (2019).

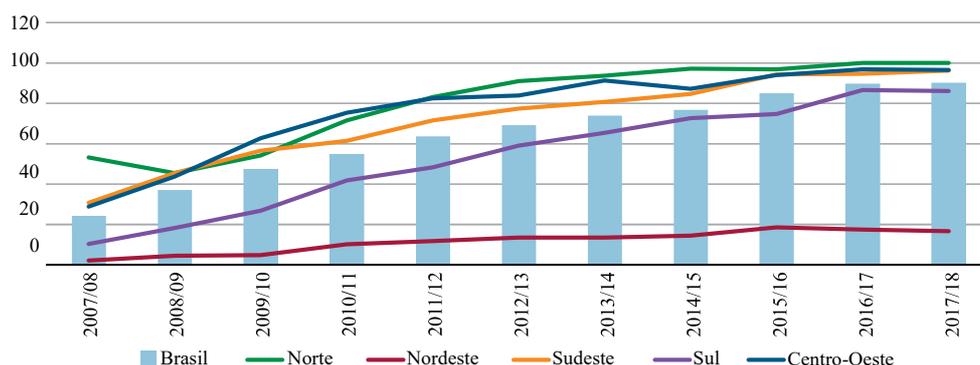
Estados que tradicionalmente eram produtores de soja, café e produção pecuária, passaram a figurar como importantes produtores de cana no cenário nacional. Esses são estados que apresentam grande quantidade de áreas com elevada aptidão agrícola e de relevo para a produção de cana – Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás (MANZATTO *et al.*, 2009). Nesses estados, a mecanização da colheita superou 90% da produção (CONAB, 2018).

Apesar da expansão da área de produção em 279% entre os anos de 2003 e 2016 (IBGE, 2019), a importância da cultura da cana na geração de empregos na agricultura se reduziu, como apontado na revisão de literatura. O principal promotor da redução do número de empregos na cana-de-açúcar foi a mecanização da colheita, que apesar de ter avançado em todas as regiões brasileiras, teve efeitos diferentes sobre a quantidade contratada e a instrução requerida da mão de obra.

A mecanização da lavoura canavieira e o mercado de trabalho

A colheita de cana-de-açúcar vem sofrendo constantes transformações em decorrência das novas exigências socioambientais e econômicas. A Figura 3 mostra a evolução da mecanização da colheita da cana nas diferentes Regiões Naturais.

Figura 3 – Evolução da colheita mecanizada, por Região Brasileira



Fonte: CONAB. Elaboração própria.

A intensidade com que a mecanização se espalhou nas regiões brasileiras, com exceção do Nordeste, foi similar. Como apontado por Lima (2021), uma das razões para a menor incorporação tecnológica no Nordeste é a topografia não adequada à utilização do maquinário de CCT. Outra razão apontada por Lima (2021) é a de que as baixas taxas de crescimento econômico no Brasil desde 2015 vêm dificultando a adoção de maquinário em algumas áreas aptas à mecanização.

Essa transformação tecnológica no campo se reflete no mercado de trabalho da agricultura da cana-de-açúcar no Brasil, como pode ser observado na Tabela 1. Essa tabela indica que houve uma diminuição de aproximadamente 30% no número de trabalhadores entre os anos de 2003 e 2017. Apesar disso, a redução na quantidade de trabalhadores da cultura canavieira não é contínua ao longo dos anos, isto é, até 2009 observa-se um aumento no número de trabalhadores em relação ao ano anterior, associado à maior demanda por etanol com o advento dos carros bicompostíveis em 2003.

Além disso, a Tabela 1 permite verificar que, assim como nos dados de mecanização, os dados de Número de Trabalhadores na cana-de-açúcar também apresentam suas particularidades de acordo com cada Região Natural, sendo que três das cinco regiões apresentaram redução no Número de Trabalhadores nos canaviais entre 2003 e 2017.

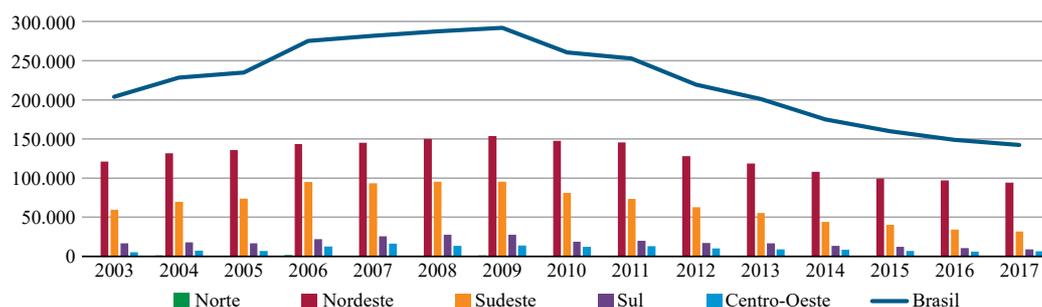
Tabela 1 – Número de trabalhadores na cultura de cana-de-açúcar, por unidade federativa

Unidades Federativas	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2003-2017 (%)
Norte	503	1.114	1.039	1.615	747	728	1.075	947	865	579	660	712	1.043	1.055	615	22
Nordeste	121.216	131.763	135.835	143.481	145.414	150.006	153.539	147.403	145.416	128.067	118.850	108.148	99.484	97.239	94.148	-22
Sudeste	59.664	69.805	73.961	95.011	93.454	95.202	95.492	80.971	73.269	62.918	55.589	43.963	40.282	34.119	31.822	-47
Sul	16.820	18.010	16.899	22.178	25.692	27.959	27.925	19.000	20.030	17.235	16.898	13.535	12.217	10.575	9.006	-46
Centro-Oeste	5.389	7.310	7.180	12.739	16.163	13.431	13.748	12.086	13.243	10.424	8.854	8.596	6.906	5.957	6.603	23
Brasil	203.592	228.002	234.914	275.024	281.470	287.326	291.779	260.407	252.823	219.223	200.851	174.954	159.932	148.945	142.194	-30

Fonte: RAIS. Elaboração própria.

Como já destacado, somente a partir de 2009 podem-se observar sucessivas quedas no número de contratados, como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Número de trabalhadores por Região Natural



Fonte: RAIS. Elaboração própria.

Como indicado na Figura 4, as regiões que apresentaram as participações mais significativas na geração de empregos, ao longo do período estudado, foram o Nordeste e o Sudeste – 87% dos empregos agrícolas gerados na cultura da cana-de-açúcar. As duas regiões apresentaram reduções no número de empregados, porém, é no Sudeste que os reflexos na mecanização são maiores. Em outras palavras, a importância relativa de cada uma das regiões na geração de empregos se alterou no cenário nacional. Isso ocorreu porque, em cada uma delas, a mecanização tem um efeito diferente na contratação da mão de obra, como mostra a Tabela 2, que apresenta os resultados dos modelos econométricos 1A e 2A.

Tabela 2 – Efeitos da mecanização e do número de colhedoras por 10.000 hectares sobre o número de empregos nas Grandes Regiões brasileiras

Variáveis	Modelo 1A: Colhedoras/10.000 x empregos ¹					Modelo 2A: Taxa de mecanização x empregos ²					
	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	
Intercepto	Coefficiente	-2,7137	-2,2626	-2,7332	-3,0727	-2,4570	2,1435	-1,9143	0,0936	-1,6366	1,6696
	Estatística-T	-2,8423	-105,0262	-8,2901	-29,3723	-10,0427	1,8354	-23,7239	1,0972	-5,2077	1,6864
	Valor P	0,0193	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0996	0,0000	0,3010	0,0006	0,1260
Variável independente	Coefficiente	-0,5999	-0,1343	-1,2174	-0,4943	-1,3934	-1,4088	-0,1335	-1,3145	-0,5317	-1,5377
	Estatística-T	-1,3505	-4,7716	-5,1882	-6,5646	-6,4221	-5,2624	-3,9337	-6,5351	-6,5440	-6,3146
	Valor-P	0,2098	0,0010	0,0006	0,0001	0,0001	0,0005	0,0034	0,0001	0,0001	0,0001
R ²	16,85%	71,67%	73,87 %	82,72%	61,40%	75,47%	63,22%	82,59%	82,63 %	79,98%	
R ² ajustado	7,61%	68,52%	70,96%	80,80%	57,11%	72,74%	59,14%	80,66%	80,70%	77,75%	
Estatística-F	1,8239	22,7681	25,4384	43,0932	14,3163	27,6935	15,47	42,7083	42,8235	35,9485	
Valor-p	0,2098	0,0010	0,0007	0,0001	0,0043	0,0005	0,0034	0,0001	0,0001	0,0001	
N			11					11			

Fonte: Elaborado pelas autoras com base na análise dos resultados do software Eviews.

Os resultados apresentados na Tabela 2 indicam, a partir do valor-p associado à Estatística-F, que, para o modelo 1A, os submodelos aplicados a cada uma das regiões brasileiras mostraram-se estatisticamente significativos, com exceção da Região Norte. Isto é, a variável independente contribui para explicar as variações da variável dependente, número de trabalhadores agrícolas,

1 Ao estimar os coeficientes por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), observa-se, pelo teste de Breusch-Godfrey (LM Test), a quebra do pressuposto de ausência de autocorrelação nos erros do modelo nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste. A autocorrelação indica que os erros associados às observações em um dado período são transferidos para períodos futuros (GORI, 2017). Assim, estima-se esses modelos utilizando o método Newey-West (HAC) para corrigir a estatística-T e o valor-p a ela associados.

2 Ao estimar os coeficientes por MQO, observa-se, pelo teste de Breusch-Godfrey (LM Test), a quebra do pressuposto de ausência de autocorrelação nos erros do modelo na Região Centro-Oeste. Assim, para tal região, estima-se o modelo utilizando o método Newey-West (HAC).

a um nível de significância de 5%. Isso pode ser confirmado pela Estatística-T, que indica que o coeficiente da variável número de colhedoras é estatisticamente significativo para explicar a variável dependente – número de trabalhadores agrícolas na cultura canavieira. Nesse sentido, pode-se, então, inferir que o aumento de 1% no número de colhedoras por dez mil hectares acarreta uma diminuição de aproximadamente 0,13%, 0,49%, 1,22% e 1,39% no número de trabalhadores agrícolas, respectivamente, nas Regiões Nordeste, Sul, Sudeste e Centro-Oeste.

Para o modelo 2A, os resultados apresentados na Tabela 2 indicam, a partir do valor-p associado à Estatística-F, que todos os submodelos se mostraram estatisticamente significativos. Pode-se, então, inferir que o aumento de 1% no percentual de colheita mecanizada acarreta uma diminuição de aproximadamente 0,13%, 0,53%, 1,31%, 1,41% e 1,54% no número de trabalhadores agrícolas, respectivamente, nas Regiões Nordeste, Sul, Sudeste, Norte e Centro-Oeste.

Tanto o modelo 1A quanto o modelo 2A apresentam, para os modelos estatisticamente significativos, um considerável coeficiente de determinação (R^2) de, no mínimo, 61% e 63%, nessa ordem. Isso indica que uma variação no número de colhedoras ou da mecanização da cultura de cana-de-açúcar explica, no mínimo, 61% ou 63%, respectivamente, das variações do número de trabalhadores nessas localidades.

Em se tratando do quesito escolaridade dos trabalhadores dos canaviais, também se observam particularidades regionais, como é detalhado na Tabela 3.

Tabela 3 – Escolaridade dos trabalhadores da cultura da cana-de-açúcar em 2006 e 2016, por região brasileira

Regiões brasileiras	Até fundamental completo		Médio incompleto		Médio completo		Superior incompleto		Superior completo ou mais	
	2006	2016	2006	2016	2006	2016	2006	2016	2006	2016
Norte	91,3%	58,8%	5,1%	15,7%	3,5%	24,7%	0,1%	0,2%	0,0%	0,6%
Nordeste	97,9%	95,5%	1,3%	2,1%	0,6%	2,3%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%
Sudeste	90,2%	81,8%	4,6%	5,5%	5,0%	12,2%	0,1%	0,3%	0,1%	0,2%
Sul	86,7%	83,8%	3,8%	6,5%	9,4%	9,0%	0,1%	0,4%	0,1%	0,3%
Centro-Oeste	90,9%	77,7%	4,7%	7,9%	4,1%	13,3%	0,1%	0,6%	0,1%	0,5%
Média Brasil	91,4%	79,5%	3,9%	7,5%	4,5%	12,3%	0,1%	0,3%	0,1%	0,3%

Fonte: RAIS. Elaboração própria.

Os dados da Tabela 3 mostram que, em média, a demanda por trabalhadores com pelo menos ensino médio incompleto aumentou entre os anos de 2006 e 2016, em detrimento dos trabalhadores com até o fundamental completo. Porém, a absorção de mão de obra é diferente entre as regiões, como mostram os resultados dos modelos econométricos do tipo B, apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Efeitos da mecanização e do número de colhedoras por 10.000 hectares sobre a qualificação dos empregados contratados nas Grandes Regiões brasileiras

Variáveis	Modelo 1B: Escolaridade X Colhedoras por área ³					Modelo 2B: Escolaridade X Taxa de Mecanização				
	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Intercepto										
Coeficiente	-3,9185	-3,9147	-3,3843	-2,2590	-3,9696	-8,0746	-4,7339	-5,2956	-1,9234	-6,6756
Estatística-T	-4,5731	-61,7654	-25,4168	-23,4669	-31,1290	-6,0488	-22,0080	-14,8409	-5,6655	-9,4734
Valor-p	0,0013	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000

3 Ao estimar os coeficientes por MQO, observa-se a quebra do pressuposto de ausência de autocorrelação nos erros dos modelos referentes às Regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste. Assim, estimam-se tais modelos utilizando o método Newey-West (HAC) para corrigir a estatística-T e o valor-p a ela associada.

Variáveis		Modelo 1B: Escolaridade X Colhedoras por área ³					Modelo 2B: Escolaridade X Taxa de Mecanização				
		Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Variável independente	Coefficiente	0,9321	0,3049	0,6490	-0,1148	0,9311	1,4101	0,3155	0,6902	-0,1240	1,0155
	Estatística-T	2,3382	3,6812	6,5758	-1,4327	7,4470	4,6080	3,4873	8,2046	-1,4132	6,1955
	Valor-p	0,0442	0,0051	0,0001	0,1858	0,0000	0,0013	0,0069	0,0000	0,1912	0,0002
	R ²	37,79%	60,09%	81,33%	18,00%	63,67%	70,23%	57,47 %	88,21%	18,16%	81,01%
	R ² ajustado	30,88%	55,66%	79,26%	8,90%	59,64%	66,92%	52,74%	86,90%	9,07%	78,90%
	Estatística-F	5,4672	13,5512	39,2109	1,9764	15,7743	21,2338	12,1611	67,3171	1,9972	38,3849
	Valor-p	0,0441	0,0051	0,0001	0,1933	0,0032	0,0013	0,0069	0,0000	0,1912	0,0002
	N				11					11	

Fonte: Elaborado pelas autoras com base na análise dos resultados do software Eviews.

A partir dos resultados apresentados nos modelos 1B pode-se verificar que, com exceção dos resultados da Região Sul, todos os modelos são estatisticamente significativos ao nível de significância de 5%, a partir do valor-p associado à Estatística-F. Os coeficientes da variável independente mostram que o aumento de 1% no número de colhedoras por dez mil hectares acarreta elevação de aproximadamente 0,30%, 0,64%, 0,93% e 0,93% no percentual trabalhadores agrícolas da cultura em questão com no mínimo ensino médio completo, *ceteris paribus*, respectivamente, para as Regiões Nordeste, Sudeste, Norte e Centro-Oeste. Porém, o modelo aplicado às Regiões Norte e Sul apresentaram reduzido poder explicativo, dado pelo R².

Nos modelos 2B, pode-se verificar que, com exceção dos resultados da Região Sul, todos os modelos são estatisticamente significativos ao nível de significância de 5%, a partir do valor-p associado à Estatística-F. Logo, o aumento de 1% no percentual de colheita mecanizada acarreta uma elevação de aproximadamente 0,32%, 0,69%, 1,02% e 1,41% no percentual de trabalhadores agrícolas da cultura em questão com no mínimo ensino médio completo, *ceteris paribus*, respectivamente, para as Regiões Nordeste, Sudeste, Centro-Oeste e Norte. Cabe destacar a relação elástica entre essas variáveis para as Regiões Norte e Centro-Oeste, ou seja, a intensificação da mecanização da colheita nessas regiões gerou contratação mais que proporcional no número de empregados. Quanto ao poder explicativo desses modelos, isto é, o R², pode-se inferir que este mostrou-se considerável nas Regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste. Essa estatística indica que a variação na variável Percentual de Colheita Mecanizada explica boa parte das variações do percentual de trabalhadores da cultura de cana-de-açúcar com no mínimo ensino médio completo nessas localidades.

Na contramão, os resultados da Região Sul não se mostraram estatisticamente significativos ao nível de significância de 5% pela Estatística-F. Essa região também apresentou baixo poder explicativo (R²) e, inclusive, uma relação inversa entre as variáveis analisadas. Esse fato pode ser justificado pelo fato de que essa foi a única região em que o percentual de trabalhadores com no mínimo ensino médio completo se reduziu, ainda que minimamente, enquanto o percentual de colheita mecanizada aumentou significativamente.

Em suma, apesar das particularidades de cada região, os modelos elaborados, tanto para analisar o papel da mecanização sobre o emprego quanto para estudar o papel da mecanização sobre o nível escolar dos trabalhadores dos canaviais, mostraram-se, em geral, adequados para atender ao propósito desta pesquisa. Tais modelos permitem constatar, como fora abordado na literatura, uma relação inversa nos modelos do tipo A, indicando um desemprego decorrente do avanço da mecanização, e uma relação direta nos modelos tipo B, corroborando com a ideia de que, em maior ou menor grau, a mecanização pleiteia trabalhadores mais qualificados.

5 DISCUSSÃO

A mecanização da cana-de-açúcar se intensificou significativamente nas regiões brasileiras, com exceção da Região Nordeste, que possui menores extensões de terra passíveis de mecanização. Esses resultados refletem de alguma forma o que foi apontado por Menezes, Silva e Cover (2011). Isso é, para esses autores, a desaceleração do Proálcool em 1990 fez com que os produtores de cana-de-açúcar, objetivando maior competitividade nos custos, adotassem um padrão de produção mais intensivo em tecnologia.

Os modelos 1A e 2A, ao indicarem uma relação inversa entre número de máquinas e número de trabalhadores agrícolas na cultura da cana-de-açúcar, corroboram com o que foi anteriormente enunciado na literatura, por Balsadi (2007) e Pitta (2011). Porém, é relevante frisar que o efeito da mecanização atingiu de forma diferente as regiões brasileiras, apesar de quase todas as regiões, com exceção da Região Nordeste, terem elevado a taxa de mecanização acima de 80% da produção, como observado na Tabela 1. A intensidade da substituição, dada pelo coeficiente da variável independente, mostra que nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste uma elevação, tanto no número de colhedoras quanto na taxa de mecanização, reduz mais que proporcionalmente o número de empregados.

Em relação a essas duas regiões, é importante destacar que o estado de São Paulo, maior produtor da Região Sudeste, assinou o Protocolo Agroambiental em 2007. Como consequência, segundo Fredo *et al.* (2014), houve restrição nos prazos para a eliminação das queimadas na colheita da cana-de-açúcar, intensificando a inserção do equipamento de CCT. Além disso, a cultura da cana foi expandida para novas áreas paulistas e para outros estados da Região com maior aptidão para o cultivo da cana e com menor declividade, o que facilitou a implementação do equipamento de CCT, gerando maior redução nos postos de trabalho.

A Região Centro-Oeste mostrou-se mais propensa à substituição de mão de obra do que as demais regiões, o que pode ser explicado pela “jovialidade” da atividade em relação às demais áreas, capacidade de financiamento dos produtores rurais e sua baixa declividade. Nessa região, a expansão da produção de cana é bastante recente, o que facilita a adoção de técnicas diferentes daquelas que já eram utilizadas em áreas tradicionais, porém não foram enraizadas na produção agrícola das novas áreas. Além disso, a Região Centro-Oeste ainda é caracterizada por produtores de larga escala, e, portanto, com maior capacidade de financiamento de novo maquinário do que em estados ou regiões nos quais os produtores são mais atomizados. De acordo com o Censo Agropecuário de 2017, o tamanho médio dos estabelecimentos agrícolas na Região Centro-Oeste era de 319 hectares, enquanto a média nas demais regiões era de 64 hectares (IBGE, 2017). Quanto ao relevo, essa região é a que possui a maior quantidade de áreas consideradas aptas para a produção de cana-de-açúcar, de acordo com o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar (MANZATTO *et al.*, 2009), o que facilita a utilização do maquinário de CCT, diferentemente da Região Sul, caracterizada por uma grande quantidade de terras com relevo inadequado para a produção de cana e por estabelecimentos de pequeno porte, quando comparada às demais regiões.

Na Região Nordeste, tanto o avanço da mecanização como a evolução do número de empregados na agricultura de cana-de-açúcar estão associados às condições geográficas – um relevo que não viabiliza uma mecanização mais intensiva (MANZATTO *et al.*, 2009; HSSA, 2011; LIMA, 2021) – e à inviabilidade financeira do equipamento de CCT, quando o valor do equipamento é comparado ao valor da mão de obra na região e à capacidade de financiamento dos produtores. O percentual da mão de obra empregada na agricultura de cana-de-açúcar com remunerações de até dois salários-mínimos era de 93% em 2003 e 88% no ano de 2016, ao passo que na região Centro-Sul esses percentuais eram de 47% e 52% respectivamente. Além disso, os produtores rurais da Região Nordeste são de pequeno porte, dada a área média de produção dos estabelecimentos rurais – aproximadamente 30 hectares/estabelecimento, contra uma média de 136 hectares/estabelecimento nas demais regiões –, dificultando o financiamento de maquinário para a colheita da cana.

Assim, a Região Nordeste permanece com um nível de expansão de tecnologia de CCT relativamente baixo e ainda importante na geração de empregos nessa cultura.

Quanto à escolaridade dos empregados, Scopinho *et al.* (1999) afirmavam que com a inserção de novas tecnologias no CCT da cana-de-açúcar, a alfabetização e o treinamento passariam a ser requisitos básicos para a contratação. Moraes (2007) acrescentava que esse processo implicaria a alteração qualitativa na demanda de mão de obra, com a utilização de mais trabalhadores especializados. Os coeficientes apresentados nos modelos 1B e 2B e a Tabela 3 mostram que houve aumento das contratações de empregados com no mínimo ensino médio completo. Porém, esse aumento foi relativamente tímido na maior parte das regiões, já que uma elevação do número de colhedoras ou no percentual da cultura mecanizada gera um aumento médio menos que proporcional no número empregados com maior qualificação.

Dessa maneira, os coeficientes dos modelos 1B e 2B refletem de alguma forma o que já havia sido apontado por Scopinho *et al.* (1999), antes mesmo da reorganização da produção sucroalcooleira após a desregulamentação: apesar da inserção das novas tecnologias de CCT, o nível de instrução exigido dos operadores não seria tão elevado. Como consequência, seria necessário apenas ler, escrever e receber treinamento para operar as máquinas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa buscou discutir o papel da tecnologia sobre o emprego no setor da agricultura da cana-de-açúcar nas regiões brasileiras. Especificamente, exploraram-se os fatores que viabilizaram o progresso técnico dessa cultura. Assim, pôde-se constatar que o processo de modernização tecnológica na agricultura gerou, entre outros resultados, melhoria da produtividade, redução dos custos de produção e alteração na velocidade da absorção de mão de obra.

A análise econométrica permitiu confirmar a ideia de que a modernização na cultura da cana-de-açúcar reduziu a necessidade de trabalhadores no campo no Brasil, especialmente em atividades especializadas. Esse processo vem se mostrando persistente, caracterizando uma situação de desemprego estrutural, na qual não se observa reversibilidade ao longo do tempo. No entanto, a intensidade desse processo foi diferente entre as regiões brasileiras, como foi discutido nas seções de resultados e discussão deste artigo.

Ao analisar o efeito da mecanização sobre o número de empregados, pode-se afirmar que as regiões com início da produção mais recente mostraram-se mais propensas a desempregar trabalhadores rurais, assim como aquelas com maiores possibilidades de financiamento do equipamento de CCT e com maior aptidão à mecanização – Sudeste e Centro-Oeste. A Região Nordeste, apesar da pequena representatividade na produção nacional, permanece importante geradora de empregos no campo. A Região se mostrou menos propensa à mecanização em função de fatores como mão de obra barata, soma de terras pouco aptas à mecanização e produtores com baixa capacidade de financiamento.

Já em relação à contratação de mão de obra mais qualificada, foi observado que, mesmo com a intensificação do uso de tecnologias, não houve acréscimo significativo das contratações de empregados nas faixas maiores de nível de instrução, já que as novas tarefas não seriam tão complexas, como também apontado pela literatura. Como resultado, os maiores efeitos da mecanização sobre o nível de instrução dos empregados se concentraram sobre empregos com nível de instrução inferior ou igual ao ensino médio completo.

Em suma, a inserção de novas tecnologias de colheita intensificou mais a redução no número de empregados no campo do que na contratação de mão de obra qualificada. Essa constatação respeita a lógica de intensificação tecnológica das atividades de produção para as quais a inserção de novas e mais modernas máquinas gera uma necessidade menor de mão de obra especializada.

Como consequência, os empregados dessa cultura enfrentaram, e ainda enfrentam, o desafio da recolocação, especialmente aqueles que compõem o grupo de mão de obra barata e de baixa instrução formal. A Região Nordeste, apesar de se manter como importante empregadora nesse setor, também vem apresentando redução do número de empregados. Nesta, o desafio é ainda maior, já que a Região é responsável por mais de 60% dos empregos na cultura.

A dificuldade de mecanização na Região Nordeste representa um desafio para o setor privado, que observa uma redução da competitividade da atividade sucroalcooleira em relação à Região Centro-Sul. Ao setor público recai a tarefa de desenvolver alternativas de ocupação para os trabalhadores excluídos da cultura, os quais apresentam, em geral, um baixo nível de qualificação e são limitados de atuar em outras atividades econômicas. Se faz relevante, especialmente na região mencionada, que se avalie a extensão da absorção da mão de obra desempregada no setor por estado e por atividade econômica, para que se possam adotar políticas públicas específicas. Dadas essas constatações, é imprescindível promover a dinamização e diversificação das economias locais das regiões canavieiras, assim como a instrução dos trabalhadores locais para novas atividades.

Uma limitação deste estudo é que ele é baseado em informações sobre emprego formal e que não se estende a toda mão de obra empregada no setor – temporária e informal. Este estudo buscou entender o efeito da mecanização sobre o emprego e as qualificações exigidas. Sugere-se como extensão desta pesquisa analisar o efeito de outras variáveis que possam também explicar o desemprego no campo na produção de cana, além da mecanização da cultura. Uma outra sugestão é a de comparar alternativas diferentes de análise dos dados, como a apresentação dos dados em painel, para verificar a possibilidade de ocorrência de outros resultados além dos obtidos neste artigo.

REFERÊNCIAS

- AMEZCUA, Cinthya Larissa Guerrero. **Labor market perspectives of the Brazilian sugarcane agro-industry: prospects and challenges**. 2013. 177 f. Tese (Doutorado) – Curso de Environmental Sciences, Faculty of Environmental Sciences and Process Engineering, Brandenburg University Of Technology, Cottbus, 2012.
- BALSADI, Otavio Valentim. O mercado de trabalho assalariado na cultura da cana-de-açúcar, no Brasil, no período 1992–2005. **Revista de Política Agrícola**, [s.l.], ano XVI, n. 2, p. 34-43, abr./maio/jun. 2007. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/124700/o-mercado-de-trabalho-assalariado-na-cultura-da-cana-de-acucar-no-brasil-no-periodo-1992-2005>. Acesso em: 04 abr. 2018.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira – Cana-de-açúcar**. Brasília-DF, v. 5, n. 3, 74 p., dez. 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>”<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>.
- ECKARDT, Marcio; ABREU, Yolanda Vieira. Management for sugarcane harvest mechanization using technical coefficients. **Custos e @gronegocio On Line**, Pernambuco, v. 13, n. 2, p. 18-34, abr./jun. 2017.
- FERNANDES, Carlândia Brito Santos; SHIKIDA, Pery Francisco Assis; CUNHA, Marina Silva da. O mercado de trabalho formal no setor sucroalcooleiro no Brasil. **Revista do Desenvolvimento Regional**, Santa Cruz do Sul, v. 18, n. 2, p. 177-192, ago. 2013. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/redes/article/view/3155/2813>. Acesso em: 10 maio 2019.

FREDO, Carlos Eduardo *et al.* **Mecanização na Colheita da Cana-de-açúcar Paulista Supera 80% na Safra 2012/13.** 2014. Disponível em: <http://www.iewa.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=13463>. Acesso em: 22 maio 2017.

GONÇALVES, José Sidnei; SOUZA, Sueli Alves Moreira. Proibição da queima de cana no estado de São Paulo: simulações dos efeitos na área cultivada e na demanda pela força de trabalho. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 21-40, mar. 1998.

HISSA, Letícia de Barros Viana. **Modelagem espacial da produtividade e rentabilidade econômica do cultivo de cana-de-açúcar para o Brasil e para a Região MAP.** 2011. 72 f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA [online]. SIDRA. **Base de dados.** Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 06 abr. de 2018.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA (IEA). Disponível em: <http://www.iewa.sp.gov.br/ftpiea/AIA/AIA-37-2012.pdf>”<http://www.iewa.sp.gov.br/ftpiea/AIA/AIA-37-2012.pdf>

LIMA, José Rodolfo Tenório. Colheita mecanizada da cana-de-açúcar: o que nos revelam os especialistas do setor sobre as motivações e impeditivos da sua adoção na realidade canavieira de Alagoas? **Revista Estudos Sociedade e Agricultura**, [s.l.], v. 29, n. 1, p. 219. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.36920/esa-v29n1-12>”<http://dx.doi.org/10.36920/esa-v29n1-12>. Acesso em: 01 fev. 2021.

MANZATTO, Celso Vainer; ASSAD, Eduardo Delgado; BACCA, Jesus Fernando Mansilla; ZARONI, Maria José; PEREIRA, Sandro Eduardo Marschhausen. **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 55 p.

MENEZES, Marilda Aparecida de; SILVA, Marcelo Saturnino da; COVER, Maciel. Os impactos da mecanização da colheita de cana-de-açúcar sobre os trabalhadores migrantes. **Ideias**, [s.l.], v. 2, n. 1, p. 59-87, 3 ago. 2011. Universidade Estadual de Campinas. Doi: <http://dx.doi.org/10.20396/ideias.v2i1.8649331>. Acesso em: 22 maio 2017.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **C614: Classificação Brasileira de Ocupações.** 3. ed. Brasília: Gráfica Brasil, 2010. 828 p.

MORAES, Márcia Azanha Ferraz Dias de. **A desregulamentação do setor sucroalcooleiro do Brasil.** Americana, SP: Caminho Editorial, 2000.

MORAES, Márcia Azanha Ferraz Dias de. Indicadores do mercado de trabalho do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar do Brasil no período 1992-2005. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, [s.l.], v. 37, n. 4, p. 875-902, out-dez. 2007. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-41612007000400007>. Acesso em: 15 jun. 2018.

NOVA CANA. **Evolução do plantio e da colheita mecanizados da cana-de-açúcar.** [online]. Disponível em: <https://www.novacana.com/estudos/evolucao-plantio-colheita-mecanizados-cana-de-acucar-160813/>. Acesso em: 22 maio 2017.

PITTA, Fábio Teixeira. **Modernização retardatária e agroindústria sucroalcooleira paulista: o Proálcool como reprodução fictícia do capital em crise.** 184 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Geografia Humana, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-20102011-110312/pt-br.php>. Acesso em: 15 mar. 2018.

RAIS [online]. **Base de dados**. Disponível em: <http://bi.mte.gov.br/bgcaged/login.php>. Acesso em: 06 abr. 2018.

SCOPINHO, Rosemeire Aparecida *et al.* Novas tecnologias e saúde do trabalhador: a mecanização do corte da cana-de-açúcar. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 147-161, jan-mar. 1999. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X1999000100015>. Acesso em: 15 mar. 2018.

SOUZA, Alexandre *et al.* Social life cycle assessment of first and second-generation ethanol production technologies in Brazil. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, [s.l.], v. 23, n. 3, p. 617-628, 27 abr. 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11367-016-1112-y>”<http://dx.doi.org/10.1007/s11367-016-1112-y>.

TORQUATO, S. Mecanização da colheita da cana-de-açúcar: benefícios ambientais e impactos na mudança do emprego no campo em São Paulo, Brasil. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)**, n. 29, p. 49-62, 30 set. 2013.

VIEIRA FILHO, J. E. R. Transformação histórica e padrões tecnológicos da agricultura brasileira. In: ROMEIRO, A. R. *et al.* **O mundo rural no Brasil do século 21: A formação de um novo padrão agrário e agrícola**. Brasília: Embrapa, 2014. p. 395-422.