



PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA (PROPE)  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU (CPGSS)  
ESCOLA DE GESTÃO E NEGÓCIOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO EM  
DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO TERRITORIAL (MDPT)

**EXPANSÃO E IMPACTOS DA CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO  
NORTE DE GOIÁS**

**GABRIELA NOBRE CUNHA**

GOIÂNIA  
ABRIL – 2021

**GABRIELA NOBRE CUNHA**

**EXPANSÃO E IMPACTOS DA CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO  
NORTE DE GOIÁS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* – Mestrado Acadêmico em Desenvolvimento e Planejamento Territorial (MDPT), da Escola de Gestão e Negócios da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-Goiás), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Planejamento Territorial.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Pasqualetto.

GOIÂNIA  
ABRIL – 2021

Autorizo a reprodução e a divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo da Publicação  
Sistema de Biblioteca da PUC Goiás

C972e Cunha, Gabriela Nobre  
Expansão e impactos da cana-de-açúcar na Região Norte de Goiás / Gabriela Nobre Cunha.-- 2021.  
117 f.; il.

Texto em português com resumo em inglês  
Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Desenvolvimento e Planejamento Territorial, Goiânia, 2021  
Inclui referências f.102-117

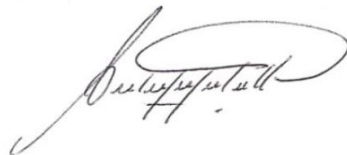
1. Cana-de-açúcar. 2. Impacto ambiental - Goiás (Estado).  
3. Produtividade do trabalho. I. Pasqualetto, Antônio.  
II. Pontifícia Universidade Católica de Goiás - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Planejamento Territorial - 2021. III. Título.

CDU: Ed. 2007 -- 338.45:633.61(817.3)(043)

**GABRIELA NOBRE CUNHA**

**EXPANSÃO E IMPACTOS DA CANA-DE-AÇUCAR NO NORTE DE GOIÁS**

Dissertação do Mestrado em Desenvolvimento e Planejamento Territorial da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, defendida e aprovada em 12/03/2021 pela Banca Examinadora constituída pelo(as) professor(as):



---

***Dr. Antônio Pasqualetto***  
Orientador / PUC Goiás



---

***Dr. Alcido Elenor Wander***  
Examinador externo / UNIALFA

PEDRO ARAUJO  
PIETRAFESA:99617633191

Assinado de forma digital por PEDRO  
ARAUJO PIETRAFESA:99617633191  
Dados: 2021.03.12 17:21:43 -03'00'

---

***Dr. Pedro Araújo Pietrafesa***  
Examinador interno - PUC Goiás

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me abençoar todos os dias com vida, saúde, proteção e por sempre guiar os meus passos.

Aos meus familiares; em especial, à minha mãe, Oneide Nobre da Cunha, ao meu pai, Ernane da Silveira Cunha, e ao meu irmão, Fernando Nobre Cunha, pelo amor, pela força e pela motivação.

Ao meu esposo, Rogério Maróstica, por todo amor e apoio.

À discente do mestrado Pollyana Dalenogari pela amizade.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Antônio Pasqualetto, pela dedicação, paciência, compreensão, sabedoria e pelo apoio constante.

À Pontifícia Universidade Católica de Goiás e ao corpo Docente do Programa de Mestrado em Desenvolvimento e Planejamento Territorial.

## RESUMO

O crescimento da área de ocupação da cana-de-açúcar no estado Goiás explica-se pelo fato de a colheita ser mecanizada e por contar com altos investimentos em tecnologia, tornando o produto um dos principais segmentos dentro da economia goiana. No estado, a cana-de-açúcar está espalhada por 193 municípios, sendo que a mesorregião do Sul Goiano concentrava, no ano de 2010, 75,03% da produção, seguida pelas mesorregiões do Centro (19,88%), do Leste (4,35%), do Norte (0,66%) e do Noroeste Goiano (0,08%). Com base nessas considerações, o objetivo geral deste estudo foi o de avaliar a expansão do cultivo da cana-de-açúcar, os seus impactos socioeconômicos e ambientais, bem como sua viabilidade econômica em uma usina situada no município de Uruaçu, situado no Norte de Goiás. Para tanto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, além do levantamento de dados sobre a produção e a safra junto à Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), e sobre a área cultivada – produtividade, produção e receita bruta da cana-de-açúcar –, de 2010 a 2019, junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). De 2010 a 2019, a expansão da lavoura de cana-de-açúcar na mesorregião do Norte Goiano mostrou-se bastante expressiva, com elevação de 57,06%, 57,80%, 57,83% e 70,59% em termos de área plantada, produtividade, produção e receita bruta, respectivamente. A indústria canavieira gerou efeitos positivos sobre o emprego e a renda, não sendo observados impactos sobre o meio ambiente, a saúde e a educação. No geral, os impactos socioeconômicos e ambientais provocados pelo setor sucroalcooleiro na mesorregião estudada podem ser considerados de média ou alta relevância, devido, principalmente, ao fato de que a indústria localizada nessa região ainda pouco investiu para minimizá-los, concentrando, basicamente, 60% dos seus investimentos em operações mecanizadas e materiais consumidos.

**Palavras-chave:** Cana-de-açúcar, Microrregião, Produtividade, Rendimento.

## ABSTRACT

The growth in the area of occupation of sugarcane in the state of Goiás is explained by the fact that the harvesting of sugar cane in Goiás is mechanized and with high investments in technology, making sugar cane one of the main segments within of the economy in Goiás, so in Goiás, sugar cane is spread over 193 municipalities, with the South Goiano mesoregion concentrating 75.03% of production, followed by the Central mesoregion (19.88%), East (4.35% ), Norte (0.66%) and Noroeste Goiano (0.08%), in 2010. The general objective of this study was to evaluate the expansion of sugarcane cultivation, its socioeconomic and environmental impacts in the northern region of Goiás, as its economic viability in an industry located in the municipality of Uruaçu - GO. It was bibliographic research was carried out, in addition to gathering data on production and harvest from the National Supply Company (Conab) and data on cultivated area, productivity, production and gross revenue from sugarcane in northern Goiás from 2010 to 2019 with the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). The expansion of the sugarcane crop from 2010 to 2019 in the North Goiano mesoregion is quite expressive with an increase of approximately 57.06, 57.80, 57.83 and 70.59% in the planted area, productivity, production, and gross revenue, respectively. The sugarcane industry generated on employment and income, they did not observe significant on the environment, health, and education. The socioeconomic and environmental impacts in general caused by the sugar and alcohol sector in the North of Goiás can be considered of medium or high relevance, mainly because the industry located in this region still presents little investments to minimize these impacts, focusing its investments (60%) basically on mechanized operations and materials consumed.

**Keywords:** Sugarcane, Microregion, Productivity, Yield.

## LISTA DE FIGURAS

### **CAPÍTULO 1 – EXPANSÃO E EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO TERRITORIAL DO CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO NORTE DE GOIÁS..... 17**

Figura 1 – Área plantada com cana-de-açúcar, em função do ano, para as mesorregiões de Goiás, Goiânia-GO, 2019 .....	21
Figura 2 – Área ocupada com cana-de-açúcar da área total cultivada com outras culturas, em função do ano, para as mesorregiões de Goiás, Goiânia-GO, 2019 .....	23
Figura 3 – Produção da cana-de-açúcar, em função do ano, para as mesorregiões de Goiás, Goiânia-GO, 2019.....	25
Figura 4 – Produtividade da cana-de-açúcar, em função do ano, para as mesorregiões de Goiás, Goiânia-GO, 2019 .....	27
Figura 5 – Receita bruta da cana-de-açúcar, em função do ano, para as mesorregiões de Goiás, Goiânia-GO, 2019 .....	30
Figura 6 – Receita bruta percentual da cana-de-açúcar da Receita bruta total cultivada com outras culturas, em função do ano, para as mesorregiões de Goiás, Goiânia-GO, 2019 .....	32
Figura 7 – Área plantada com cana-de-açúcar, em função do ano, nas microrregiões do Norte Goiano, Goiânia-GO, 2019.....	34
Figura 8 – Área ocupada com cana-de-açúcar da área total cultivada, em função do ano, nas microrregiões do Norte Goiano, Goiânia-GO, 2019.....	35
Figura 9 – Produção da cana-de-açúcar, em função do ano, nas microrregiões do Norte Goiano, Goiânia-GO, 2019.....	36
Figura 10 – Produtividade da cana-de-açúcar, em função do ano, nas microrregiões do Norte Goiano, Goiânia-GO, 2019.....	38
Figura 11 – Receita bruta da cana-de-açúcar, em função do ano, nas microrregiões do Norte Goiano, Goiânia-GO, 2019.....	39
Figura 12 – Receita bruta percentual da cana-de-açúcar em relação ao valor da produção das lavouras temporárias em função do ano nas microrregiões do Norte Goiano, Goiânia-GO, 2019 .....	40

### **CAPÍTULO 3 – IMPACTO FINANCEIRO DA IRRIGAÇÃO E DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA USINA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM URUAÇU, BRASIL..... 89**

Figura 1 – Custos com o cultivo da cana-de-açúcar em função do corte com (A) e sem adubação com nitrogênio em cobertura (B) e em cultivo irrigado (C), Uruaçu-GO, 2019 .	95
--	----



Figura 2 – Custos percentuais com o cultivo da cana-de-açúcar em função do corte com (A) e sem adubação com nitrogênio em cobertura (B) e em cultivo irrigado (C), Uruaçu-GO, 2019 .....	97
Figura 3 – Custo operacional total do cultivo da cana-de-açúcar em função dos componentes da margem com (A) e sem adubação com nitrogênio em cobertura (B) e em cultivo irrigado (C), Uruaçu-GO, 2019 .....	99

## LISTA DE QUADROS

<b>CAPÍTULO 2 – IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA NA REGIÃO NORTE DE GOIÁS .....</b>	<b>43</b>
Quadro 1 – Atributos utilizados para classificar os impactos ambientais .....	46
Quadro 2 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de aquisição de terras para o monocultivo de cana-de-açúcar .	52
Quadro 3 – Produtos temporários mais comuns cultivados em Goiás observados na região Norte do estado entre os anos de 2016 e 2019.....	53
Quadro 4 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de contratação de mão-de-obra permanente no monocultivo de cana-de-açúcar .....	54
Quadro 5 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de aquisição dos fatores de produção no monocultivo de cana-de-açúcar .....	56
Quadro 6 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de preparo do solo para o monocultivo de cana-de-açúcar .....	57
Quadro 7 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de calagem e adubação no monocultivo de cana-de-açúcar.....	60
Quadro 8 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de plantio de toletes de cana-de-açúcar em monocultura.....	62
Quadro 9 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de controle de plantas daninhas no monocultivo de cana-de-açúcar.....	63
Quadro 10 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de adubação nitrogenada de cobertura na cultura da cana-de-açúcar.....	66
Quadro 11 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de controle biológico da broca da cana-de-açúcar .....	68
Quadro 12 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de cultivo mecânico da cultura da cana-de-açúcar .....	69
Quadro 13 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de contratação de mão-de-obra sazonal no monocultivo de cana-de-açúcar.....	71
Quadro 14 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de queima do canavial .....	72

Quadro 15 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de colheita manual da cana-de-açúcar queimada .....	75
Quadro 16 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de transporte dos colmos de cana-de-açúcar para beneficiamento .....	77
Quadro 17 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de contratação de mão-de-obra sazonal no processo produtivo de açúcar e álcool .....	80
Quadro 18 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de tratamento inicial da cana-de-açúcar na chegada à indústria .....	81
Quadro 19 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de moagem da cana-de-açúcar .....	83
Quadro 20 – Listagem descritiva de aspectos, impactos e suas devidas classificações na atividade de produção do açúcar.....	84
Quadro 21 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de produção do etanol.....	85
Quadro 22 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de alimentação energética da indústria.....	87

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGRIANUAL	- Anuário da Agricultura Brasileira
ATR	- Açúcares Totais Recuperáveis
CEPEA	- Centro de Pesquisa de Economia Aplicada
CNA	- Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
Conab	- Companhia Nacional de Abastecimento
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTC4	- Cana-Planta e Cana-Soca
DBO	- Demanda Bioquímica de Oxigênio
DGMA	- Diretoria de Gestão Estratégica, Monitoramento e Avaliação
DQO	- Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FIESP	- Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	- Instituto de Economia Agrícola
IPCC	- Intergovernmental Panel on Climate Change
MAPA	- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
NBR	- Norma Brasileira
Pecege	- Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas
pH	- Potencial Hidrogeniônico
PIB	- Produto Interno Bruto
SEAD	- Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário
UNICA	- União da Indústria de Cana-de-Açúcar
VPL	- Valor Presente Líquido

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO 1 – EXPANSÃO E EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO TERRITORIAL DO CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO NORTE DE GOIÁS.....</b>	<b>17</b>
1 INTRODUÇÃO .....	18
2 METODOLOGIA .....	19
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
3.1 Mesorregiões de Goiás.....	20
3.2 Microrregiões do Norte Goiano .....	34
4 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS .....	41
<b>CAPÍTULO 2 – IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA NA REGIÃO NORTE DE GOIÁS.....</b>	<b>43</b>
1 INTRODUÇÃO .....	44
2 METODOLOGIA .....	45
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
3.1 Setor Agrícola .....	46
3.2 Setor da Agroindústria .....	79
4 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS .....	88
<b>CAPÍTULO 3 – IMPACTO FINANCEIRO DA IRRIGAÇÃO E DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA USINA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM URUAÇU, BRASIL.....</b>	<b>89</b>
1 INTRODUÇÃO .....	90
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	92
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	93
4 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS .....	100
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>101</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>102</b>

## INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. Estima-se que, para 2020/21, sejam produzidas 630.710,9 mil toneladas de cana-de-açúcar. Além disso, esse produto é o terceiro cultivo mais representativo em área do país, atrás apenas da soja e do milho. Logo, essa cultura tem importância para o agronegócio brasileiro, pois é considerada uma alternativa ao setor de biocombustíveis, devido ao potencial na produção de etanol e seus respectivos subprodutos. Diferentemente do que ocorre nos demais países, a agroindústria sucroalcooleira nacional opera em uma conjuntura positiva e sustentável, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento – Conab (2020). Cabe destacar também que existem no país mais de 420 usinas instaladas, com elevada capacidade para processamento (HISSA, 2011).

Por meio da cana-de-açúcar, são produzidos açúcar, álcoois combustíveis e industriais, aguardente. Além disso, pode ser consumida *in natura*; o bagaço é fonte para a produção de energia e papel, e a ponta pode ser utilizada como alimentação animal (LUCCHESI, 1995; PINTO, 2002). Assim, a cana-de-açúcar é um importante produto da balança comercial brasileira, sendo o país o principal produtor e exportador de açúcar e etanol, de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (2016).

A matriz energética do Brasil tem a cana-de-açúcar como a principal fonte de energia renovável, uma vez que 18% da energia total produzida provém do etanol da cana-de-açúcar, sendo essa a segunda fonte de energia no país (RODRIGUES, 2011). Como resultado, a agroindústria sucroalcooleira brasileira possui elevado valor socioeconômico, sendo estratégica pela importância do álcool na matriz energética brasileira, que apresenta a frota de veículos menos dependente de petróleo do mundo (HISSA, 2011).

O setor produtivo brasileiro tende a ampliar a escala de produção nos próximos anos, considerando a demanda crescente nos mercados interno e externo por açúcar e etanol. Entretanto, há necessidade de melhor aproveitamento da produção de biomassa – já realizada na cana-de-açúcar, pois o bagaço tem utilização (cerca de 90%) em ciclos de potência em cogeração, mas com uso final e conversão muito ineficientes, enquanto a palha ainda é totalmente desperdiçada. Com isso, espera-se que a busca pelo aumento da eficiência energética seja responsável por alterações no padrão de operação das usinas nos próximos anos (SEABRA, 2008).

Nota-se que a expansão da cana-de-açúcar está relacionada com as preocupações com o aquecimento global e a possível escassez dos recursos energéticos fósseis, aumentando a demanda por energias renováveis. Paralelamente ao crescimento da produção de energia

elétrica, por meio da cogeração da cana-de-açúcar, houve a expansão da procura por derivados da cana-de-açúcar (DEFANTE; VILPOUX; SAUER, 2018). Queiroz (2012) identifica razões conjunturais e estratégicas referentes ao setor sucroalcooleiro brasileiro, como a crise do petróleo, a emissão de gases poluentes, o Protocolo de Kyoto e outros, que colaboraram para que, nos últimos anos, houvesse um intenso crescimento da produção de etanol e açúcar.

As perspectivas são de continuidade de expansão do setor, o que implica ampliação de áreas de cultivo. Para atender às crescentes demandas de mercado (externas e internas) por etanol e açúcar, as previsões são de expansão de área plantada (AGRAFNP, 2010; MAPA, 2010; HISSA, 2011).

O desenvolvimento do setor de agroindústria canavieira gerou a busca por novas áreas para plantio. Assim, estados com terras pouco aproveitadas tornam-se atraentes para investimentos. Alguns dos estados que se encaixam nesse conceito são Goiás e Mato Grosso do Sul, que apresentam valores menores de terra e áreas disponíveis para cana-de-açúcar, o que estimula a instalação de diversas usinas (DOMINGUES; THOMAZ JÚNIOR, 2012; DEFANTE; VILPOUX; SAUER, 2018). Dessa forma, em virtude, principalmente, do aumento no consumo de etanol e açúcar, houve a expansão das áreas de cana-de-açúcar, acarretando a utilização de áreas antes ocupadas por outras culturas (REIS; BRITO, 2011; DEFANTE; VILPOUX; SAUER, 2018).

Importa salientar que, parte da área para o cultivo futuro da cana-de-açúcar, ocorre em áreas de pastagens degradadas, principalmente na região Centro-Oeste (MANZATTO *et al.*, 2009). Essa região apresenta o maior percentual de terras aptas à expansão do cultivo de cana-de-açúcar, com 45% do total estimado, seguida pelas regiões Sudeste (34,5%), Sul (11,2%), Nordeste (7,6%) e pelo estado do Tocantins, na região Norte (1,7%) (MARIN, 2014). Com isso, o setor sucroalcooleiro tem ganhado relevância na região Centro-Oeste. Desde a safra 2010/11, a região consolidou-se como segunda maior com área colhida de cana-de-açúcar, sendo verificada a cada safra elevação na diferença percentual para as demais regiões brasileiras (CONAB, 2017).

Para compreender a expansão da cana-de-açúcar em Goiás, deve-se levar em consideração duas tendências espaciais, quais sejam:

- a) uma ao norte e outra ao sul. No caso, a mesorregião Norte, foco deste estudo, o avanço deu-se sobre áreas de vegetação nativa, inclusive Áreas Prioritárias para Conservação, correspondendo a 15% e 6% da área ocupada pela expansão da cana-de-açúcar, anteriormente formada por cerrado e mata, enquanto apenas 12% da expansão ocorreu em áreas de pecuária;

- b) no que diz respeito à mesorregião do Sul Goiano, a expansão da cana-de-açúcar deu-se basicamente em razão das aptidões e da logística existentes (CASTRO *et al.*, 2007; MIZIARA, 2009; SILVA; MIZIARA, 2010; CASTRO *et al.*, 2010). Nesse contexto, surgiu a preocupação com o avanço sobre o Cerrado, que tem ocorrido predominantemente no eixo Norte de Goiás, e a tendência é que a pressão sobre essas áreas se torne cada vez maior, em função do aumento do consumo do etanol e da necessidade do aumento da produção, impulsionando o processo de incorporação de novas áreas com contínuo avançando sobre o cerrado goiano (REIS; WANDER, 2016).

A expansão de cana-de-açúcar remete à otimização de recurso-chave. Dessa forma, as atividades agrícolas são realizadas com diversas variações de operações, distintos níveis de investimento tecnológico e grande amplitude de rendimentos operacionais, que, por sua vez, refletem nas mais variadas composições de custos. Nota-se, com isso, uma relação direta dos custos da atividade agrícola com a expansão da cultura. Essa relação se sobressai ao nível tecnológico adotado, indicando a importância de estudos específicos para melhor compreender a interferência desses custos nos investimentos e na rentabilidade das usinas, levando à busca por novas fronteiras agrícolas com melhor relação custo/benefício, como o Norte goiano (CHERUBIN, 2019).

Fica evidente, portanto, a necessidade de investigar a dinâmica da expansão da cana-de-açúcar no Norte de Goiás e, partindo de análises desse cenário, considerar o próprio esgotamento da possibilidade de expansão nas áreas tradicionais, levando em conta que os agentes econômicos buscam áreas onde a terra apresenta-se relativamente mais barata (MIZIARA, 2009; REIS; WANDER, 2016).

Assim sendo, o objetivo geral deste estudo é o de avaliar a expansão do cultivo da cana-de-açúcar, os seus impactos socioeconômicos e ambientais na região Norte de Goiás, bem como a sua viabilidade econômica em uma usina situada no município de Uruaçu, nessa região.

Os objetivos específicos são: avaliar a expansão do cultivo da cana-de-açúcar no Norte de Goiás de 2010 a 2019; desenvolver análise teórica acerca dos impactos socioeconômicos e ambientais da agroindústria canavieira na região, com foco na expansão do cultivo da cana-de-açúcar, no seu avanço sobre áreas de Cerrado e no processo de substituição de culturas; e realizar a análise de viabilidade econômica em cultivo de cana-de-açúcar, considerando a adubação com nitrogênio e a irrigação em dois anos de cultivo (cana-planta e cana-soca).

Para tanto, esta dissertação está estruturada em três capítulos, a saber:



O primeiro busca demonstrar a expansão e a evolução do setor sucroalcooleiro nas mesorregiões do estado de Goiás, por intermédio dos dados sobre a área cultivada, a produtividade, a produção e a receita bruta da cana-de-açúcar, traçando um panorama dessa cultura na mesorregião Norte do estado, evidenciando o seu estabelecimento nas microrregiões de Porangatu e da Chapada dos Veadeiros.

O segundo capítulo, com base em uma revisão sistemática da literatura científica, tem o propósito de desenvolver uma análise teórica acerca dos impactos socioeconômicos e ambientais da agroindústria canavieira na região Norte de Goiás, focando na expansão do cultivo da cana-de-açúcar nessa região, no seu avanço sobre áreas de Cerrado e no processo de substituição de culturas.

O terceiro capítulo (Artigo Publicado: *International Journal of Business Administration*) apresenta um estudo de caso na fazenda Estrela do Lago, junto à usina de Uruaçu, no município de Uruaçu, em Goiás. Os dados foram obtidos em uma área da fazenda cultivada com cana-de-açúcar, com propósito de verificar a viabilidade econômica em cultivo de cana-de-açúcar, considerando a adubação com nitrogênio e a irrigação em dois anos de cultivo (cana-planta e cana-soca). Os custos foram obtidos com base nos seguintes itens: operações mecanizadas, operações manuais, materiais consumidos e outras despesas.

## CAPÍTULO 1 – EXPANSÃO E EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO TERRITORIAL DO CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO NORTE DE GOIÁS

### Resumo

O desenvolvimento regional do Norte de Goiás envolve o desenvolvimento local e a modernização da agricultura, mediante a entrada da agroindústria canavieira. O objetivo deste estudo é o de avaliar a expansão do cultivo da cana-de-açúcar no Norte do estado e os seus impactos regionais, no período de 2010 a 2019. Para tanto, foi feita uma pesquisa bibliográfica, além de um levantamento de dados sobre a área cultivada, a produtividade, a produção e a receita bruta da cana-de-açúcar na região junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A expansão da lavoura de cana-de-açúcar na mesorregião do Norte Goiano, no período analisado, mostrou-se bastante expressiva, com elevação média de aproximadamente 57,83% em área plantada, produtividade, produção e receita bruta. A evolução da cana-de-açúcar nessa mesorregião demonstra potencial, inserindo essa cultura entre as mais importantes da região. Esse crescimento poderia ter sido ainda maior não fossem as sucessivas crises enfrentadas pela indústria nesse período, o que dificultou novos investimentos para a expansão da área de cultivo.

**Palavras-chave:** *Saccharum* spp, Setor sucroalcooleiro, Fronteira agrícola.

### Abstract

The issue of regional development in Northern Goiás is linking local development to the modernization of agriculture with the entry of the sugarcane agribusiness. The objective of this study, therefore, was to evaluate the expansion of sugarcane cultivation in Northern Goiás from 2010 to 2019 and its regional impacts. The present work was carried out from a bibliographic research, in addition to a survey of data on cultivated area, productivity, production and gross revenue of sugarcane in Northern Goiás from 2010 to 2019 with the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). The expansion of the sugarcane crop from 2010 to 2019 in the North Goiano mesoregion is quite expressive with an average increase of approximately 57.83% in the planted area, productivity, production, and gross revenue. The evolution of sugar cane in this mesoregion shows potential, which will soon place this culture among the most important in the region, this growth could have been even greater had it not been for the successive crises faced by the industry in this period and with this the difficulty of carrying out new investments for the growth of the cultivation area.

**Keywords:** *Saccharum* spp, Sugar-alcohol industry, Agricultural frontier.

## 1 INTRODUÇÃO

As regiões brasileiras apresentam as seguintes áreas de produção de cana-de-açúcar: na Região Sudeste, estima-se, como um todo, que estão dispostos 5.183,6 mil hectares; na Região Centro-Oeste, a expectativa é de uma área de produção de cana-de-açúcar de 1.797,5 mil hectares; na Região Nordeste, o cenário aponta para incremento na área em produção em relação à safra anterior, estimando-se, assim, uma área de produção de cana-de-açúcar de 861,4 mil hectares; na Região Sul, a expectativa é que na safra 2020/21 sejam utilizados cerca de 517,7 mil hectares; na Região Norte, a estimativa também é de aumento de área em produção, perfazendo um total de 46,6 mil hectares (CONAB, 2020).

De acordo com a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), a maior parte da produção de cana-de-açúcar do Brasil está concentrada em oito estados: São Paulo, Alagoas, Pernambuco, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Paraná (FIESP, 2013). Goiás encontra-se no cenário sucroalcooleiro brasileiro, ocupando a segunda posição no ranking, com área plantada equivalente a 964,3 mil ha (CONAB, 2020). Isso porque o estado passou, nos últimos anos, por uma fase de grande expansão das áreas de cultivo de cana-de-açúcar, a qual foi chamada de “nova expansão de fronteiras agrícolas” (SILVA; MIZIARA, 2011; SILVA, 2017).

O crescimento da área de ocupação da cana-de-açúcar no estado Goiás explica-se pela colheita ser mecanizada e pelos altos investimentos em tecnologia, tornando o produto um dos principais segmentos dentro da economia goiana. Além disso, a sua produtividade contribuiu para entrada de diversas indústrias processadoras, gerando novos empregos e agregando valor à produção primária. Dessa forma, a cana-de-açúcar espalhou-se pelos municípios goianos, abrangidos pelas cinco Mesorregiões geográficas (SILVA; LEÃO; PASQUALETTO, 2015). De acordo com Marques *et al.* (2012). Portanto, no estado, a cana-de-açúcar está espalhada por 193 municípios. No ano de 2010, a mesorregião do Sul Goiano concentrava 75,03% da produção, seguida pelas mesorregiões: Centro (19,88%), Leste (4,35%), Norte (0,66%) e Noroeste (0,08%).

A expansão da cana-de-açúcar em Goiás ocorre de forma bastante desigual entre as mesorregiões, o que expressa os desdobramentos socioeconômicos da divisão territorial, em que diferentes momentos do processo produtivo se realizaram ao mesmo tempo em diferentes lugares (DAMIANI, 2006).

O desenvolvimento regional do Norte Goiano relaciona o desenvolvimento local à modernização da agricultura, mediante a entrada da agroindústria canavieira, que conferem aos municípios a capacidade de mundialização, negligenciando a economia local e as necessidades locais de arranjos produtivos para o seu desenvolvimento. Nesse contexto fica evidente a necessidade de caracterizar a expansão da cana-de-açúcar na região Norte de Goiás, buscando entender como se deu a entrada do setor sucroalcooleiro nesse território.

Assim, este capítulo aborda, inicialmente, a expansão da cana-de-açúcar nas mesorregiões do estado de Goiás, com o foco na área cultivada, na produtividade, na produção e na receita bruta da cana-de-açúcar nessas regiões. Em seguida, destaca como se deu essa expansão na mesorregião do Norte Goiano, evidenciando o seu estabelecimento nas microrregiões de Porangatu e da Chapada dos Veadeiros. Objetiva-se, com isso, avaliar a expansão do cultivo da cana-de-açúcar nessa região e seus impactos regionais, considerando o período de 2010 a 2019.

## **2 METODOLOGIA**

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica. Além disso, dados sobre a produção e a safra foram levantados junto à Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), bem com dados sobre área cultivada, produtividade, produção e receita bruta da cana-de-açúcar no Norte de Goiás, no período de 2010 a 2019, que foram levantados junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O objetivo foi o de preceder a uma análise qualitativa e quantitativa da expansão do cultivo da cana-de-açúcar no Norte Goiano, evidenciando o seu estabelecimento nas microrregiões de Porangatu e da Chapada dos Veadeiros.

Os dados foram obtidos pela rede de coleta do IBGE, baseada na estatística conjuntural de safra agrícola, incluindo estimativas de previsão e observação da produção. Esses dados consistem em fruto da colaboração de muitas instituições públicas e privadas. A pesquisa estatística está assentada fundamentalmente no método denominado de “subjutivo”, que envolve, especialmente, o conhecimento de informantes qualificados e a avaliação técnica dos cultivos, dependendo da importância da cultura e do nível de organização local. Essas estatísticas de previsão e acompanhamento de safra são, de uma maneira geral, traduzidas em dados de área de plantio e colheita, rendimento e produção, tendo como unidade de investigação o município (IBGE, 2019).

No contexto agrícola, o levantamento da área, do rendimento e da produção de uma determinada cultura, em uma determinada localidade, pode ser avaliada como uma resposta

adequada da expansão de um setor agrícola, com a obtenção de respostas em relação às condições físicas e de mercado presentes onde se localizam as áreas de cultivo (GILIO, 2015).

Para a revisão bibliográfica, diversas fontes de pesquisa foram coletadas e selecionadas, como livros, capítulos de livros, resenhas, monografias, notícias, teses, dissertações e artigos publicados em periódicos, com ênfase para a buscas nas seguintes bases de dados: Scielo, Scopus, Web of Science e Science.

Para a realização de pesquisas em áreas relacionadas, priorizou-se a busca pelos seguintes descritores-chave: área cultivada, produtividade, produção, receita bruta, rendimento, viabilidade econômica, biocombustíveis, energia renovável, aquecimento global, etanol, crise da agroindústria, agroindústria canavieira, colheita mecanizada, expansão da cana-de-açúcar, indústria sucroalcooleira, assim como a busca por textos correlacionados ao tema da pesquisa.

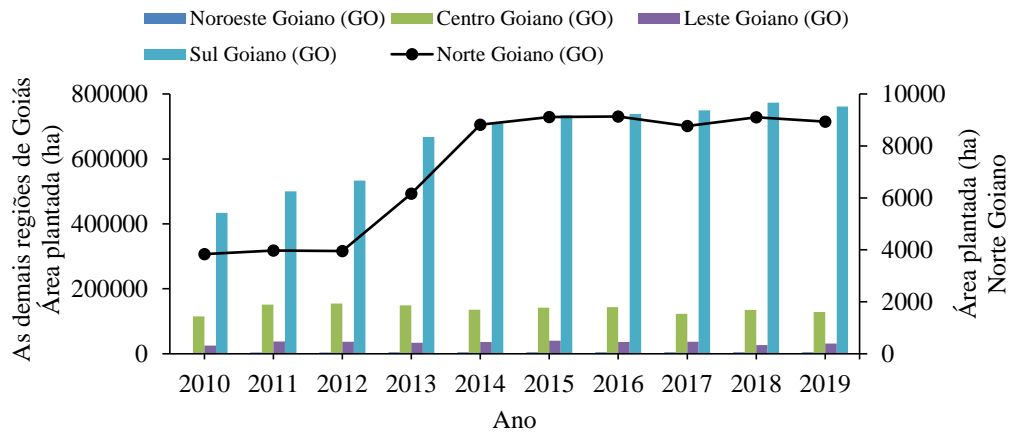
A coleta, seleção e análise dos textos, deu-se, inicialmente, por meio de uma leitura preliminar de seus títulos e resumos, considerando o contexto teórico apresentado por cada publicação. Posteriormente, nas publicações mais pertinentes, foi realizada uma investigação abrangente dos textos que melhor se relacionavam com o tema, servindo, assim, de base para o desenvolvimento deste estudo.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Mesorregiões de Goiás**

Em Goiás, no ano de 2010, a maior área plantada com cana-de-açúcar estava situada na mesorregião do Sul Goiano, aproximadamente 434.000 ha, seguida das mesorregiões Centro, Leste, Norte e Noroeste Goiano, sendo que essas compreendem 26,50%, 5,80%, 0,90% e 0,11% de área plantada com cana-de-açúcar, respectivamente (Figura 1).

Figura 1 – Área plantada com cana-de-açúcar, em função do ano, para as mesorregiões de Goiás, Goiânia-GO, 2019



Fonte: Adaptada pela autora de IBGE (2019).

Quanto à distribuição geográfica das áreas de plantio de cana-de-açúcar, verifica-se que, de 2001 a 2006, ela ocorreu, preferencialmente, em microrregiões do Sudoeste Goiano, no Vale do Rio dos Bois e no Meia Ponte, sendo que esta última, ainda em 2004, havia iniciado um crescente processo de aumento de área plantada, o que fez com que houvesse expansão na área plantada com cana-de-açúcar na mesorregião do Sul Goiano, conforme observado no ano de 2010 (ABDALA; CASTRO, 2010).

Em 2011 a área plantada com cana-de-açúcar apresentou aumentos em todas as mesorregiões de Goiás, com destaque para a mesorregião do Noroeste Goiano, que teve sua área incrementada em 88%. Para as demais mesorregiões, foram registrados os seguintes aumentos: 33,27% (Leste Goiano), 24,22% (Centro Goiano), 13,18% (Sul Goiano) e 3,54% (Norte Goiano) (Figura 1).

O incremento de áreas de cultivo da cana-de-açúcar, visando à produção de biocombustível, principalmente o etanol, ocorreu paralelamente à produção de açúcar, na qual o país também se destaca (CONAB, 2011b; BARBALHO; SILVA; CASTRO, 2013).

A dificuldade de expansão da área no ano de 2012 ocorreu em função de o Brasil, no período de 2008 a 2012, ter mergulhado no que muitos consideraram uma grave crise, com o país sem etanol suficiente para exportar. No âmbito doméstico, a gasolina passou a custar menos que o etanol, fazendo com que o consumo deste último caísse drasticamente. Para agravar ainda mais o cenário, o setor enfrentou o fechamento sistemático de usinas. De 2008 a 2012, mais de 40 deixaram de funcionar, sendo 30 entre 2011 e 2012 (BBC NEWS, 2013; UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR, 2013).

A partir de 2013, as mesorregiões Noroeste e Centro Goiano começaram a apresentar dificuldade em expandir a área plantada com cana-de-açúcar. Se comparadas com a mesorregião do Sul Goiano, as áreas plantadas dessas mesorregiões corresponderam, respectivamente, a 0,63% e 22,30% da área plantada desta última. Em de 2014, as áreas dessas mesorregiões representaram 0,59% e 19,10%, respectivamente. Cabe destacar que, naquele ano, assim como em 2013, houve redução da área plantada com cana-de-açúcar na mesorregião do Centro Goiano em aproximadamente 8,88%. Outra mesorregião que apresentou redução foi a do Noroeste Goiano, em torno de 0,12%, indicando paralisação no crescimento de área plantada com cana-de-açúcar.

Nas safras de 2013 e 2014, os produtores enfrentaram dificuldades em obter recursos para retomar o crescimento. Além disso, as crises nos anos anteriores afetaram drasticamente as usinas, levando ao fechamento de muitas delas; por conseguinte, houve perda de postos de trabalho, sendo esses os principais fatores da estagnação do setor sucroalcooleiro (G1, 2013).

No ano de 2015, esse setor iniciou uma reação. Em Goiás, todas as mesorregiões do estado apresentaram incrementos na área plantada com cana-de-açúcar de até 10,00% (Figura 1). Todavia, no geral, a safra 2015 ainda encontrou dificuldade, com produtividade agrícola retrocedendo em relação a 2014. Isso ocorreu devido à soma de fatores, como clima adverso, aumento da área colhida e baixo uso de maturadores, o que resultou em redução de rendimento industrial no canavial, afetando a produção de açúcar e o aproveitamento do tempo das usinas (VIEGAS, 2014).

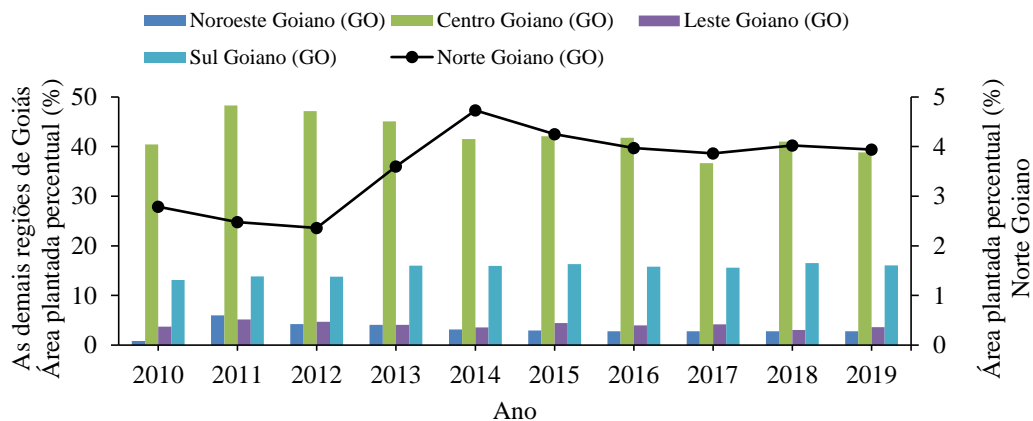
No ano 2017, praticamente não houve evolução na área plantada com cana-de-açúcar, com reduções de 0,89%, 3,94% e 14,00% nas mesorregiões do Noroeste, do Norte e do Centro Goiano, respectivamente. Por sua vez, as mesorregiões do Leste e do Sul Goiano apresentaram crescimento modesto, 3,00% e 1,44%, respectivamente (Figura 1). Isso demonstra, em uma primeira leitura, que, em épocas de crise, as mesorregiões do Centro e do Norte Goiano tendem a ser mais atingidas e a sofrer maiores impactos do que as mesorregiões do Leste e do Sul Goiano; provavelmente, em decorrência da produtividade da cultura seguir o mesmo sentido, ou seja, a cultura geralmente apresenta maior rendimento nas mesorregiões mais ao Sul de Goiás, enquanto que no sentido Norte do estado, o rendimento da cultura apresentou redução, o que está relacionado, principalmente, ao clima e ao solo da região, menos favorável para o cultivo da cana-de-açúcar.

Importa salientar que dois fatores levaram à queda dos preços no ano de 2017: o fim das cotas europeias de açúcar e o consequente aumento da produção, o que fez com que o mercado europeu tivesse um excesso de oferta (NOVA CANA, 2019).

O setor sucroalcooleiro, mesmo mostrando sinais de recuperação em 2018, não mostrou o mesmo êxito em 2019. Nesse ano, houve retração em praticamente todas as mesorregiões do estado de Goiás. A exceção ficou por conta da mesorregião do Leste Goiano, que apresentou um incremento de 16,23% na área plantada. Ressalta-se, contudo, que essa mesorregião havia demonstrado uma forte retração na área plantada em 2018, fazendo com que esse incremento fosse insuficiente para que voltasse aos patamares de 2017, ficando com uma defasagem na área planta de 5.151 ha (Figura 1).

No ano de 2010, a cana-de-açúcar apresentou-se mais relevante para as mesorregiões Centro, Sul, Leste, Norte e Noroeste Goiano, ocupando 40,43%, 13,11%, 3,71%, 2,79% e 0,82% da área total destinadas ao plantio das lavouras, respectivamente. Destaca-se a baixa expressividade da cultura na mesorregião do Noroeste Goiano (Figura 2).

Figura 2 – Área ocupada com cana-de-açúcar da área total cultivada com outras culturas, em função do ano, para as mesorregiões de Goiás, Goiânia-GO, 2019



Fonte: Adaptada pela autora de IBGE (2019).

Na safra 2009/2010, a cana-de-açúcar ocupava 12,8% da área de uso agrícola, com um crescimento de 315,8% nos últimos dez anos. Assim, em 2010, o produto representou, 7,3% das exportações goianas. Com isso, Goiás foi responsável por 6,3% da produção nacional de álcool e por 3,1% de açúcar (MARQUES *et al.*, 2012).

No ano de 2011, a área plantada passou a ganhar mais espaço na mesorregião do Noroeste Goiano, com uma ocupação de 6%, apresentando incremento significativo em relação ao ano anterior, cujo valor ficou caiu 1%. A cana-de-açúcar também ganhou mais espaço em relação às outras lavouras no Centro (48,30%), no Leste (5,17%) e no Sul Goiano (13,82%). Somente na mesorregião do Norte Goiano é que a cultura perdeu espaço para outras em relação ao ano de 2010, com uma ocupação de aproximadamente 2,50% (Figura 2).



Na participação relativa das culturas no estado de Goiás, no ano de 2012, a cana-de-açúcar apareceu na terceira posição, com 13,85% de participação de área ocupada das culturas existentes no território goiano, perdendo apenas para o milho e a soja, com participação relativa de 23,08% e 50,56% de toda a área ocupada, respectivamente. Essas três culturas representaram, naquele ano, 87,49% de área plantada de toda a agricultura produzida no estado de Goiás (SILVA; LEÃO; PASQUALETTO, 2015).

As mesorregiões Noroeste, Centro e Leste Goiano tiveram, em 2013, as áreas com cana-de-açúcar reduzidas em até 2,10%, em razão da ocupação dessas áreas por outras lavouras. Nesse ano, as mesorregiões Norte e Sul Goiano expandiram as áreas destinadas a essa cultura em relação às outras, passando a representar, respectivamente, 3,60% e 16,01% da área total voltada para o cultivo do produto (Figura 2).

Em Goiás, a cana-de-açúcar, ao contrário do previsto, não é inserida em área degradada, e sim em áreas já preparadas para outras culturas, havendo, portanto, apenas substituição de culturas, e não recuperação de áreas ou crescimento de regiões menos desenvolvidas (SILVA; CASTRO, 2011).

Em 2017, a cana-de-açúcar apresentou o menor percentual da área agricultável entre as mesorregiões de Goiás, voltando a patamares próximos aos do ano de 2010, o que mostra que o setor sucroalcooleiro ainda apresenta dificuldades, não conseguindo se recuperar por completo da crise de anos anteriores (Figura 2). A redução da ocupação da área agricultável pela cana-de-açúcar ocorreu, principalmente, na mesorregião do Centro Goiano, que teve, dentre todos os anos, a pior ocupação de área (36,68%), o que indica que a cultura nesse período perdeu espaço para as lavouras temporárias.

Segundo Silva e Miziara (2011), a expansão em Goiás teria ocorrido a partir das áreas historicamente ocupadas por culturas de grãos, posicionada no eixo Sul-Norte, ainda muito associado ao Proálcool, que abrange as mesorregiões do Centro e parte do Sul Goiano. Essas mesorregiões, onde as culturas de grãos foram mais fortemente substituídas, podem estar passando por uma inversão de processo, voltando a se posicionarem em áreas antes dominadas pela cana-de-açúcar.

Estudos recentes têm indicado que as áreas de expansão estariam ligadas essencialmente ao eixo já tradicional de agricultura, resultante da modernização agrícola associada à última fronteira agrícola, a do Cerrado (BORGES, 2010; SILVA; MIZIARA, 2011; BARBALHO; SILVA; CASTRO, 2013).

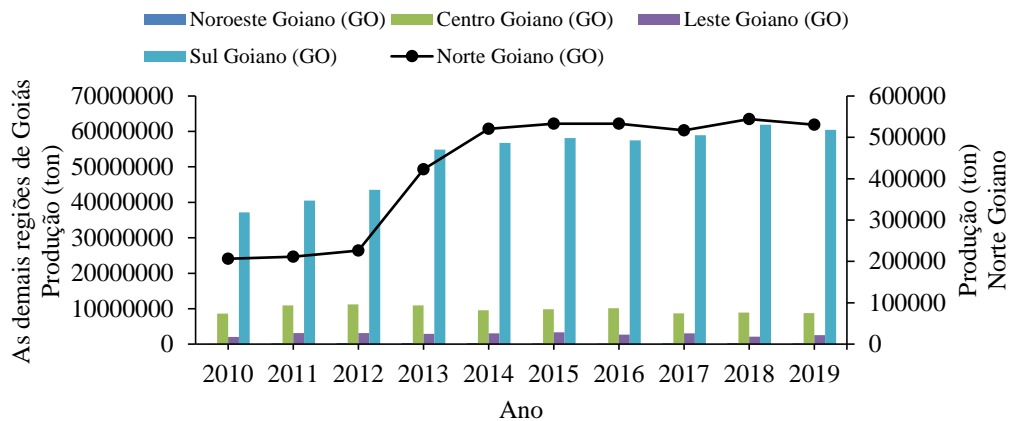
De 2016 a 2018, a ocupação da área agricultável total das mesorregiões pela cana-de-açúcar apresentou pouca variação, mantendo-se próxima aos patamares observados em 2019,

sendo 2,80%, 3,90%, 3,60 e 16,10% para as mesorregiões Noroeste, Norte, Leste e Sul Goiano, respectivamente (Figura 2).

Em 2010, a produção da cana-de-açúcar das mesorregiões Noroeste, Norte, Centro, Leste e Sul Goiano foi de 17.402 ton, 206.719 ton, 860.6199 ton, 203.1588 ton e 371.38255 ton, respectivamente. Observa-se que o estado de Goiás possui boa aptidão agrícola para a cultura da cana-de-açúcar, destacando-se, ainda, duas regiões como as mais importantes, a do Centro e a do Sul (CASTRO *et al.*, 2007; MANZATTO *et al.*, 2009). No ano de 2011, observou-se incrementos na produção da cana-de-açúcar em relação ao ano de 2010 de 91,43%, 2,16%, 21,11%, 34,81% e 8,22%, para as mesorregiões Noroeste, Norte, Centro, Leste e Sul Goiano, respectivamente. Ressalta-se que, a partir de 2011, não foram mais observados acréscimos em um mesmo ano para todas as mesorregiões de Goiás (Figura 3).

No ano de 2012, observou-se incrementos na produção da cana-de-açúcar de 28,74%, 6,67%, 2,59% e 7,06% para as mesorregiões Noroeste, Norte, Centro e Sul Goiano, respectivamente; enquanto para a mesorregião do Leste Goiano a produção apresentou decréscimo de 0,22% (Figura 3). Importante observar que as áreas de produção de cana-de-açúcar se limitavam a um eixo mais centralizado (Norte e Sul); porém, tem-se observado expansão que descentraliza as áreas de cultivo do produto, as quais estão distribuídas entre as mesorregiões de Goiás (BARBALHO; SILVA; CASTRO, 2013).

Figura 3 – Produção da cana-de-açúcar, em função do ano, para as mesorregiões de Goiás, Goiânia-GO, 2019



Fonte: Adaptada pela autora de IBGE (2019).

O setor sucroalcooleiro em Goiás apresentou retração na produção da cana-de-açúcar no ano de 2013, com decréscimos de 3,52%, 2,53% e 6,62%, nas mesorregiões Noroeste, Centro e Leste Goiano, respectivamente. Para as mesorregiões do Norte e do Sul Goiano, houve incrementos de 46,46% e 20,65% na produção dessa cultura (Figura 3).

Um melhor desempenho foi verificado em 2014, período em que a produção da cana-de-açúcar expandiu nas mesorregiões Noroeste, Norte, Leste e Sul Goiano, com aumentos de 5,90%, 18,78%, 4,02% e 3,32%, respectivamente. Para a mesorregião do Leste Goiano, houve redução de 12,34% na produção. No ano de 2015, observou-se, nas mesorregiões Norte, Centro, Leste e Sul Goiano, incrementos na produção de 2,30%, 2,63%, 9,47% e 2,34%. Nota-se que esses incrementos foram menos expressivos do que os verificados no ano de 2014. Para a mesorregião do Noroeste Goiano, houve, em 2015, redução de 11,90% na produção.

Questionamentos têm surgido com relação à expansão e à produção da cana-de-açúcar, até mesmo sobre se essa cultura é efetivamente fonte limpa de energia. Além disso, críticas têm sido feitas quanto à sua insustentabilidade, devido aos impactos da expansão das lavouras de cana-de-açúcar sobre alguns biomas, como o Cerrado, e ao avanço sobre outros cultivos, especialmente sobre a produção de alimentos (SAUER; PIETRAFESA, 2012).

No ano de 2016, observou-se incrementos poucos significativos na produção da cana-de-açúcar para as mesorregiões do Norte e do Centro Goiano, 0,03% e 3,28%, respectivamente. Para as mesorregiões Noroeste, Leste e Sul Goiano, a produção da cana-de-açúcar apresentou decréscimos de 40,01%, 18,95% e 1,05%, respectivamente. Na safra daquele ano, a produção brasileira apresentou decréscimo de 1,3% em relação à anterior, resultado da crise vivenciada pelo país e da baixa demanda por açúcar em relação ao ciclo de 2015 (NEVES *et al.*, 2017). Conseqüentemente, esse fraco desempenho do setor sucroalcooleiro no Brasil refletiu no estado de Goiás.

No ano de 2017, a produção da cana-de-açúcar indicou aumentos de 39,59%, 10,59% e 2,38% para as mesorregiões Noroeste, Leste e Sul Goiano, respectivamente; enquanto para as mesorregiões do Norte e do Centro Goiano, a produção da cana-de-açúcar apresentou, respectivamente, redução de 3,05% e 14,61% (Figura 3).

Estudos da Conab indicam que a expansão e o crescimento da produção vêm acontecendo em praticamente todos os estados do Centro-Sul. No entanto, essa expansão vem se concentrando em áreas do Cerrado, prioritariamente no estado de Goiás, que tem demonstrado aumentos acima de 40% (CONAB, 2009; 2011).

No ano de 2019, o setor sucroalcooleiro apresentou dificuldades, não conseguindo, de maneira geral, aumentar a produção da cana-de-açúcar nas mesorregiões goianas, apresentando decréscimos de 3,46%, 2,53%, 1,29% e 2,43%, nas mesorregiões Noroeste, Norte, Centro e Sul, respectivamente. Na mesorregião do Leste Goiano, houve incremento de 17,64% na produção da cultura (Figura 3).

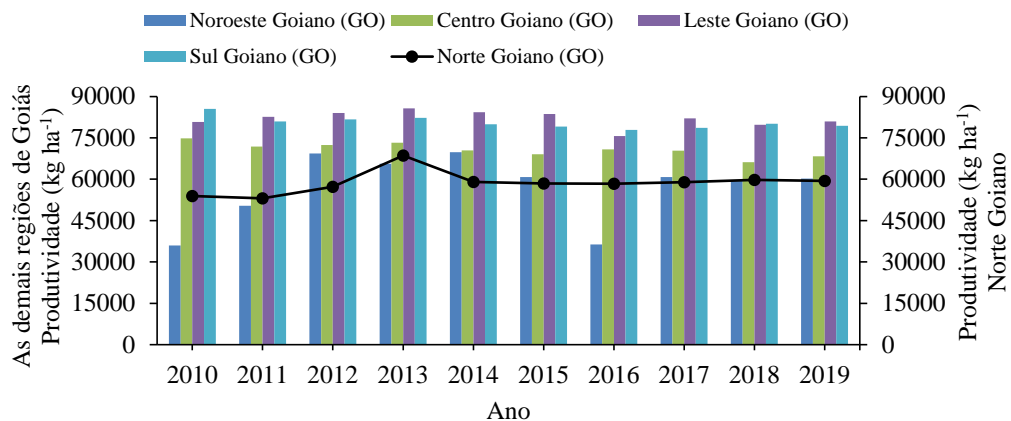
Apesar do discurso oficial de que o crescimento da produção em Goiás se deve à “vocação da região para o agronegócio”, há muitos incentivos governamentais. Em apenas um ano, o estado de Goiás subiu da quarta para a segunda posição no ranking nacional na produção de etanol, avanço propiciado por renúncias fiscais (SILVA; PIETRAFESA; SANTOS, 2011; SAUER; PIETRAFESA, 2012).

A produtividade da cana-de-açúcar no ano de 2010 foi de 35.954 kg ha<sup>-1</sup>, 53.861 kg ha<sup>-1</sup>, 74.817 kg ha<sup>-1</sup>, 80.743 kg ha<sup>-1</sup> e 85.541 kg ha<sup>-1</sup>, para as mesorregiões Noroeste, Norte, Centro, Leste e Sul Goiano, respectivamente. Isso demonstra como a produtividade entre as mesorregiões sentido Norte e sentido Sul ainda eram bastante discrepantes naquele ano. Considerando as mesorregiões do Noroeste e do Norte Goiano, observa-se diferença de 55,26% e 32,98% em relação à média da produtividade da cana-de-açúcar das demais mesorregiões (Figura 4), ocorrendo em função do clima, dos tipos de solos e do nível tecnológico.

A expansão via aumento de produtividade é favorável à economia do recurso solo, ou seja, quanto maior for a expansão por meio da produtividade, menor será, em tese, a utilização dos solos (FERREIRA *et al.*, 2011).

No ano de 2012, observou-se incrementos na produtividade em relação ao ano de 2011, sendo 27,33%, 7,28%, 0,69%, 1,64% e 0,90% para as mesorregiões Noroeste, Norte, Centro, Leste e Sul Goiano, respectivamente. Importa mencionar que, a partir de 2012, não foram mais verificados incrementos na produtividade em um mesmo ano para todas as mesorregiões de Goiás. Nesse contexto, evidencia-se novamente a mesorregião Noroeste, que alcançou a produtividade de 69344 kg ha<sup>-1</sup>, aproximando da observada nas mesorregiões Centro, Leste e Sul Goiano, indicando um elevado investimento tecnológico.

Figura 4 – Produtividade da cana-de-açúcar, em função do ano, para as mesorregiões de Goiás, Goiânia-GO, 2019



Fonte: Adaptada pela autora de IBGE (2019).

Os recursos oficiais destinados à produção de lavouras no eixo Norte de Goiás mostram que o Estado assumiu papel fundamental, como incentivador central, para o desenvolvimento da produção e da alta produtividade. Desse modo, com a captura da região ao circuito produtivo do agronegócio tem ocorrido a reconfiguração da dinâmica territorial do Norte e do Noroeste Goiano, por meio de ação planejada pelo Estado (SILVA; MENDONÇA; LUNAS, 2015).

A partir de 2014, observou-se uma redução significativa na produtividade da cana-de-açúcar, o que ocorreu provavelmente por causa de um menor investimento por parte das usinas. A produtividade demonstrou decréscimos de 13,93%, 3,80%, 1,63% e 2,81% para as mesorregiões Norte, Centro, Leste e Sul Goiano, respectivamente; enquanto para a mesorregião do Noroeste Goiano, a produtividade apresentou incremento de aproximadamente 6%. Entende-se que o setor sucroalcooleiro no Brasil, especificamente em Goiás, necessita elevar os investimentos em ganhos de produtividade para diminuir a pressão sobre o uso do solo (FERREIRA *et al.*, 2011).

No ano de 2016, a produtividade da cana-de-açúcar na mesorregião do Noroeste Goiano retornou a patamares de 2010, com índice extremamente baixo, de 36.360 kg ha<sup>-1</sup>, indicando queda de 40,15% em relação ao ano de 2015. As mesorregiões Norte, Leste e Sul Goiano também apresentaram reduções menos expressivas: 0,14%, 9,56% e 1,62%, respectivamente. Na mesorregião do Centro Goiano, houve incremento de aproximadamente 2,58% (Figura 4). Mesmo diante dessa situação, Goiás, nos últimos anos, tornou-se uma das regiões mais dinâmicas para a produção de cana-de-açúcar, com elevação nos seus índices de produtividade graças ao uso de novas técnicas, que avançaram com a incorporação de práticas locais e melhoramento genético (MESQUITA; FURTADO, 2016). Todavia, devido às seguidas crises, o setor sucroalcooleiro tem reduzido seus investimentos, provocando, dessa forma, estagnação ou até mesmo queda na produtividade.

Em 2018, houve incrementos poucos significativos na produtividade dessa cultura, sendo de 1,50% e 1,85% para as mesorregiões Norte e Sul Goiano, respectivamente. Nas mesorregiões Noroeste, Centro e Leste Goiano, a produtividade apresentou decréscimos de 1,80%, 5,91% e 2,87%, mostrando a dificuldade do setor sucroalcooleiro em realizar investimentos, visando maior produtividade. Observa-se que, desde 2013, as mesorregiões não apresentaram evolução significativa em termos de produtividade, ficando o setor, nesse período, praticamente estagnado.

Vieira e Silva (2019) observam que os fatores que levam à queda de produtividade da cultura e à consequente redução na produção das usinas relacionam-se, geralmente, à

diminuição da área usada para plantar a cana-de-açúcar, a problemas climáticos, principalmente à falta de chuva. Neste sentido, o melhor desempenho do setor sucroalcooleiro está intimamente vinculado às situações climáticas, que interferem no rendimento da cultura e na eficiência da colheita, tornando o investimento na produção mais favorável.

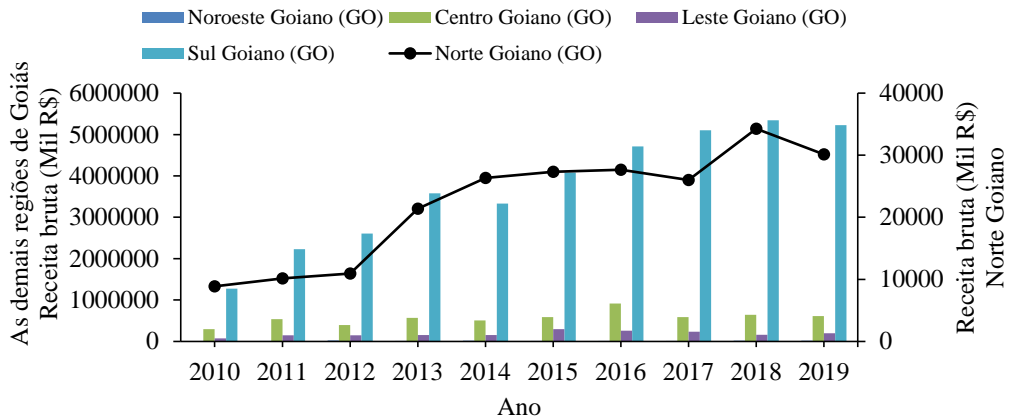
O ano de 2019 foi um reflexo da estagnação do setor no que se refere à elevação da produtividade da cana-de-açúcar, que continuou pouco expressiva. Em suma, as mesorregiões Noroeste, Centro e Leste Goiano apresentaram incrementos de 0,90%, 3,05% e 1,45%, respectivamente, enquanto as mesorregiões Norte e Sul Goiano apresentaram decréscimos de 0,75% e 0,92%, respectivamente. No ano de 2019, a produtividade da cana-de-açúcar foi de aproximadamente 60190 kg ha<sup>-1</sup>, 59351 kg ha<sup>-1</sup>, 68267 kg ha<sup>-1</sup>, 80921 kg ha<sup>-1</sup> e 79329 kg ha<sup>-1</sup> para as mesorregiões Noroeste, Norte, Centro, Leste e Sul Goiano, respectivamente (Figura 4).

Entre 2010 e 2019, as máximas produtividades de cana-de-açúcar alcançadas nas mesorregiões Noroeste, Norte, Centro, Leste e Sul Goiano foram de 69804 kg ha<sup>-1</sup>, 68598 kg ha<sup>-1</sup>, 74817 kg ha<sup>-1</sup>, 85694 kg ha<sup>-1</sup> e 85541 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, o que demonstra o potencial produtivo de cada mesorregião nesse período. Entretanto, para as mesorregiões do Leste e do Sul Goiano, a produtividade poderia estar margeando os 100.000 kg ha<sup>-1</sup>, uma vez que já existe tecnologia para isso. Provavelmente, esse índice não foi atingido ainda devido aos custos, que são mais elevados, e às crises enfrentadas pelo setor sucroalcooleiro nos últimos anos. Mesmo diante disso, observa-se nessas mesorregiões produtividades mínimas de 35954 kg ha<sup>-1</sup>, 53101 kg ha<sup>-1</sup>, 66187 kg ha<sup>-1</sup>, 75675 kg ha<sup>-1</sup> e 77840 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 4).

Calaça (2010) observa que a incorporação de tecnologias agrícolas inovadoras é mais intensa e dominante nas mesorregiões do Centro-Sul do estado de Goiás. Por outro lado, à medida que se afasta do Sul do estado em direção ao Norte, níveis diferenciados de absorção das técnicas da agricultura moderna são verificados.

A receita bruta da cana-de-açúcar no ano de 2010 foi de R\$ 1.380.000, R\$ 8.866.000, R\$ 292.510.000, R\$ 70.959000 e R\$ 1.274.286.000, para as mesorregiões Noroeste, Norte, Centro, Leste e Sul Goiano, respectivamente (Figura 5).

Figura 5 – Receita bruta da cana-de-açúcar, em função do ano, para as mesorregiões de Goiás, Goiânia-GO, 2019



Fonte: Adaptada pela autora de IBGE (2019).

Em 2011, a receita bruta da cana-de-açúcar apresentou aumento em todas as mesorregiões do estado, com destaque para a mesorregião do Noroeste Goiano, que teve sua receita bruta incrementada em 89,08%. Para as demais mesorregiões, foram registrados os seguintes aumentos: Leste Goiano (52,36%), Centro Goiano (45,78%), Sul Goiano (42,89%) e Norte Goiano (12,48%).

No ano de 2012, foram observados incrementos na receita bruta da cana-de-açúcar de 40,20%, 7,23% e 14,29% para as mesorregiões Noroeste, Norte, Centro e Sul Goiano, respectivamente; porém, para as mesorregiões Centro e Leste Goiano essa receita apresentou decréscimos de 27,23% e 2,21%, respectivamente (Figura 5).

A rentabilidade agrícola é advinda do uso da cana-de-açúcar para a produção de etanol, açúcar e energia elétrica, o que proporciona à cultura uma gama de possibilidades, o que é útil para explicar a integração econômica, social e tecnológica entre os componentes produtivos. Soma-se a isso a busca por técnicas de cultivo que priorizem o meio ambiente (SANTOS, 2016; VIEIRA; SILVA, 2019).

A receita bruta da cana-de-açúcar no ano de 2014 indicou aumentos de 42,61% e 18,85% para as mesorregiões Noroeste e Norte Goiano, respectivamente; contudo, para as mesorregiões Centro, Leste e Sul Goiano a receita apresentou reduções de 11,13%, 0,36% e 6,93%, respectivamente (Figura 5).

Embora uma maior gama de produtos traga vantagens ao cultivo da cana-de-açúcar, o setor esbarra em desafios, uma vez que as usinas passam por dilemas para a obtenção de maiores receitas, pois precisam definir seu modelo de negócio, que pode ser apenas de açúcar ou etanol, trazendo maior facilidade em função da menor complexidade de gestão. Por sua vez, a concentração em um único mercado aumenta os riscos, mas é possível que a usina opte por

realizar um mix (açúcar e etanol) para a diversificação de produtos, permitindo atuar em diferentes mercados. Entretanto, esses processos são mais complexos e necessitam de maiores investimentos. Soma-se a isso a exportação de eletricidade, que proporciona mais receita, menor geração de resíduos (bagaço) e melhor aproveitamento energético; porém, esbarra no maior custo do investimento inicial (HASSUANI *et al.*, 2005; FORTES, 2008; POSTAL, 2014).

Em 2016, observou-se incrementos na receita bruta da cana-de-açúcar de 1,15%, 35,77% e 13,46%, para as mesorregiões Norte, Centro e Sul Goiano, respectivamente. Para as mesorregiões Noroeste e Leste Goiano, a receita bruta da cana-de-açúcar apresentou decréscimos de 40,09% e 12,16% (Figura 5).

Conforme Dassie (2016), o setor sucroalcooleiro ainda não havia se recuperado, principalmente no ano de 2016, momento em que muitas usinas se encontravam abandonadas, devido ao expressivo endividamento do setor, que, para sobreviver, precisaria de, no mínimo, de 1 a 2 vezes o seu faturamento. É evidente que a crise afetou toda uma cadeia, o fornecedor, as usinas, os trabalhadores, a indústria de bens de capital e as regiões dependentes da cana-de-açúcar.

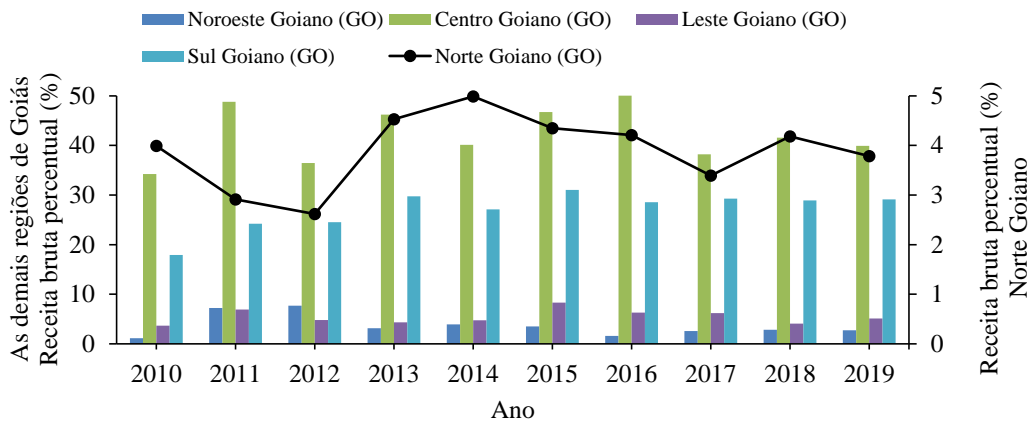
O ano de 2019 evidenciou a dificuldade enfrentada pelo setor sucroalcooleiro no que se refere à elevação da receita bruta da cana-de-açúcar, que basicamente acirrou a crise, com acentuadas perdas de receita nesse período. Em suma, as mesorregiões Noroeste, Norte, Centro e Sul Goiano apresentaram decréscimos de 11,95%, 12,06%, 4,58% e 2,28%, respectivamente. Por outro lado, a mesorregião do Leste Goiano apresentou acréscimo de aproximadamente 20%. No período de 2010 a 2019, verificou-se uma evolução na receita bruta de 90,73%, 70,59%, 52,29%, 63,89% e 75,62% para as mesorregiões Noroeste, Norte, Centro, Leste e Sul Goiano, respectivamente.

Percebe-se que o estado de Goiás tem se inserido no contexto nacional com padrão agrícola que estimula a consolidação de agricultura moderna e empresarial. Os fatos reforçam a importância de Goiás como região forte em atração de capital agroindustrial regional, nacional e internacional (SILVA; LEÃO; PASQUALETTO, 2015).

A receita bruta percentual da cana-de-açúcar no ano de 2010 em relação à receita bruta percentual das lavouras temporárias, apresentou-se mais relevante para as mesorregiões Centro, Sul, Norte, Leste e Noroeste Goiano, sendo que a cana-de-açúcar correspondeu, respectivamente, a 34,23%, 17,90%, 3,99%, 3,68% e 1,15% dessa receita. Cabe destacar a baixa expressividade da cultura na mesorregião do Noroeste Goiano (Figura 6).



Figura 6 – Receita bruta percentual da cana-de-açúcar da Receita bruta total cultivada com outras culturas, em função do ano, para as mesorregiões de Goiás, Goiânia-GO, 2019



Fonte: Adaptada pela autora de IBGE (2019).

Um eficiente planejamento voltado para a implantação e a manutenção de um canavial é imprescindível para a obtenção de maiores rendimentos e receitas. Além disso, é preciso que seja feita a análise da mensuração de seus custos de produção, variando de acordo com alguns fatores, como localização e região das propriedades, preços de insumos atribuídos à cultura, custos logísticos e tecnologia disponível (ANDRADE *et al.*, 2017). Como observado nas mesorregiões de Goiás, ao não apresentar rentabilidade, a cultura acaba sendo substituída por outra.

No ano de 2011, a receita gerada com a cana-de-açúcar em relação à receita das lavouras temporárias passou a ser mais expressiva na mesorregião do Noroeste Goiano, sendo de 7,25% da receita total, evidenciando um incremento significativo em relação ao ano anterior, cujo valor ficou próximo de 1%. A cana-de-açúcar também passou a representar mais receita em relação às outras lavouras: Centro (48,81%), Leste (6,90%) e Sul Goiano (24,20%). A cultura perdeu espaço para outras apenas na mesorregião Norte Goiano, quando comparada ao ano 2010, com receita de 2,91% (Figura 6).

A expansão da cana-de-açúcar em Goiás tem gerado preocupações em muitos investidores da cadeia carne/grãos pelo risco de perder espaço para essa cultura. Devido a esse receio, alguns municípios do estado de Goiás restringiram a área máxima permitida de plantio (FRANCO; ASSUNÇÃO, 2011).

A receita bruta percentual da cana-de-açúcar em relação à receita bruta percentual total, quando considerado o cultivo das lavouras temporais, manteve-se praticamente inalterada em 2012 para as mesorregiões Noroeste, Norte e Sul Goiano, com exceção das mesorregiões Centro

e Leste Goiano, onde a receita bruta percentual do produto passou a representar 36,46% e 4,78% da receita bruta percentual total, considerando as culturas temporárias.

Segundo Santos *et al.* (2019), os custos da produção de cana-de-açúcar variam de região para região em função de diversos fatores, a saber: tipo de solo, clima, grau de mecanização, disponibilidade de recursos, entre outros. No entanto, uma gestão de custos eficiente é capaz de mitigar os efeitos desses fatores, uma vez que proporciona diminuição de desperdício, redução de custos de produção e aumento da rentabilidade do negócio.

A estabilização na receita bruta percentual da cana-de-açúcar no período entre 2016 e 2018 foi novamente observada nas mesorregiões Noroeste (2,35%), Norte (3,93%) e Sul Goiano (28,91%). Na mesorregião do Centro Goiano, cresceu em 2016 (51,21%), reduziu em 2017 (38,21%) e mostrou leve recuperação em 2018 (41,58%). Já na mesorregião do Leste Goiano, a receita bruta percentual decresceu em 2016 (6,29%), mostrou estabilização em 2017 (6,20%) e queda em 2018 (4,08%).

Essa instabilidade do setor sucroalcooleiro decorre, em parte, da falta de renda para investir (rentabilidades negativas). Além disso, podem ser citados erros de gestão, pois os custos de produção de cana-de-açúcar precisam ser reduzidos em relação às terras mais caras, havendo necessidade de alta produtividade (NEVES, 2012).

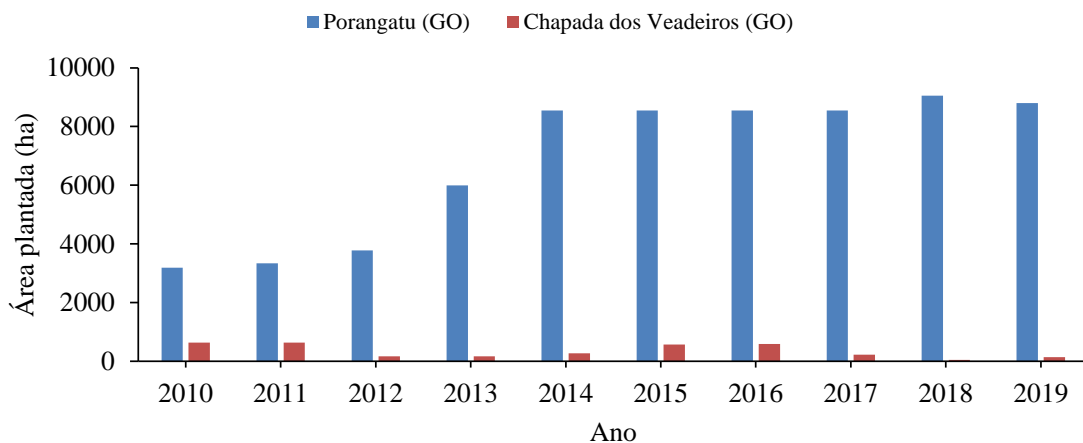
A receita bruta da cana-de-açúcar em relação à receita bruta percentual total (considerado também o cultivo das lavouras temporais) representou 2,72%, 3,78%, 39,89%, 5,13% e 29,10% para as mesorregiões Noroeste, Norte, Centro, Leste e Sul Goiano, respectivamente (Figura 6).

A partir de 2010, a expansão de cana-de-açúcar em Goiás ocorreu, predominantemente, mais ao Sul do estado, nas regiões mais desenvolvidas e com melhor infraestrutura, onde se encontravam as áreas de maior potencial produtivo, com solos com alta aptidão agrícola, posição geográfica privilegiada e boa disponibilidade hídrica. Todavia, com o aumento do preço da terra nas regiões Centro e Sul do estado, o setor sucroalcooleiro percebeu a necessidade de buscar novas fronteiras ainda pouco exploradas, com localização geográfica estratégica (áreas ocupadas por rodovias e ferrovias) e custo menos oneroso. Logo, isso favoreceu e impulsionou a expansão da cana-de-açúcar para as regiões mais ao Norte do estado.

### 3.2 Microrregiões do Norte Goiano

A maior área plantada com cana-de-açúcar em 2010 na mesorregião do Norte Goiano encontra-se na microrregião de Porangatu, com aproximadamente 3196 ha, seguida pela microrregião da Chapada dos Veadeiros, com 642 ha (Figura 7).

Figura 7 – Área plantada com cana-de-açúcar, em função do ano, nas microrregiões do Norte Goiano, Goiânia-GO, 2019



Fonte: Adaptada pela autora de IBGE (2019).

A expansão da agroindústria canavieira em Goiás foi favorecida pelas dificuldades enfrentadas pelo setor de grãos, que acumulou prejuízos significativos no estado. Combinou-se a essa conjuntura a alta taxa de juros para as atividades produtivas, favorecendo a busca de outras alternativas para o emprego da terra nas regiões produtoras de grãos do estado de Goiás, seja pela venda, seja pelo arrendamento de terras (LIMA, 2010).

No ano de 2013, observou-se incrementos na área plantada com cana-de-açúcar de 36,87% e 1,16%, para as microrregiões de Porangatu e da Chapada dos Veadeiros, respectivamente. Em 2014, essas microrregiões procuraram iniciar recuperação da área plantada com cana-de-açúcar. Dessa forma, foram observados aumentos de 29,87% (Porangatu) e 37,23% (Chapada dos Veadeiros) (Figura 7).

No Norte de Goiás, essa questão se acirra, pois a estratégia para o desenvolvimento do agronegócio na região estrutura-se não apenas no complexo agroexportador, mas também na instalação de infraestrutura na própria região. Por exemplo, a instalação de uma usina na microrregião de Porangatu colaborou para a expansão da cana-de-açúcar nessa microrregião. A escolha teve como justificativa principal a própria localização geográfica, com uma boa malha

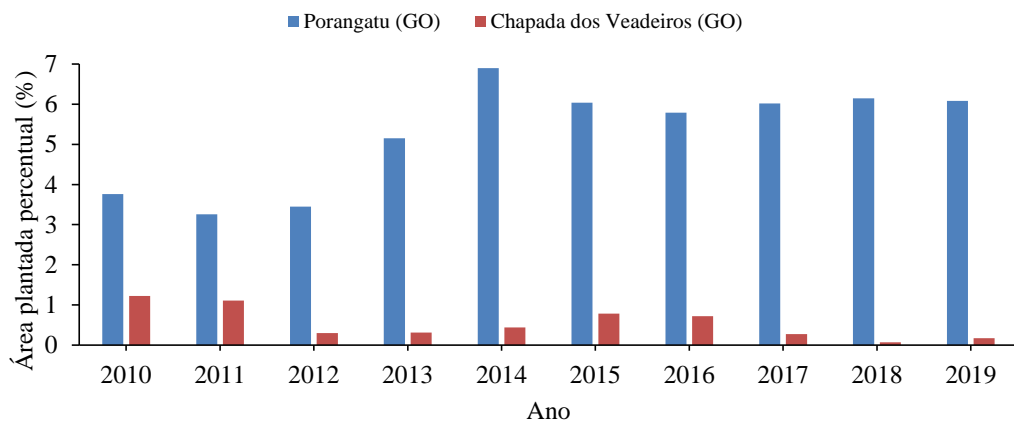
rodoviária e a presença da ferrovia Norte-Sul (ROSA, 2013; SILVA; MENDONÇA; LUNAS, 2015).

De 2015 a 2017, não houve evolução na área plantada com cana-de-açúcar na microrregião de Porangatu, indicando área plantada constante de 8544 ha nesse período. Já a microrregião da Chapada dos Veadeiros apresentou tendência de crescimento da área plantada nos anos de 2015 (52,26%) e 2016 (2,71%); porém, verificou-se forte queda nos anos de 2017 (61,02%) e 2018 (76,96%), com recuperação em 2019 (62,54%). A área plantada com cana-de-açúcar na microrregião de Porangatu evoluiu em 2018 (5,58%) e reduziu em 2019 (2,79%), demonstrando ainda estagnação do setor sucroalcooleiro nessa microrregião desde 2015 (Figura 7).

No ano de 2010, a área ocupada com cana-de-açúcar – de toda a área voltada para o plantio – apresentou-se mais relevante para a microrregião de Porangatu, seguida da Chapada dos Veadeiros, nas quais a cana-de-açúcar ocupou 3,76% e 1,22%, respectivamente.

A ocupação da cana-de-açúcar da área total da microrregião utilizada para o cultivo das lavouras manteve-se praticamente inalterada em 2011, com uma ocupação de 3,26% e 1,11%, para Porangatu e Chapada dos Veadeiros, respectivamente (Figura 8). Em meados dos anos 2000, houve um *boom* canavieiro, associado, inicialmente, à crise global de energia e à crescente preocupação ambiental, que culminou no aumento do uso de biocombustíveis, amparados, no Brasil, pelo Plano Nacional de Agroenergia (2006 - 2011), favorecendo a intensificação da expansão canavieira e a territorialização de destilarias e/ou usinas durante esse período (FERREIRA; ARAÚJO SOBRINHO, 2017).

Figura 8 – Área ocupada com cana-de-açúcar da área total cultivada, em função do ano, nas microrregiões do Norte Goiano, Goiânia-GO, 2019



Fonte: Adaptada pela autora de IBGE (2019).

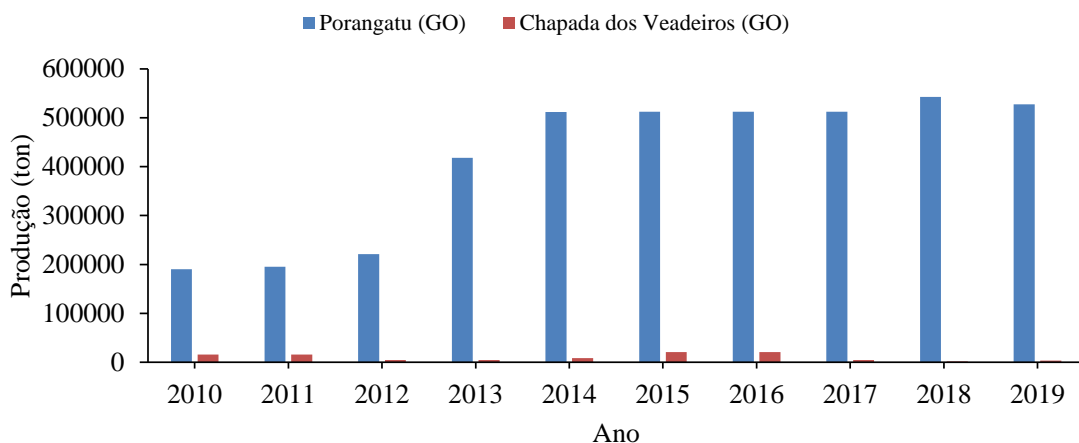
Em 2012, a microrregião da Chapada dos Veadeiros teve sua área de plantio de cana-de-açúcar reduzida, representando apenas 0,30%, com a conseqüente ocupação das áreas por outras lavouras. Todavia, para a microrregião de Porangatu, houve estabilização da área destinada para o plantio de cana-de-açúcar em relação às outras culturas. Assim, aquela cultura passou a representar 3,45% da área total de lavouras da microrregião (Figura 8).

Cabe destacar que nos anos de 2018 e 2019 praticamente não houve plantio da cana-de-açúcar na microrregião da Chapada dos Veadeiros, com áreas ocupadas correspondendo a apenas 0,07% e 0,17%, respectivamente. Importa mencionar que essa microrregião concentra áreas aptas à expansão das lavouras de cana-de-açúcar, mas a disponibilidade e a aptidão das terras estão concentradas no bioma Cerrado, podendo resultar em impactos ambientais (MANZATTO *et al.*, 2009; SILVA; PIETRAFESA; SANTOS, 2011; SAUER; PIETRAFESA, 2012).

No ano de 2013, o cultivo da cana-de-açúcar na microrregião de Porangatu ganhou espaço, passando para 5,15% da área total utilizada para o cultivo nessa microrregião. Similarmente, verificou-se, no ano de 2014, uma ocupação de 6,90%. No referido ano, constatou-se a maior ocupação da cana-de-açúcar. No período de 2015 a 2019, houve estabilização do cultivo dessa cultura, com uma ocupação média de 6,02% (Figura 8).

Em 2010, a produção da cana-de-açúcar nas microrregiões de Porangatu e da Chapada dos Veadeiros foi de 190.635 ton e 16.084 ton, respectivamente (Figura 9).

Figura 9 – Produção da cana-de-açúcar, em função do ano, nas microrregiões do Norte Goiano, Goiânia-GO,



2019

Fonte: Adaptada pela autora de IBGE (2019).

Nos anos de 2011 e 2012, houve incrementos na produção da cana-de-açúcar de 2,40% e 11,80% para a microrregião de Porangatu, respectivamente; para a microrregião da Chapada dos Veadeiros, a produção apresentou decréscimos de 0,75% e 69,09%, respectivamente.

Nota-se que o setor sucroalcooleiro tem enfrentado desafios, quais sejam: crescente custo de produção e comprometimento das margens dos produtores; endividamento das unidades industriais; falta de apoio governamental e de políticas públicas específicas para a valorização do setor, que possam favorecer a recuperação das usinas, de modo que venham a expandir a área de plantio; e ausência de investimentos para a obtenção de maiores rendimentos e produções de cana-de-açúcar (NEVES *et al.*, 2017).

A partir de 2015, o setor sucroalcooleiro começou a dar sinais de reação. Nesse ano, a cana-de-açúcar foi responsável pela produção – considerando etanol e energia elétrica – de 17% da oferta brasileira de energia. Ainda em 2015, o setor da agroindústria canavieira cresceu 5%, uma das maiores elevações verificadas no agronegócio brasileiro durante esse período (CENTRO DE PESQUISA DE ECONOMIA APLICADA – CEPEA, 2016; NOVA CANA, 2016). Entretanto, a recuperação não se confirmou no ano seguinte, visto que, em 2016, não houve evolução na produção da cana-de-açúcar nessas microrregiões, mostrando indícios de que o setor ainda estava enfrentando dificuldades.

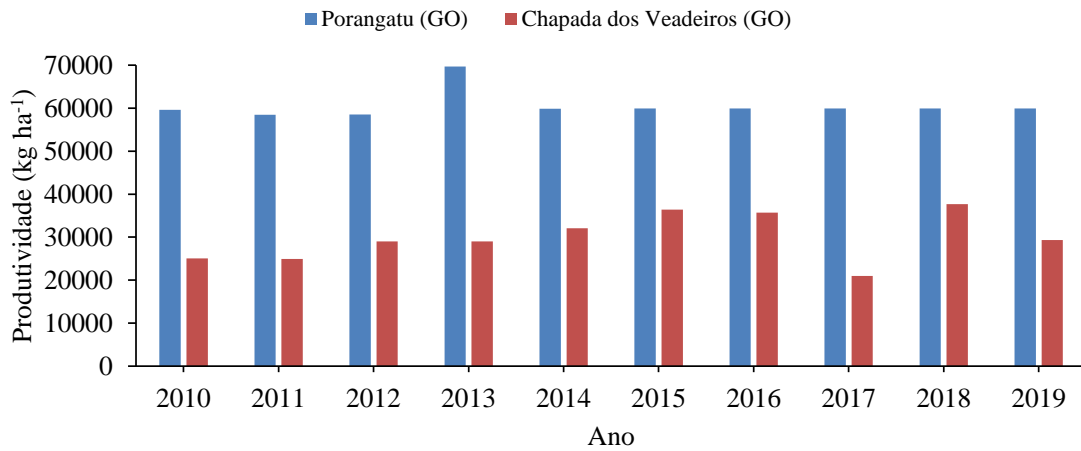
O setor sucroalcooleiro na microrregião da Chapada dos Veadeiros apresentou forte retração na produção da cana-de-açúcar no ano de 2017, com decréscimo de 77,10%. Por sua vez, a microrregião de Porangatu mostrou, naquele ano, a mesma produção observada no ano de 2016 (511.980 ton). No ano de 2018, observou-se incremento na produção da cana-de-açúcar de 5,60% na microrregião de Porangatu, e decréscimo de 58,60% na microrregião da Chapada dos Veadeiros.

A microrregião da Chapada dos Veadeiros só conseguiu apresentar recuperação em 2019 (elevação na produção de 41,43%) frente às perdas ocorridas em 2017 e 2018. A microrregião de Porangatu demonstrou redução de 2,80% no ano de 2019 (Figura 9).

A produtividade da cana-de-açúcar no ano de 2010 foi de 59.647 e 25.052 kg ha<sup>-1</sup> para as microrregiões de Porangatu e Chapada dos Veadeiros. Cabe destacar a baixa produtividade encontrada na Chapada dos Veadeiros, que, nesse ano, foi 58% menor do que a observada na microrregião de Porangatu.

A produtividade da cana-de-açúcar no ano de 2011 recuou 1,93% e 0,43% para as microrregiões de Porangatu e da Chapada dos Veadeiros (Figura 10).

Figura 10 – Produtividade da cana-de-açúcar, em função do ano, nas microrregiões do Norte Goiano, Goiânia-GO, 2019



Fonte: Adaptada pela autora de IBGE (2019).

Após a crise mundial de 2008, os investimentos no setor sucroalcooleiro foram reduzidos, e a expansão das áreas de plantio de cana-de-açúcar ficaram comprometidas, devido, basicamente, à redução do crédito. Com isso, a maioria das usinas encontravam-se endividadas e enfrentando problemas de redução da capacidade de moagem, decréscimos de produtividade em função da diminuição nos tratos com canaviais, idade elevada das lavouras, mecanização e problemas climáticos (FIESP, 2013; DEFANTE; VILPOUX; SAUER, 2018).

Em 2013, observou-se incrementos mais significativos na produtividade da cana-de-açúcar para a microrregião de Porangatu (16,05%); por outro lado, menos expressivos para a microrregião da Chapada dos Veadeiros (0,04%). No ano de 2014, observou-se redução significativa na produtividade de cana-de-açúcar na microrregião de Porangatu (14,10%), e retomada no investimento na microrregião da Chapada dos Veadeiros, o que propiciou continuidade na elevação da produtividade (9,53%), persistindo até o ano de 2015 (11,83%) (Figura 10).

Com o aumento da preocupação com a preservação do meio ambiente e a necessidade da produção de açúcar, álcool, energia elétrica e investimento na elevação da produtividade agrícola, buscou-se racionalizar o uso dos recursos naturais e diminuir os custos com terras, que tem sido o foco do setor sucroalcooleiro nos últimos anos, a fim de alcançar e manter o crescimento mais sustentável (GARCIA; CAMOLESI JÚNIOR, 2015).

Para a microrregião de Porangatu, não houve recuperação significativa no ano de 2015 ou incremento na produtividade, mantendo-se semelhante ao ano de 2014, o que também foi constatado nos anos seguintes (2016, 2017, 2018 e 2019). Para a microrregião da Chapada dos Veadeiros, os anos de 2016 e 2017 foram de quedas, indicando reduções na produtividade da

cana-de-açúcar de 1,93% e 41,24%, respectivamente, com recuperação no ano de 2018 (44,35%) e declínio no ano seguinte (22,18%) (Figura 10).

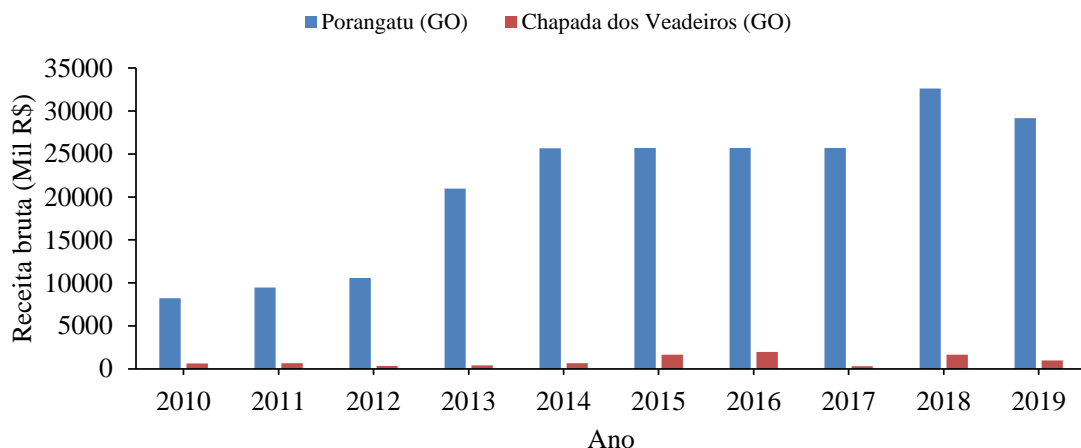
A máxima produtividade nas microrregiões de Porangatu e Chapada dos Veadeiros foram de 69.734 kg ha<sup>-1</sup> e 37.698 kg ha<sup>-1</sup>, observadas nos anos de 2013 e 2018, respectivamente (Figura 10), indicando diferença significativa na produtividade da cana-de-açúcar entre essas microrregiões (45,94%), devido, principalmente, a investimentos, nível tecnológico e condições climáticas distintas.

Ferreira *et al.* (2011) explicam que, tanto o crescimento da área plantada quanto o da produtividade, ocorrem, preferencialmente, em regiões com solos corrigidos; portanto, férteis e produtivos, de boa topografia e clima altamente favorável ao cultivo da cana-de-açúcar.

A receita bruta da cana-de-açúcar no ano de 2010 foi de R\$ 8.225000 e R\$ 640.000 para as microrregiões de Porangatu e da Chapada dos Veadeiros, respectivamente (Figura 11). No ano de 2012, observou-se incrementos na receita bruta da cana-de-açúcar de 10,57% para a microrregião de Porangatu. Para a microrregião da Chapada dos Veadeiros, a receita bruta da cana-de-açúcar apresentou redução significativa, de 50,23%.

Nota-se que o setor sucroalcooleiro no Brasil não tem conseguido se recuperar de maneira mais efetiva, em função dos baixos preços dos produtos relacionados à cana-de-açúcar no mercado internacional, resultado do excesso de oferta das últimas safras e até mesmo dos elevados estoques desses produtos. Apesar do crescimento constante do consumo, o salto na produção foi mais intenso devido à melhora do desempenho dos outros países (CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL – CNA, 2016; MICHELETTI *et al.*, 2016).

Figura 11 – Receita bruta da cana-de-açúcar, em função do ano, nas microrregiões do Norte Goiano, Goiânia-GO, 2019



Fonte: Adaptada pela autora de IBGE (2019).



De 2015 a 2017, não houve elevação na receita bruta da cana-de-açúcar na microrregião de Porangatu, ficando estabilizada nesse período em R\$ 25.698.000. Já para a microrregião da Chapada dos Veadeiros, observou-se incrementos em 2015 (59,59%) e 2016 (16,26%), com expressiva queda na receita bruta em 2017 (83,94%) (Figura 11).

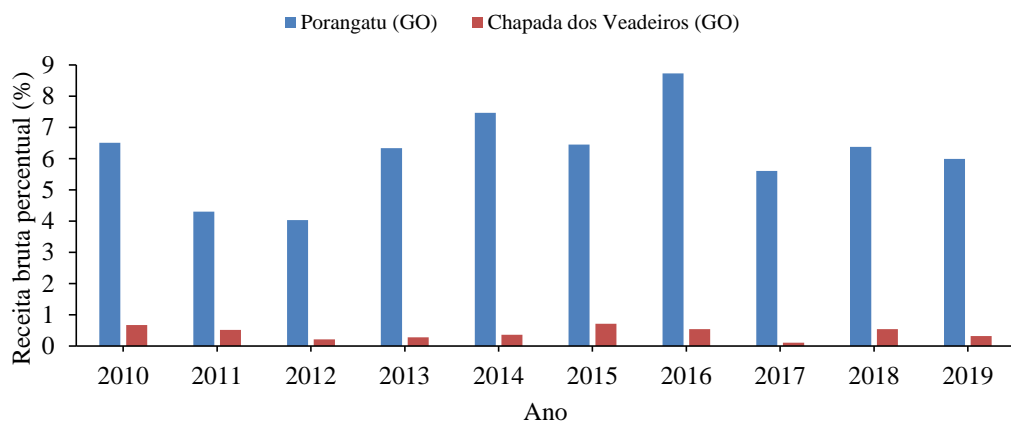
A receita bruta da cana-de-açúcar no ano de 2018 apresentou incrementos consideráveis para as microrregiões de Porangatu (21,25%) e da Chapada dos Veadeiros (80,93%). Entretanto, em 2019, essa receita voltou a cair substancialmente, com reduções de 10,62% (microrregião de Porangatu) e 40,47% (microrregião da Chapada dos Veadeiros).

A elevação dos custos de depreciação e a maior remuneração da terra têm contribuído para a elevação dos custos totais (15%) de produção de cana-de-açúcar das usinas, provocando quedas nas receitas e nos investimentos, levando à diminuição na produtividade, na produção e no rendimento dessas indústrias (CNA, 2016).

As maiores receitas brutas da cana-de-açúcar obtidas nas microrregiões de Porangatu e da Chapada dos Veadeiros ocorreram nos anos de 2018, com R\$ 32.631.000, e 2016, com R\$ 1.652.000, respectivamente (Figura 11).

A receita bruta percentual da cana-de-açúcar no ano de 2010 em relação à receita bruta percentual das lavouras temporárias apresentou-se mais relevante para a microrregião de Porangatu, na qual a cana-de-açúcar correspondeu a 6,51% da receita bruta percentual dessas lavouras. Para a microrregião da Chapada dos Veadeiros, foi de apenas 0,67% (Figura 12).

Figura 12 – Receita bruta percentual da cana-de-açúcar em relação ao valor da produção das lavouras temporárias em função do ano nas microrregiões do Norte Goiano, Goiânia-GO, 2019



Fonte: Adaptada pela autora de IBGE (2019).

Como se observa, apesar de valores distintos da receita bruta, a configuração na distribuição dos custos é semelhante entre as microrregiões, sendo a colheita o maior dispêndio do custo operacional total, representando 40% do montante gasto, enquanto os outros 60% são divididos, em geral, de forma semelhante entre os estágios de formação do canavial e os tratos culturais e administrativo/outras (PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM ECONOMIA E GESTÃO DE EMPRESAS – PECEGE, 2015). Neste sentido, microrregiões com menor expressividade no cultivo da cana-de-açúcar sofrem maior impacto em suas receitas.

No período transcorrido entre 2012 e 2014, a receita bruta percentual observada com a cana-de-açúcar na microrregião da Chapada dos Veadeiros estabilizou-se em valores inferiores a 0,36%. A receita bruta percentual com a cana-de-açúcar na microrregião de Porangatu ficou ainda menos expressiva no ano de 2012 (4,03%) frente à receita bruta percentual total arrecada na microrregião com produtos agrícolas. Porém, em 2013, a receita bruta percentual voltou a crescer, ganhando mais relevância nessa microrregião (6,34%), o que foi confirmado em 2014, onde a representatividade da receita bruta percentual da cana-de-açúcar passou para 7,47%.

O ambiente de mudança vivenciado pelo setor sucroalcooleiro aliado à busca por uma melhor rentabilidade requer esforços inovadores e competitividade entre as unidades produtivas, o que pode ocorrer por três vias preferenciais, quais sejam: adoção de novas tecnologias e formas de gestão; diferenciação pela qualidade do produto e pela colheita; e redução de custos de produção (OLIVEIRA; NACHILUK, 2011).

No ano de 2017, a receita bruta percentual com a cana-de-açúcar das microrregiões de Porangatu e da Chapada dos Veadeiros demonstraram valores de 5,61% e 0,10%, respectivamente, ressaltando que, na microrregião da Chapada dos Veadeiros, a receita bruta percentual obtida com a cana-de-açúcar ficou no seu menor patamar (Figura 12).

Já a receita bruta percentual com a cana-de-açúcar na microrregião de Porangatu foi de 6,38% (2018) e 6,00% (2019). Para a microrregião da Chapada dos Veadeiros, esses valores ficaram abaixo de 0,60% (Figura 12).

#### **4 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS**

A expansão da lavoura de cana-de-açúcar, de 2010 a 2019, na mesorregião do Norte Goiano, mostrou-se bastante expressiva, com elevação de aproximadamente 57,06%, 57,80%, 57,83%, e 70,59% no que diz respeito a área plantada, produtividade, produção e receita bruta, respectivamente. Portanto, a evolução da cana-de-açúcar nessa mesorregião demonstra

potencial, inserindo essa cultura entre as mais importantes da região. Esse crescimento poderia ter sido ainda maior não fossem as sucessivas crises enfrentadas pela indústria nesse período, o que dificultou novos investimentos para a expansão da área de cultivo.

O maior problema enfrentado pela microrregião da Chapada dos Veadeiros é referente à produtividade da cana-de-açúcar, que ainda se encontra em patamares baixos (30.000 kg ha<sup>-1</sup>). A microrregião de Porangatu, por sua vez, tem apresentado produtividade melhor, em torno de 60.000 kg ha<sup>-1</sup>, o que a faz se destacar, pois sua produção compreende, aproximadamente, 98% de toda área cultivada com cana-de-açúcar na mesorregião do Norte Goiano.

## **CAPÍTULO 2 – IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA NA REGIÃO NORTE DE GOIÁS**

### **Resumo**

A agroindústria canavieira vem provocando várias mudanças na dinâmica agrícola das regiões, gerando impactos na realidade socioeconômica dos estados e municípios produtores, o que leva a diversos questionamentos acerca desse processo. O objetivo deste estudo é o de analisar os impactos socioeconômicos e ambientais da agroindústria canavieira na região Norte de Goiás. Para tanto, foi elaborado a partir de uma revisão sistemática da literatura científica, com o propósito de desenvolver uma análise teórica acerca dos impactos socioeconômicos e ambientais da agroindústria canavieira na região mencionada. A expansão da agroindústria canavieira na região Norte do estado trouxe basicamente aumento na geração de vagas de emprego, com elevação da renda dos trabalhadores dessa região. Porém, com relação às condições de trabalho e à saúde, esse setor ainda tem apresentado poucos avanços. Somam-se a isso a expropriação e a migração dos produtores familiares, devido ao avanço da cultura da cana-de-açúcar, que tem provocado desordem no território e nos municípios.

**Palavras-chave:** Cana-de-açúcar, Cerrado, Emprego, Agroindústria canavieira.

### **Abstract**

Certainly, the sugarcane agribusiness has been causing several changes in the agricultural dynamics of the regions, generating many impacts on the socioeconomic reality of the producing states and municipalities, which leads to several questions about this process. The objective of this study was to analyze the socioeconomic and environmental impacts of the sugarcane agroindustry in the North of Goiás. The present work was carried out from a systematic review of the scientific literature, with the purpose of developing a theoretical analysis about the socioeconomic and environmental impacts of the sugar cane agroindustry in the North of Goiás. The expansion of the sugar cane agroindustry in the North has basically increased the generation of job vacancies with an increase in the income of workers in this region, but in relation to working conditions and health, this sector has still presented insignificant advances, in addition to this, the expropriation and migration of family farmers due to the advancement of sugarcane culture has caused disorder in the territory and municipalities.

**Keywords:** Sugarcane, Cerrado, Employment, Agribusiness.

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o expressivo crescimento da produção de cana-de-açúcar nas últimas décadas tem determinado importantes mudanças no que se refere aos aspectos agroambiental e socioeconômico; os números do setor canavieiro impressionam pela grande extensão da área cultivada (1,5 % dos solos cultivados do Brasil), caracterizando-se em um sistema de monocultivo, que tem especial significado econômico e social para o país (MACHADO; HABIB, 2009).

A presença da cana-de-açúcar está condicionada a certos fatores da paisagem, bem como à existência de infraestrutura. Com relação ao estado de Goiás, por exemplo, 95% de toda a área plantada com cana-de-açúcar situa-se até 30 km das usinas de álcool e açúcar, o que favorece a redução dos custos; por outro lado, gera a preocupação com os impactos ambientais e socioeconômicos que podem ocorrer na região, em função de a concentração das atividades do cultivo do produto (adubação, controle químico, entre outros) estar basicamente ao redor das usinas (RIBEIRO; FERREIRA; FERREIRA, 2010).

Não há como produzir biocombustíveis sem matéria-prima. As consequências do uso exagerado de fertilizantes, agrotóxicos e outros tratamentos culturais podem causar impactos danosos, tanto ambiental quanto socioeconomicamente. Neste sentido, é preciso entender que essas ações podem influenciar o entorno das plantações nas regiões, modificando por completo a paisagem do lugar (PEREIRA, 2007). Da mesma forma, a expansão da cana-de-açúcar sobre áreas ocupadas por outras culturas, ou mesmo sobre áreas ainda intactas de Cerrado, gerará reflexos sobre as estruturas agrária, social e econômica do estado de Goiás (RIBEIRO, 2008; CASTRO *et al.*, 2010; REZENDE; MAGALHÃES, 2012).

A expansão do setor sucroalcooleiro é irreversível. Neste sentido, é necessário considerar os impactos positivos, como redução de gases do efeito estufa, menor dependência do petróleo, aumento da renda dos pequenos produtores, bem como seus efeitos negativos, como ambientais, agrícolas, agrários e socioeconômico (RIBEIRO, 2008).

A agroindústria canavieira vem provocando várias mudanças na dinâmica agrícola das regiões, gerando impactos na realidade socioeconômica dos estados e municípios produtores, o que leva a diversos questionamentos acerca desse processo (GILIO, 2015). Dessa forma, é essencial que os impactos socioeconômicos e ambientais do setor sejam abordados frente à potencialidade de expansão da cana-de-açúcar no Norte de Goiás (REZENDE; MAGALHÃES, 2012).

Portanto, o objetivo deste capítulo é o de analisar os impactos socioeconômicos e ambientais da agroindústria canavieira no Norte de Goiás.

## 2 METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado a partir de uma revisão sistemática da literatura científica, com o propósito de desenvolver uma análise teórica acerca dos impactos socioeconômicos e ambientais da agroindústria canavieira na região Norte de Goiás, com recorte temporal em dez anos (2010 a 2019). Assim sendo, a pesquisa foi do tipo exploratória, com levantamento de informações gerais a respeito dos impactos socioeconômicos e ambientais no setor agrícola e no setor da agroindústria.

Conforme Marconi e Lakatos (2010), uma revisão da literatura visa à análise coesa sobre uma determinada temática, a qual busca descrever, registrar, analisar e interpretar um fenômeno atual. É um tipo de estudo que assume a quantificação da informação como forma de oferecer uma visão acerca de uma determinada produção, tema ou área de estudo (SCORSOLINI-COMIN, 2014). No contexto da presente dissertação, busca-se expor o que existe sobre impactos socioeconômicos e ambientais relativos ao setor sucroalcooleiro.

Para a revisão bibliográfica, diversas fontes de pesquisa foram coletadas e selecionadas, como livros, capítulos, resenhas, teses, dissertações, monografias, notícias e artigos publicados em periódicos, com ênfase para as bases de dados Scielo, Scopus, Web of Science e Science, como sugerem Cronin, Ryan e Coughlan (2008).

Para a realização de pesquisas em áreas relacionadas, priorizou-se, na busca, os seguintes descritores-chave: impactos ambientais, impactos socioeconômicos, impacto social, etanol, biocombustíveis, energia renovável, aquecimento global, emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), vinhaça, colheita manual, colheita mecanizada, expansão da cana-de-açúcar, indústria sucroalcooleira. Além disso, foram buscados textos correlacionados ao tema da pesquisa.

A coleta, a seleção e a análise dos textos ocorreram, inicialmente, por meio de leitura preliminar de seus títulos e resumos, considerando o contexto teórico apresentado pelas publicações. Em seguida, nas publicações mais pertinentes, foi realizada uma investigação abrangente dos textos que melhor se relacionavam com o tema, de modo a servirem de base para o desenvolvimento deste estudo.

Feito esse processo, procedeu-se à avaliação dos aspectos e dos impactos ambientais (SANCHEZ, 2020) relacionados ao setor agrícola e à agroindústria no setor sucroalcooleiro. Assim, os impactos ambientais das atividades sucroalcooleiras foram analisados e classificados

de acordo com a Norma Brasileira (NBR) ISO 14001 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 2015) e adaptados de acordo com Silva, Shibao e Santos (2015), como mostra o Quadro 1.

Quadro 1 – Atributos utilizados para classificar os impactos ambientais

ANÁLISE	CLASSIFICAÇÃO		DESCRIÇÃO
<b>Fator do ambiente</b>	Antrópico		Tudo aquilo que resulta da ação humana; tudo o que foi modificado pelo ser humano. É conhecido também como meio socioeconômico.
	Físico		É o espaço que acomoda todos os outros meios. Ele os sustenta e dá condições para que haja o desenvolvimento de todos os outros meios. Em resumo: solo, água e ar.
	Biótico		Refere-se a tudo que tem vida. Exemplo: flora e fauna.
<b>Temporalidade</b>	AT	Atual	Atividades, processos, produtos e serviços realizados no presente ou consequências do presente.
	PA	Passado	Atividades, processos, produtos e serviços obsoletos.
	FU	Futuro	Atividades, processos, produtos e serviços em fase de planejamento ou consequências futuras.
<b>Influência</b>	D	Direta	Capacidade de controle do aspecto ambiental.
	I	Indireta	Capacidade de intervenção no controle do aspecto ambiental.
<b>Situação</b>	N	Normal	Condição padrão de trabalho.
	AN	Anormal	Condição extraordinária de trabalho (abaixo/acima da capacidade de operação).
	E	Emergencial	Condição potencial para a ocorrência de impacto ambiental.
<b>Tipo</b>	+	Positivo	Resulta em melhorias para o ambiente.
	-	Negativo	Alterações que causam algum risco para o ser humano ou para os recursos naturais encontrados no espaço.
<b>Órgão executor</b>	AA	Agroindústria	Atividade econômica da industrialização do produto agrícola.
	SE	Setor Empresarial	Setor de organização econômica, civil ou comercial, constituída para explorar um ramo de negócio e oferecer ao mercado bens e/ou serviços.
	OP	Órgãos de Pesquisa	Órgão responsável por um conjunto de atividades que tem por finalidade descobrir novos conhecimentos nos domínios científico, literário, artístico etc.
	SG	Setor Governamental	Setor de instância máxima da administração executiva, geralmente reconhecida como a liderança de uma Nação.

Fonte: Adaptado de ABNT (2015) e Silva, Shibao e Santos (2015).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Setor Agrícola

O meio ambiente pode ser definido, segundo o inciso XII do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 2002, como o “[...] conjunto de condições, leis, influência e

interações de ordem física, química, biológica, social, cultural e urbanística, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” (BRASIL, 2002, n. p.).

As atividades desenvolvidas no meio ambiente geram aspectos que podem levar ao impacto ambiental. Assim, a NBR ISO 14001/2015 define aspecto ambiental como o “elemento das atividades ou produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente”; por sua vez, impacto ambiental é definido como “qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, dos aspectos ambientais da organização” (ABNT, 2015, n. p.).

A Resolução CONAMA n.º 01, de 1986, em seu Art. 1º, define impacto ambiental da seguinte forma:

Art. 1º [...] qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:  
 I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;  
 II - as atividades sociais e econômicas;  
 III - a biota;  
 IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;  
 V - a qualidade dos recursos ambientais. (BRASIL, 1986, n. p.)

Os impactos podem ser classificados em positivos e negativos, e são definidos, de acordo com Silva (2004, p. 72), como: impactos positivos ou benéficos, “quando a ação resulta na melhoria da qualidade de um fator ou parâmetro ambiental; os impactos ambientais positivos devem ser estimulados pelas autoridades governamentais”; e impactos negativos ou adversos, “quando a ação resulta em um dano à qualidade de um fator ou parâmetro ambiental; os impactos ambientais negativos devem ser evitados pela população de um modo geral e reprimidos pelas autoridades ambientais”.

Os impactos advindos das atividades agrícolas ocorrem, principalmente, em razão do desmatamento e das queimadas, práticas ainda utilizadas por produtores no Norte de Goiás, devido aos baixos custos, mas que resultam em poluição agrícola, degradação do solo, erosões e contaminação da água (RODRIGUES, 2004; SEIDLER; FRITZ FILHO, 2016).

A expansão da cana-de-açúcar na região Norte, para promover ganhos econômicos regionais, suprime, de certo modo, a percepção da população dessa região sobre os efeitos negativos nos ambientes, como perda da qualidade do solo e da água, problemas de saúde humana e riscos para a biodiversidade (SILVA *et al.*, 2011; SILVA; CASTRO, 2011).

A expansão do setor sucroalcooleiro no Norte de Goiás tem causado intensa reestruturação espacial, produtiva e econômica. Essa reestruturação tem proporcionado



alterações significativas na dinâmica econômica, social e ambiental. Com isso, apesar das vantagens geradas pela expansão da cana-de-açúcar, as desvantagens são maiores. Logo, é necessário ter precaução com a expansão dessa cultura, tendo em vista que futuramente seus impactos poderão se tornar ainda mais prejudiciais (LELIS; AVELINO JÚNIOR, 2015).

Importa mencionar que Bacchi e Caldarelli (2015), mesmo constatando evidências de que a expansão da indústria canavieira gerou efeitos positivos sobre o emprego e a renda, não observaram impactos positivos expressivos sobre a saúde e a educação.

Observa-se que a dinâmica exploratória da cana-de-açúcar nessa região traz impactos diversos, tais como: problemas de saúde; maior exploração do trabalhador, ocasionando precarização das condições de trabalho; impactos ambientais diversos no ar (queimadas), nos solos (erosões e lixiviações) ou na água (contaminação dos lençóis freáticos); e expropriação do pequeno produtor do campo, causando desarticulação do território e dos municípios vizinhos (TEIXEIRA; COUTO, 2013).

Em suma, pode-se afirmar que os principais resultados positivos das agroindústrias canavieiras nas regiões onde estão inseridas são a geração de emprego, a redução gradativa da mão de obra temporária e a geração de renda e de impostos. Além disso, permite que o Brasil utilize fontes energéticas renováveis, como o etanol, contribuindo para o bem-estar daqueles que fazem uso desse sistema (SHIKIDA; SOUZA, 2009; CARVALHO, L. C. *et al.*, 2013).

Wissmann e Shikida (2017) defendem que a produção da cana-de-açúcar para etanol permitirá o emprego de energias limpas, com o aproveitamento de créditos de carbono; aumento na ocupação permanente de mão de obra local; geração de renda ao longo do ano; indução tecnológica na produção e colheita da cana-de-açúcar; qualificação dos trabalhadores do setor frente sua tecnificação, gerando investimentos em educação e treinamento; e investimentos em complexos agroindustriais de logística, transporte, energia e suporte técnico.

Carvalho e Marin (2011) também observaram essas mesmas vantagens e desvantagens elencadas nas regiões produtoras de cana-de-açúcar, e apontaram, ainda, um problema que tem passado despercebido e que está relacionado com a agricultura familiar: a migração de trabalhadores para a agroindústria canavieira diminuiu a mão-de-obra para esse tipo de unidade produtora, sendo necessária a redução das áreas ocupadas com determinadas culturas, em geral, alimentares, mais exigentes em mão de obra. Assim, há a possibilidade de que a migração e a expansão da cana-de-açúcar conduzam à redução da produção de alimentos, que pode ser agravada pela tendência de aumento das importações de alimentos no país (CARVALHO, 2007; LOURENZANI; CALDAS, 2014).

Correa (2013) constatou que a expansão da cana-de-açúcar na região Norte do estado de Goiás vem ocorrendo em áreas antes destinadas à produção de alimentos, assim como em áreas anteriormente ocupadas com pastagens naturais. Essa expansão induz à migração da pecuária para outras regiões, muitas das quais sob a influência do bioma Cerrado.

Nas mesorregiões do estado de Goiás, mesmo que a entrada da cana-de-açúcar em substituição às demais culturas tenha ocorrido em um período mais recente, os resultados sugerem desmatamento da ordem de 14 mil ha para algumas microrregiões, sendo que os municípios só se destacaram por causa do aumento da quantidade produtiva, advinda, exclusivamente, de vantagens locais (ABDALA; RIBEIRO, 2011).

Importa destacar que ainda existe controvérsia sobre o conflito entre os biocombustíveis (etanol) e a produção de alimentos. Esse é um assunto complexo e que envolve inúmeras variáveis, de tal modo que é preciso entender o tamanho dos impactos das mudanças provenientes das condições do mercado, dos estímulos da política agrícola e dos impactos de eventos climáticos na cultura. Somente assim é possível confrontar o crescimento da produção dos alimentos com a evolução da demanda interna, bem como analisar as eventuais necessidades de importações e o comportamento de seus preços (AGUIAR; SOUZA, 2014).

A substituição de culturas alimentares gera pressão nos preços e possível escassez de alimentos, elevação do preço da terra, aspectos institucionais e marginalização de comunidades locais e agricultores familiares (SAUER; LEITE, 2012; GAMBORG; PALMER; SANDOE, 2012; GILIO, 2015). Fonseca *et al.* (2015) revelaram que a crescente participação da cultura da cana-de-açúcar se deu basicamente pela incorporação de novas áreas cultiváveis e pela substituição de áreas ocupadas com diversas culturas agrícolas, o que tem acontecido predominantemente em regiões menos desenvolvidas, como no Norte de Goiás, onde os impasses sociais, graças à agroindústria canavieira, têm se intensificado.

O impacto social da atividade canavieira pode ser ainda mais exacerbado. Neste sentido, questiona-se se o aumento da produção de biocombustíveis, derivados da cana-de-açúcar, afeta o suprimento global de alimentos, pondo em risco a sustentabilidade da produção agrícola. Isso porque países em desenvolvimento, em algum momento, deparar-se-ão com o seguinte dilema: produzir alimentos para consumo ou investir na geração de energia. A propensão à escolha depende exclusivamente de questões econômicas (PONTI; GUTIERREZ, 2009; WISSMANN; SHIKIDA, 2017).

A expansão da cana-de-açúcar justifica-se pela viabilidade econômica, ficando em plano secundário o planejamento para equacionar os impactos sociais e ambientais dessa atividade agrícola, que é pautada no latifúndio e na utilização da força de trabalho. Dessa forma, um dos

principais desdobramentos da expansão do setor sucroalcooleiro é a concentração de renda e de terra, pois contribuiu para acentuar as desigualdades socioeconômicas existentes no campo (SEGATTI, 2009; CUNHA; PREVITALI, 2012; LELIS; HESPANHOL, 2013).

Com isso, a expansão da agroindústria da cana-de-açúcar provoca problemas relacionados a fatores que afetam a segurança e a saúde dos trabalhadores, quais sejam: fisiológicos, relacionados à organização, à saúde, às condições de trabalho e a aspectos sociais decorrentes da migração e de alojamentos precários (CANÇADO, 2003; SANTOS; BATISTA, 2018). Dentre os impactos sociais, destacam-se o da sazonalidade da mão-de-obra e o da rotação de culturas, envolvendo a inflação dos serviços urbanos que recebem essa mão-de-obra (MONTEIRO; ELABRAS-VEIGA; COUTINHO, 2010).

Nota-se que, com o avanço da mecanização e a conseqüente necessidade de mão-de-obra mais qualificada por parte do setor sucroalcooleiro, as regiões mais distantes dos grandes centros estão apresentando taxas elevadas de desemprego e perda de renda por parte da população mais pobre, agravando os impactos sociais, o que também pode ser verificado na região do eixo Norte de Goiás.

A aceleração da mecanização do plantio e, especialmente, do corte de cana-de-açúcar sem a queima reduziu a importância do trabalho manual agrícola e proporcionou controle mais preciso do processo produtivo. A mecanização da lavoura foi estimulada por razões de ordem ambiental, mercadológica, de capacidade de investimento, trabalhista e de melhoria nas condições de trabalho (BACCARIN, 2019). Por outro lado, mesmo que, em um primeiro momento, os impactos sociais se mostrem negativos, é possível que, posteriormente, a mecanização da colheita promova impactos sociais mais positivos, como o aumento da ocupação permanente da mão de obra local e a formação de cooperativas para a colheita mecânica, bem como investimentos em educação e treinamento, visando à qualificação de trabalhadores no contexto de tecnificação progressiva do cultivo (MANZATTO *et al.*, 2009; RIBEIRO *et al.*, 2018).

Assim, percebe-se a necessidade de promover políticas de gestão da terra, com o fim de reconciliar e propiciar a promoção de sinergias entre diferentes usos do solo, bem como para alimentos e biocombustíveis (MOHR; RAMAN, 2013). O setor produtivo das sociedades organizadas tem sido surpreendido pela intensidade das pressões regulatórias em suas operações, em especial as que se referem a um comportamento socioambiental responsável, cada vez mais considerado fundamental para a sustentabilidade do crescimento econômico e o bem-estar da humanidade (LIBONI; CEZARINO, 2012).

Importa salientar que tanto a comunidade científica quanto a sociedade civil têm se preocupado com as questões ambientais e com a preservação da vida no planeta, levando muitos produtores a adequarem a atividade agrícola a uma ação que seja ambientalmente correta e economicamente viável (MACHADO; HABIB, 2009; FERREIRA, 2013).

Silva, Oliveira e Lima (2010) observaram que a expansão da cana-de-açúcar, quando realizada de maneira mais sustentável (utilizando racionalmente os resíduos gerados pela agroindústria) e com uso de novas tecnologias, com foco na melhoria do rendimento e da produção da cultura, pode não impactar significativamente a produção de alimentos, uma vez que os ganhos de produtividade contribuem para contrabalançar a ocupação de novas áreas pela cana-de-açúcar. Entretanto, a utilização de resíduos líquidos da indústria sucroalcooleira, como fertilizantes para a obtenção de maiores rendimentos da cultura, pode aumentar o risco da degradação ambiental, devido ao elevado potencial poluidor – quantitativo e qualitativo – desses resíduos (ROSSETTO, 2004; DEUS; BAKONYI, 2012). Os aspectos e impactos ambientais das atividades sucroalcooleira no setor agrícola estão descritos nos Quadros de 2 a 15.

A primeira iniciativa com a instalação da atividade sucroalcooleira em uma região é a aquisição de terras para o cultivo da cana de açúcar (Quadro 2). Com essa atividade, surgem os mais diversos impactos ambientais negativos, como redução do número de minifúndios, venda das pequenas propriedades rurais, diminuição da área com culturas de subsistência, má distribuição das riquezas; há também um impacto ambiental positivo, relativo ao ganho obtido com as vendas dos imóveis (Quadro 2). Todavia, essas vendas podem trazer problemas para a região, pois alguns desses pequenos proprietários perdem sua fonte de renda e, em vários casos, não conseguem emprego.

Nota-se que a agricultura familiar tem grande importância na economia brasileira, sendo que o agronegócio responde por 21,1% do Produto Interno Bruto (PIB). Cerca de ¼ desse percentual provém da agricultura em família, o que corresponde a 5% do PIB brasileiro, conforme a Diretoria de Gestão Estratégica, Monitoramento e Avaliação – DGMA/ Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário – SEAD (2019). Esses números evidenciam a importância desses pequenos produtores para o Brasil. Portanto, além de fornecerem alimentos, auxiliam na economia nacional.

Quadro 2 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de aquisição de terras para o monocultivo de cana-de-açúcar

ATIVIDADE IMPACTANTE: aquisição de terras										
ASPECTO AMBIENTAL: mudança do dono da propriedade rural										
IMPACTO AMBIENTAL	FATOR DO AMBIENTE	TEMPORALIDADE	INFLUÊNCIA	SITUAÇÃO	TIPO	MEDIDA AMBIENTAL	EXECUTOR RESPONSÁVEL			
							AA	SE	OP	SG
1. Redução do número de minifúndios.	antrópico	AT	I	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incentivar a colonização em áreas onde é possível o crescimento horizontal da agricultura, sem danos a minifúndios.</li> </ul>				X
2. Venda das pequenas propriedades rurais.	antrópico	AT	I	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Possibilitar a contratação dos antigos proprietários, ao serem criados novos empregos.</li> </ul>	X			
3. Diminuição da área com culturas de subsistência.	antrópico	FU	I	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Promover o adensamento do plantio, permitindo a expansão horizontal de culturas de subsistência;</li> <li>Adotar, sempre que possível, a exploração consorciada da cana com culturas alimentares;</li> <li>Desenvolver políticas de crédito e subsídios de incentivo ao plantio de culturas de subsistência.</li> </ul>	X		X	X
4. Má distribuição das riquezas.	antrópico	FU	D	AN	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Criar políticas sociais que atendam às populações mais carentes e às famílias de boias-frias.</li> </ul>	X			X
5. Ganho obtido na venda dos imóveis.	antrópico	FU	D	N	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicar os ganhos obtidos na aquisição de novas áreas onde seja possível melhorar o padrão de vida.</li> </ul>	X			X

Obs.: A: adversa; B: benéfica; AT: atual; PA: passado; FU: futuro; D: direta; I: indireta; N: normal; AN: anormal; E: emergencial; (+): positivo; (-): negativo; AA: agroindústria; SE: setor empresarial; OP: órgãos de pesquisa; SG: setor governamental.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Com relação à diminuição da área com culturas de subsistência, verifica-se que, das 25 (vinte e cinco) mais cultivadas em Goiás, 13 (treze) não são cultivadas na Região Norte (Quadro 3).

Observa-se que, de maneira geral, as principais culturas temporárias, como milho, sorgo, soja e cana-de-açúcar, tendem a um comportamento semelhante. Todas essas culturas obtiveram aumento tanto da área colhida quanto da área de produção, quando comparados os

anos de 2016 e 2019. As áreas colhidas de milho, sorgo, soja e cana-de-açúcar obtiveram aumentos entre 2016 e 2019 de 27,49%, 0,87%, 23,39% e 1,59%, respectivamente; para a produção, os aumentos foram de 41,58%, 47,23%, 87,68% e 9,52%, respectivamente.

Com base nesses nesses números, verifica-se que as culturas do milho e da soja foram as que mais aumentaram em áreas colhidas e de produção na comparação entre os anos de 2016 e 2019. A cana-de-açúcar não aumentou em quantidade considerável, apenas 1,59%.

Quadro 3 – Produtos temporários mais comuns cultivados em Goiás observados na região Norte do estado entre os anos de 2016 e 2019

PRODUTOS	ANOS							
	2016		2017		2018		2019	
	Área colhida (ha)	Produção (ton)	Área colhida (ha)	Produção (ton)	Área colhida (ha)	Produção (ton)	Área colhida (ha)	Produção (ton)
Abacaxi	7	140	13	260	13	260	13	260
Alfafa	0	0	0	0	0	0	0	0
Algodão	300	870	220	700	0	0	1.500	6.000
Alho	0	0	0	0	0	0	0	0
Amendoim	0	0	0	0	0	0	0	0
Arroz	3.027	14.859	2.987	16.788	2.814	16.630	3.871	18.767
Aveia	0	0	0	0	0	0	0	0
Batata-doce	0	0	0	0	0	0	0	0
Batata-inglesa	538	19.585	355	14.200	355	14.200	280	5.784
Cana-de-açúcar	9.134	533.043	8.774	516.805	9.102	544.308	9.279	583.792
Cebola	0	0	0	0	0	0	0	0
Cevada	0	0	0	0	0	0	0	0
Ervilha	0	0	0	0	0	0	0	0
Feijão	14.285	33.338	14.305	32.237	13.630	31.459	19.350	48.826
Fumo	0	0	0	0	0	0	0	0
Girassol	0	0	0	0	0	0	0	0
Mamona	0	0	0	0	0	0	0	0
Mandioca	1.964	24.825	1.696	23.942	1.537	22.188	1.538	21.156
Melancia	0	0	8	240	0	0	0	0
Melão	0	0	0	0	0	0	0	0
Milho	27.564	155.474	26.885	156.992	28.861	189.849	35.142	220.119
Soja	148.950	308.714	167.980	553.321	163.796	520.847	183.788	579.413
Sorgo	5.200	12.100	3.810	12.830	4.550	13.914	5.245	17.815
Tomate	12	1.236	13	1.040	18	1.690	90	8.400
Trigo	123	344	0	0	700	2.100	1.820	2.370

Fonte: IBGE (2019).

Em contrapartida, culturas importantes, como a batata-inglesa e a mandioca, apresentaram queda de 47,96% e 21,69% da área colhida, respectivamente, quando comparados os anos de 2016 e 2019. Isso significa redução na produção de 70,47% e 14,78%, respectivamente (Quadro 3).

Como observado, houve aumento da produção em quase todas as culturas temporárias produzidas no Norte de Goiás. Compreende-se, dessa forma, que a região ainda contava com áreas para exploração agrícola, demonstrando o potencial para o agronegócio.

Para minimizar os impactos da atividade de aquisição de terras (Quadro 2), fazem-se necessários: incentivar a colonização de áreas onde é possível o crescimento horizontal da agricultura, sem danos a minifúndios; potencializar a produtividade, possibilitar a contratação dos antigos proprietários, ao serem criados novos empregos; promover o adensamento do plantio, permitindo a expansão de culturas de subsistência; adotar, sempre que possível, a exploração consorciada da cana com culturas alimentares; desenvolver políticas de crédito e subsídios de incentivo ao plantio de culturas de subsistência; criar políticas sociais que atendam às populações mais carentes e às famílias de boias-frias; e aplicar os ganhos obtidos na aquisição de novas áreas, onde seja possível melhorar o padrão de vida.

Outra atividade que causa impacto no setor é a contratação de mão-de-obra permanente (Quadro 4).

Quadro 4 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de contratação de mão-de-obra permanente no monocultivo de cana-de-açúcar

ATIVIDADE IMPACTANTE: contratação de mão-de-obra permanente										
ASPECTO AMBIENTAL: demanda de mão-de-obra										
IMPACTO AMBIENTAL	FATOR DO AMBIENTE	TEMPORALIDADE	INFLUÊNCIA	SITUAÇÃO	TIPO	MEDIDA AMBIENTAL	EXECUTOR RESPONSÁVEL			
							AA	SE	OP	SG
1. Aumento da ocupação da mão-de-obra no campo.	antrópico	AT	D	N	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilitar que as férias dos empregados-proprietários coincidam com as épocas de plantio e colheita de culturas de subsistência;</li> <li>• Implantar agrovilas na propriedade, melhorando as condições de vida dos empregados e de seus familiares.</li> </ul>	X			X
2. Maior capacidade de geração de empregos pela atividade.	antrópico	FU	D	N	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimular contratação de mão-de-obra de ambos os sexos, conforme o tipo de atividade.</li> </ul>	X			X
3. Falta de moradia para os	antrópico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir agrovilas.</li> </ul>	X			

empregados e familiares.										
4. Discriminação da mão-de-obra feminina.	antrópico	AT	D	N	-	• Promover contratação indistinta de sexo.	X			
5. Maior contratação de mão-de-obra externa.	antrópico	AT	D	N	-	• Contratar pessoas da região.	X			
6. Melhor remuneração e distribuição da riqueza entre o campo e a cidade.	antrópico	FU	I	N	+	• Priorizar a contratação de mão-de-obra local, diminuindo o desemprego na região.	X			
7. Aumento da violência nas cidades.	antrópico	AT	D	AN	-	• Tentar reduzir os números de trabalhadores sazonais.		X	X	

Obs.: A: adversa; B: benéfica; AT: atual; PA: passado; FU: futuro; D: direta; I: indireta; N: normal; AN: anormal; E: emergencial; (+): positivo; (-): negativo; AA: agroindústria; SE: setor empresarial; OP: órgãos de pesquisa; SG: setor governamental.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

A ocupação da mão-de-obra no campo, a capacidade de geração de empregos pela atividade e a remuneração e distribuição da riqueza entre o campo e a cidade são exemplos de impactos positivos para essa atividade (Quadro 4). Por outro lado, a falta de moradia para os empregados e familiares, a discriminação da mão-de-obra feminina, contratação de mão-de-obra externa e o aumento da violência nas cidades são exemplos de impactos negativos.

Conforme pesquisa de Maciel *et al.* (2011), a maioria dos trabalhadores sazonais da indústria canavieira em Lagoa da Prata, Minas Gerais, são migrantes, homens e jovens, com ensino fundamental incompleto, sendo a maioria não sindicalizado. Os referidos autores afirmam que a maior presença de jovens se justifica pela disposição física e a força muscular exigida pelo trabalho. E ainda, o fato de a maioria ser migrante sazonal justifica-se pela inibição dos trabalhadores locais diante do baixo salário oferecido. A prioridade pelo trabalhador do sexo masculino tem como justificativa a superioridade biológica natural para o desempenho do trabalho e maior oferta de mão-de-obra.

Outro impacto que chama a atenção é a violência nas cidades, com a expansão canavieira. Neste sentido, Alves (2012) relata em seu estudo que, na microrregião de Ceres, houve maior violência, principalmente relacionada ao consumo de drogas, com a chegada das usinas de cana-de-açúcar. Alves, Wander e Souza (2011) afirmam também que essa região não está pronta para receber um número significativo de pessoas, devido à ausência de infraestrutura, atendimento hospitalar e renda nos períodos de entressafra. Para esses autores, as consequências desse processo são fome, miséria e violência no campo.



Tendo em vista toda essa problemática, algumas medidas podem ser adotadas para evitar esses impactos: possibilitar que as férias dos empregados-proprietários coincidam com as épocas de plantio e colheita de culturas de subsistência; implantar agrovilas na propriedade, melhorando as condições de vida dos empregados e de seus familiares; estimular a contratação de mão-de-obra de ambos os sexos, conforme o tipo de atividade; construir agrovilas; promover contratação indistinta de sexo; contratar pessoas da região; priorizar a contratação de mão-de-obra local, diminuindo o desemprego na região; e tentar reduzir os número de trabalhadores sazonais (Quadro 4).

A atividade de aquisição dos fatores de produção tem como principal impacto a dinâmica econômica, em virtude da aquisição de insumos, máquinas e implementos agrícolas (Quadro 5). Esse impacto é positivo. Sempre que possível, deve-se realizar compras desses produtos na própria região do empreendimento.

Quadro 5 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de aquisição dos fatores de produção no monocultivo de cana-de-açúcar

ATIVIDADE IMPACTANTE: aquisição dos fatores de produção										
ASPECTO AMBIENTAL: demanda por insumos, máquinas e implementos agrícolas										
IMPACTO AMBIENTAL	FATOR DO AMBIENTE	TEMPORALIDADE	INFLUÊNCIA	SITUAÇÃO	TIPO	MEDIDA AMBIENTAL	EXECUTOR RESPONSÁVEL			
							AA	SE	OP	SG
1. Melhoria na dinâmica econômica devido à aquisição de insumos, máquinas e implementos agrícolas.	antrópico	AT	D	N	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar, sempre que possível, compras de insumos, máquinas e implementos agrícolas na própria região do empreendimento.</li> </ul>	X			

Obs.: A: adversa; B: benéfica; AT: atual; PA: passado; FU: futuro; D: direta; I: indireta; N: normal; AN: anormal; E: emergencial; (+): positivo; (-): negativo; AA: agroindústria; SE: setor empresarial; OP: órgãos de pesquisa; SG: setor governamental.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

A compra no comércio local (Quadro 5) auxilia na promoção do desenvolvimento do município, pois contribui com a geração de novos postos de trabalho, potencializa o recolhimento de impostos municipais e, conseqüentemente, melhora o potencial de investimento em diversas áreas (XARA-BRASIL *et al.*, 2021).

No Quadro 6, são destacados os impactos negativos do preparo do solo, em função do revolvimento e da exposição do solo aos processos erosivos: intensificação do uso frequente de máquinas e implementos; estreitamento da base genética vegetal, decorrente do desaparecimento da vegetação original; redução do banco de propágulos pela interrupção do ciclo vital das espécies vegetais; redução da microbiota do solo, proporcionada pelas condições adversas; redução espacial do habitat de vertebrados, devido à erradicação da vegetação original; alteração nos habitats naturais dos insetos e exposição às intempéries e/ou animais; diminuição da qualidade da água dos córregos nas proximidades do local de cultivo; e extinção de espécies nativas.

Acerca da exposição do solo e os prejuízos advindos dessa exposição, Hernani, Kurihara e Silva (1999), em um importante trabalho realizado entre 1988 e 1994, avaliaram a perda de nutrientes por erosão hídrica em diferentes manejos de solo. Esses autores verificaram que solos expostos (manejo com niveladora e gradagem – manejo comum) sofrem com erosões maiores, levando-os à perda de matéria orgânica e nutrientes, como  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  e o P.

Quadro 6 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de preparo do solo para o monocultivo de cana-de-açúcar

ATIVIDADE IMPACTANTE: preparo do solo										
ASPECTO AMBIENTAL: processos de revolvimento e exposição do solo										
IMPACTO AMBIENTAL	FATOR DO AMBIENTE	TEMPORALIDADE	INFLUÊNCIA	SITUAÇÃO	TIPO	MEDIDA AMBIENTAL	EXECUTOR RESPONSÁVEL			
							AA	SE	OP	SG
1. Desestruturação do solo.	físico	FU	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar técnicas de conservação do solo que proporcionem maior infiltração da água no solo e reduzam a sua energia cinética;</li> <li>• Reduzir o período de tempo entre o preparo do solo e o plantio;</li> <li>• Instruir os operários para execução racional das tarefas.</li> </ul>	X			
2. Intensificação do uso de máquinas e implementos.	físico	AT	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolver máquinas com menor capacidade poluidora e melhorar a qualidade dos combustíveis empregados, além de manutenção das máquinas em uso;</li> </ul>		X	X	

						<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolver as atividades de preparo do solo no seu ponto de friabilidade, evitando a sua desestruturação;</li> <li>• Utilizar máquinas e implementos com menor ação compactadora.</li> </ul>	X			
3. Estreitamento da base genética vegetal, decorrente do desaparecimento da vegetação original.	antrópico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adotar cultivos em faixas;</li> <li>• Manter as áreas de reserva vegetal estipuladas por lei.</li> </ul>	X			X
4. Redução do banco de propágulos pela interrupção do ciclo vital das espécies vegetais.	antrópico	FU	I	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viabilizar um banco de germoplasma de coleções de espécies vegetais.</li> </ul>	X		X	
5. Redução da microbiota do solo, proporcionada pelas condições adversas criadas com o revolvimento do solo.	biótico	FU	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Priorizar pesquisas, objetivando cultivo mínimo e/ou plantio direto para a cultura.</li> </ul>	X	X	X	X
6. Redução espacial do habitat de vertebrados, devido à erradicação da vegetação original.	biótico	FU	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manter a vegetação natural de áreas ribeirinhas e de reservas legais;</li> <li>• Plantar espécies vegetais que ofereçam alimento, refúgio e abrigo aos vertebrados.</li> </ul>	X			X
7. Alteração nos habitats naturais dos insetos e exposição às intempéries e/ou animais.	biótico	FU	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudar o ciclo biológico dos espécimes comprometidos, correlacionando-o com a magnitude dos impactos;</li> <li>• Adotar técnicas que diminuam o revolvimento do solo (cultivo mínimo, por exemplo).</li> </ul>	X		X	
8. Diminuição da qualidade da água dos córregos nas proximidades do local de cultivo.	físico/ biótico	FU	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recompôr a vegetação ribeirinha, que serve como anteparo de partículas sólidas e filtro da água que chega aos córregos.</li> </ul>	X			
9. Extinção de espécies nativas.	biótico	FU	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar o solo conforme a sua aptidão agrícola;</li> <li>• Desestimular a expansão da monocultura da cana em locais próximos a centros urbanos.</li> </ul>	X			X

Obs.: A: adversa; B: benéfica; AT: atual; PA: passado; FU: futuro; D: direta; I: indireta; N: normal; AN: anormal; E: emergencial; (+): positivo; (-): negativo; AA: agroindústria; SE: setor empresarial; OP: órgãos de pesquisa; SG: setor governamental.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Mais recentemente, Tartari *et al.* (2012) avaliaram, em campo, as perdas de solo e água por erosão hídrica em entressulcos de um Argissolo Vermelho-Amarelo, utilizando chuva simulada e diferentes densidades de cobertura vegetal. Constataram que a utilização de cobertura vegetal reduz a taxa de desagregação do solo, porém não influencia as perdas de água e a taxa de infiltração da água no solo (Quadro 6).

Quanto aos prejuízos causados por solos sem cobertura vegetal aos recursos hídricos, Morais Neto (2018), objetivando realizar o diagnóstico da qualidade hídrica em reservatórios localizados em sub-bacias com solos expostos, encontrou altas correlações positivas significativas ( $p < 0,01$ ) entre as áreas de solo exposto e as variáveis limnológicas nitrogênio total e fósforo total. Esse resultado comprova o impacto negativo nos recursos hídricos, quando a atividade de preparo do solo para o cultivo de cana-de-açúcar não é bem manejada.

Nesse mesmo sentido, José Santos, Celso Santos e Richarde Silva (2012), analisando as perdas de água e solo no semiárido paraibano, em diferentes coberturas superficiais e condições de umidade, verificaram que solos expostos causam sérias degradação nos recursos hídricos (Quadro 6).

Para minimizar esses impactos, deve-se: desenvolver máquinas com menor capacidade poluidora e melhorar a qualidade dos combustíveis empregados, além da manutenção das que estão em uso; aplicar técnicas de conservação do solo que proporcionem maior infiltração da água no solo e reduzam a sua energia cinética; desenvolver as atividades de preparo do solo no seu ponto de friabilidade, evitando a desestruturação; utilizar máquinas e implementos com menor ação compactadora; reduzir o período de tempo entre o preparo de solo e o plantio; instruir os operários para a execução racional das tarefas mecanizadas; adotar cultivos em faixas; manter as áreas de reserva vegetal estipuladas por lei; viabilizar um banco de germoplasma de coleções de espécies vegetais; priorizar pesquisas, objetivando cultivo mínimo e/ou plantio direto para a cultura; manter a vegetação natural de áreas ribeirinhas e de reservas legais; plantar espécies vegetais que ofereçam alimento, refúgio e abrigo aos vertebrados; Estudar o ciclo biológico dos espécimes comprometidos, correlacionando-o com a magnitude dos impactos; adotar técnicas que diminuam o revolvimento do solo, como o cultivo mínimo; recompor a vegetação ribeirinha, que serve como anteparo de partículas sólidas e filtro da água que chega aos córregos; utilizar o solo conforme a sua aptidão agrícola; e desestimular a expansão da monocultura da cana em locais próximos a centros urbanos.

Outra atividade impactante diz respeito à calagem e à adubação (Quadro 7). Essa atividade pode gerar queima de combustíveis fósseis e distribuição de calcário. Analisando a poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos

automotores, Drumm *et al.* (2014) perceberam que diversos fenômenos prejudiciais ao meio ambiente (chuva ácida, efeito *smog*, efeito estufa) e, também, ao homem (doenças respiratórias, alergias e outros) estão relacionadas a esse tipo de poluição.

Quadro 7 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de calagem e adubação no monocultivo de cana-de-açúcar

ATIVIDADE IMPACTANTE: calagem e adubação										
ASPECTO AMBIENTAL: aplicação de calcário e fertilizantes										
IMPACTO AMBIENTAL	FATOR DO AMBIENTE	TEMPORALIDADE	INFLUÊNCIA	SITUAÇÃO	TIPO	MEDIDA AMBIENTAL	EXECUTOR RESPONSÁVEL			
							AA	SE	OP	SG
1. Maior queima de combustíveis fósseis e falhas da distribuição de calcário.	físico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zelar pela manutenção das máquinas, evitando queima incompleta de combustíveis;</li> <li>• Utilizar aplicador de calcário, sem necessidade de lançá-lo a longas distâncias;</li> <li>• Adquirir o calcário em sacas, e não a granel, pois facilita o abastecimento e diminui sua dispersão pelo vento.</li> </ul>	X			
2. Compactação do solo causada pelo trânsito de maquinaria.	físico	AT	D	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar máquinas e implementos com menor ação compactadora.</li> </ul>		X	X	
3. Carreamento de nutrientes para as regiões mais baixas (depreciação da qualidade das águas).	físico	FU	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assegurar o cumprimento dos dispositivos constantes no Código de Águas;</li> <li>• Utilizar os nutrientes minerais em formas que sejam menos lixiviáveis;</li> <li>• Parcelar as adubações de manutenção da cana-de-açúcar, potencializando o seu aproveitamento pela cultura.</li> </ul>	X			X
4. Elevação do pH e introdução de nutrientes no solo.	físico	FU	I	N	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Executar pesquisas <i>in situ</i> para adequar a adubação às necessidades locais.</li> </ul>	X		X	
5. Aumento das condições químicas e fornecimento de substratos para o solo (favorece a microbiota do solo).	físico/biótico	FU	I	N	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Associar técnicas de melhoria das condições físicas do solo, especialmente a aeração, à adubação.</li> </ul>	X			

6. Carreamento de fertilizantes e partículas de solo para o ambiente aquático (eutrofização).	físico/ biótico	FU	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Promover a reconstituição e a manutenção da vegetação ciliar;</li> <li>Realizar estudos para a identificação das espécies mais comprometidas.</li> </ul>	X			X
---	--------------------	----	---	---	---	---	---	--	--	---

Obs.: A: adversa; B: benéfica; AT: atual; PA: passado; FU: futuro; D: direta; I: indireta; N: normal; AN: anormal; E: emergencial; (+): positivo; (-): negativo; AA: agroindústria; SE: setor empresarial; OP: órgãos de pesquisa; SG: setor governamental.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Outros impactos negativos relacionado à compactação do solo causada pelo trânsito de maquinaria são o carreamento de nutrientes às regiões mais baixas (depreciação da qualidade das águas) e o carreamento de fertilizantes e partículas de solo para o ambiente aquático (Quadro 7).

Ao avaliarem a eutrofização em rios brasileiros, Barreto *et al.* (2013) observaram que há o aporte de nutrientes para os cursos hídricos, principalmente nitrogênio e fósforo, que são os principais causadores da eutrofização das águas. Segundo os pesquisadores, esses nutrientes, em meio aquoso, favorecem o crescimento de plantas aquáticas (macrófitas aquáticas e algas), com possibilidade do surgimento de cianobactérias potencialmente tóxicas, que podem prejudicar a qualidade hídrica de abastecimento público, podendo causar sérios danos à saúde.

Como pontos positivos, encontram-se a elevação do Potencial Hidrogeniônico (pH) e a eminente introdução de nutrientes no solo (Quadro 7). Além disso, o aumento das condições químicas e o fornecimento de substratos para o solo favorecem a microbiota (DARTORA *et al.*, 2013).

Para minimizar esses impactos, algumas ações são necessárias, a saber: zelar pela manutenção das máquinas, evitando queima incompleta de combustíveis; utilizar aplicador de calcário, distribuindo-o sem necessidade de lançá-lo a longas distâncias; adquirir o calcário em sacas, e não a granel, pois facilita o abastecimento e diminui sua dispersão pelo vento; utilizar máquinas e implementos com menor ação compactadora; assegurar o cumprimento dos dispositivos constantes no Código de Águas; utilizar os nutrientes minerais em formas que sejam menos lixiviáveis; parcelar as adubações de manutenção da cana-de-açúcar, potencializando o seu aproveitamento pela cultura; executar pesquisas *in situ* para adequar a adubação às necessidades locais; associar técnicas de melhoria das condições físicas do solo, especialmente a aeração, à adubação; promover a reconstituição e a manutenção da vegetação ciliar; e realizar estudos para a identificação das espécies mais comprometidas (Quadro 7).

O plantio da cana-de-açúcar também consiste em atividade causadora de impacto na atividade sucroalcooleira (Quadro 8). Os principais impactos negativos dessa atividade são: trânsito de tratores e carretas na distribuição dos toletes de cana-de-açúcar nos sulcos de plantio; exposição e compactação do solo, devido ao trânsito de maquinaria; e carreamento de partículas de solo para o ambiente aquático. Como impacto positivo, destaca-se a alta demanda de mão-de-obra para a atividade de plantio (Quadro 8).

Amaral *et al.* (2020) sugerem que os diferentes usos da terra podem alterar a granulometria dos sedimentos; por conseguinte, podem alterar a cobertura nos ecossistemas aquáticos.

Quadro 8 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de plantio de toletes de cana-de-açúcar em monocultura

<b>ATIVIDADE IMPACTANTE: plantio da cana-de-açúcar</b>										
<b>ASPECTO AMBIENTAL: processo de plantio</b>										
<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>FATOR DO AMBIENTE</b>	<b>TEMPORALIDADE</b>	<b>INFLUÊNCIA</b>	<b>SITUAÇÃO</b>	<b>TIPO</b>	<b>MEDIDA AMBIENTAL</b>	<b>EXECUTOR RESPONSÁVEL</b>			
							AA	SE	OP	SG
1. Maior trânsito de tratores e carretas na distribuição dos toletes de cana-de-açúcar nos sulcos de plantio.	físico	AT	I	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir talhões de modo a potencializar as operações de plantio, minimizando o trânsito de tratores e carretas.</li> </ul>	X			
2. Exposição e compactação do solo, devido ao trânsito de maquinaria.	físico	AT	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolver técnicas de plantio que evitem a exposição do solo às intempéries (plantio direto);</li> <li>• Diminuir o espaço de tempo entre o preparo do solo e o plantio da cana.</li> </ul>	X		X	
3. Carreamento de partículas de solo para o ambiente aquático.	físico/ biótico	FU	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantar faixas de vegetação para contenção de enxurrada nas proximidades das coleções d'água.</li> </ul>	X			
4. Alta demanda de mão-de-obra para a atividade de plantio.	antrópico	FU	D	N	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contratar mão-de-obra feminina e juvenil, dado o requerimento de menor esforço físico para o plantio dos toletes.</li> </ul>	X			

Obs.: A: adversa; B: benéfica; AT: atual; PA: passado; FU: futuro; D: direta; I: indireta; N: normal; AN: anormal; E: emergencial; (+): positivo; (-): negativo; AA: agroindústria; SE: setor empresarial; OP: órgãos de pesquisa; SG: setor governamental.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Para minimizar esses impactos, algumas medidas são importantes: construir talhões, de modo a potencializar as operações de plantio, minimizando o trânsito de tratores e carretas; desenvolver técnicas de plantio que evitem a exposição do solo às intempéries (plantio direto); diminuir o espaço de tempo entre o preparo do solo e o plantio da cana; implantar faixas de vegetação para contenção de enxurrada nas proximidades das coleções d'água; e contratar mão-de-obra feminina e juvenil, dado o requerimento de menor esforço físico para o plantio dos toletes (Quadro 8).

Dentre as atividades impactantes relacionadas ao setor sucroalcooleiro, encontra-se o controle químico de plantas daninhas (Quadro 9). Nessa atividade destacam-se os impactos negativos advindos do maior trânsito e do funcionamento de tratores e pulverizadores; da eliminação parcial da cobertura vegetal do terreno; do acúmulo de herbicidas; dos efeitos residuais dos herbicidas; da interrupção do ciclo vital das plantas daninhas; da carência de fontes de alimentos para vertebrados; do carreamento do princípio ativo dos herbicidas; e da possível contaminação da cadeia alimentar.

Quadro 9 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de controle de plantas daninhas no monocultivo de cana-de-açúcar

<b>ATIVIDADE IMPACTANTE: controle químico de plantas daninhas</b>										
<b>ASPECTO AMBIENTAL: manejo de plantas daninhas com uso de agrotóxicos</b>										
<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>FATOR DO AMBIENTE</b>	<b>TEMPORALIDADE</b>	<b>INFLUÊNCIA</b>	<b>SITUAÇÃO</b>	<b>TIPO</b>	<b>MEDIDA AMBIENTAL</b>	<b>EXECUTOR RESPONSÁVEL</b>			
							<b>AA</b>	<b>SE</b>	<b>OP</b>	<b>SG</b>
1. Maior trânsito e funcionamento de tratores e pulverizadores.	físico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar a pulverização em momentos de alta umidade relativa e pouco vento;</li> <li>• Utilizar bicos apropriados e fazer boa regulagem do equipamento.</li> </ul>	X			
2. Eliminação parcial da cobertura vegetal do terreno.	físico/ biótico	AT	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar o controle químico das plantas daninhas somente nas linhas de plantio;</li> <li>• Efetuar tardiamente, sempre que possível, o controle químico das plantas daninhas, de modo que se forme uma cobertura morta no terreno.</li> </ul>	X			



3. Acúmulo de herbicidas.	físico	FU	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar técnicas de aplicação que resultem em menor deriva dos produtos;</li> <li>• Priorizar o controle manual e/ou mecânico das plantas daninhas.</li> </ul>	X				
4. Efeitos residuais dos herbicidas.	físico	FU	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolver máquinas que possibilitem a realização dessa operação concomitantemente a outras;</li> <li>• Empregar herbicidas rapidamente degradáveis.</li> </ul>		X	X		
5. Interrupção do ciclo vital das plantas daninhas.	biótico	FU	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Executar pesquisas visando estudar a ocorrência de espécies vegetais raras e, desse modo, viabilizar ou não a formação de um banco de germoplasma com essas espécies nas regiões de cultivo.</li> </ul>				X	
6. Carência de fontes de alimentos para vertebrados.	biótico	FU	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manter ilhas de vegetação e vegetação ciliar nas áreas de cultivo.</li> </ul>	X				
7. Carreamento do princípio ativo dos herbicidas.	físico/ biótico	FU	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar produtos com pouca ou nenhuma persistência na natureza;</li> <li>• Utilizar técnicas que evitem ou diminuam a deriva durante a aplicação;</li> <li>• Fazer o descarte das embalagens em locais previamente preparados para esse fim;</li> <li>• Lavar os equipamentos em áreas que não apresentam riscos de contaminação ambiental;</li> <li>• Evitar a contaminação dos mananciais hídricos durante o abastecimento dos pulverizadores.</li> </ul>	X				
8. Possível contaminação da cadeia alimentar.	antrópico /biótico	FU	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empregar mão-de-obra qualificada para o controle químico de plantas daninhas;</li> <li>• Adotar o uso de equipamentos de proteção durante a manipulação de agrotóxicos.</li> </ul>	X				

Obs.: A: adversa; B: benéfica; AT: atual; PA: passado; FU: futuro; D: direta; I: indireta; N: normal; AN: anormal; E: emergencial; (+): positivo; (-): negativo; AA: agroindústria; SE: setor empresarial; OP: órgãos de pesquisa; SG: setor governamental.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Ao avaliarem o efeito residual de herbicidas no solo (*Carryover*), Mancuso, Negrisoli e Perim (2011) destacam a importância do uso racional dos agrotóxicos, com o devido cuidado quanto ao tipo de solo e ao clima nos quais serão utilizados. Esses autores enfatizam também a

necessidade de prevenir falhas de controle, a fim de reduzir o risco do impacto ambiental que o efeito residual (*carryover*) possa vir a causar, além de minimizar problemas de fitotoxicidade e perdas em culturas subsequentes (Quadro 9).

Avaliando o uso de agrotóxicos e os impactos nos ecossistemas aquáticos, Américo *et al.* (2015) afirmam que esses produtos são necessários para atender às demandas por alimentos; porém, se manejados inadequadamente, podem atingir o ambiente, provocando impactos nos ecossistemas aquáticos.

Para mitigar esses impactos, são necessárias algumas medidas ambientais, tais como: realizar a pulverização em momentos de alta umidade relativa e pouco vento; utilizar bicos apropriados e fazer boa regulagem do equipamento; realizar o controle químico das plantas daninhas somente nas linhas de plantio; efetuar tardiamente, sempre que possível, o controle químico das plantas daninhas, de modo que se forme uma cobertura morta no terreno; utilizar técnicas de aplicação que resultem em menor deriva dos produtos; empregar herbicidas rapidamente degradáveis; priorizar o controle manual e/ou mecânico das plantas daninhas; desenvolver máquinas que possibilitem a realização dessa operação concomitantemente a outras; executar pesquisas visando estudar a ocorrência de espécies vegetais raras e, desse modo, viabilizar ou não a formação de um banco de germoplasma com essas espécies nas regiões de cultivo; manter ilhas de vegetação e vegetação ciliar nas áreas de cultivo; utilizar produtos com pouca ou nenhuma persistência na natureza; utilizar técnicas que evitem ou diminuam a deriva durante a aplicação; fazer o descarte das embalagens em locais previamente preparados para esse fim; lavar os equipamentos em áreas que não apresentam riscos de contaminação ambiental; evitar a contaminação dos mananciais hídricos durante o abastecimento dos pulverizadores; empregar mão-de-obra qualificada para o controle químico de plantas daninhas; e adotar o uso de equipamentos de proteção durante a manipulação de agrotóxicos.

Outra atividade necessária para o cultivo da cana-de-açúcar é a adubação nitrogenada de cobertura (Quadro 10). Destacam-se como impactos ambientais negativos dessa atividade: a queima de combustíveis fósseis; a contaminação pela distribuição do adubo nitrogenado; a susceptibilidade à erosão, devido à compactação do solo; a lixiviação de nitrato e erosão; e maior disponibilidade de nitrogênio e acúmulo de nutrientes nitrogenados. Como impacto positivo, tem-se o aumento da atividade microbiana.

Quadro 10 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de adubação nitrogenada de cobertura na cultura da cana-de-açúcar

ATIVIDADE IMPACTANTE: adubação nitrogenada de cobertura										
ASPECTO AMBIENTAL: processo de distribuição de adubação nitrogenada de cobertura										
IMPACTO AMBIENTAL	FATOR DO AMBIENTE	TEMPORALIDADE	INFLUÊNCIA	SITUAÇÃO	TIPO	MEDIDA AMBIENTAL	EXECUTOR RESPONSÁVEL			
							AA	SE	OP	SG
1. Queima de combustíveis fósseis na distribuição do adubo nitrogenado.	físico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolver máquinas e implementos que exijam menor potência e maior rendimento operacional, possibilitando, assim, utilizar tratores mais leves.</li> </ul>		X	X	
2. Susceptibilidade à erosão devido à compactação do solo.	físico	AT	D	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudar a viabilidade econômica de aplicação aérea de fertilizantes nitrogenados em cobertura.</li> </ul>	X			
3. Lixiviação de nitrato e erosão.	físico	FU	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizar fontes de nitrogênio com menor movimentação no perfil do solo (fontes amoniacais);</li> <li>Parcelar as adubações para aumentar a eficiência do adubo nitrogenado, minimizando as perdas.</li> </ul>	X			
4. Aumento da atividade microbiana e maior disponibilidade de nitrogênio.	físico	FU	D	N	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>Executar pesquisas locais, a fim de potencializar a utilização do fertilizante nitrogenado;</li> <li>Associar a adubação nitrogenada com a adição de resíduos orgânicos facilmente mineralizáveis (relação C/N baixa).</li> </ul>	X		X	
5. Acúmulo de nutrientes nitrogenados.	físico/biótico	FU	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pesquisar o emprego de formas de adubos nitrogenados que permitam a liberação lenta e gradual do nutriente; por exemplo, o uso da urea supergranules.</li> </ul>	X		X	

Obs.: A: adversa; B: benéfica; AT: atual; PA: passado; FU: futuro; D: direta; I: indireta; N: normal; AN: anormal; E: emergencial; (+): positivo; (-): negativo; AA: agroindústria; SE: setor empresarial; OP: órgãos de pesquisa; SG: setor governamental.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

O solo compactado (Quadro 10), além de provocar processos erosivos, pode reduzir a produtividade das culturas, desfavorecendo o crescimento radicular e dificultando as atividades microbianas. Valicheski *et al.* (2012) verificaram que os níveis de tráfego alteram a densidade do solo, a porosidade total e a resistência à penetração na camada de 0-0,10 m.

Outro impacto inerente dessa atividade diz respeito aos problemas causados pela adubação nitrogenada, que, em excesso, pode contaminar o solo, principalmente os recursos hídricos, provocando o fenômeno da eutrofização das águas. Avaliando a dinâmica de nitrogênio e fósforo em reservatório na região semiárida utilizando balanço de massa, Vidal e Capelo Neto (2014) constataram, no período de janeiro a maio de 2011, que foram acumulados cerca de 28,06 t de fósforo e 121,42 t de nitrogênio, caracterizando o reservatório como eutrófico.

Esses resultados evidenciam a importância do manejo agrícola adequado para a atividade canavieira. Dessa forma, para evitar os efeitos desses impactos, algumas medidas ambientais são importantes: desenvolver máquinas e implementos que exijam menor potência e maior rendimento operacional, possibilitando, assim, utilizar tratores mais leves; estudar a viabilidade econômica de aplicação aérea de fertilizantes nitrogenados em cobertura; utilizar fontes de nitrogênio com menor movimentação no perfil do solo (fontes amoniacais); parcelar as adubações para aumentar a eficiência do adubo nitrogenado, minimizando as perdas; executar pesquisas locais, a fim de potencializar a utilização do fertilizante nitrogenado; associar a adubação nitrogenada com a adição de resíduos orgânicos facilmente mineralizáveis (relação C/N baixa); e pesquisar o emprego de formas de adubos nitrogenados que permitam a liberação lenta e gradual do nutriente. Por exemplo, o uso da urea supergranules (Quadro 10).

No Quadro 11, estão listados os impactos ambientais positivos das atividades de controle biológico da broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*), cujo predador é *Apanteles flavides*, bem com o aumento da produtividade da cana, em função do controle da *Diatraea saccharalis*.

Quadro 11 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de controle biológico da broca da cana-de-açúcar

ATIVIDADE IMPACTANTE: controle biológico da broca da cana-de-açúcar ( <i>Diatraea saccharalis</i> )										
ASPECTO AMBIENTAL: processo de controle biológico										
IMPACTO AMBIENTAL	FATOR DO AMBIENTE	TEMPORALIDADE	INFLUÊNCIA	SITUAÇÃO	TIPO	MEDIDA AMBIENTAL	EXECUTOR RESPONSÁVEL			
							AA	SE	OP	SG
1. Redução de controle químico da broca da cana-de-açúcar.	biótico	AT	D	N	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborar programa de combate à broca da cana-de-açúcar em nível nacional, com o uso do predador <i>Apanteles flavides</i>.</li> </ul>			X	X
2. Aumento da produtividade da cana, em função do controle da <i>Diatraea saccharalis</i> .	antrópico	FU	I	N	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estimular o controle biológico da broca da cana-de-açúcar em locais onde esse controle ainda não é feito.</li> </ul>				X

Obs.: A: adversa; B: benéfica; AT: atual; PA: passado; FU: futuro; D: direta; I: indireta; N: normal; AN: anormal; E: emergencial; (+): positivo; (-): negativo; AA: agroindústria; SE: setor empresarial; OP: órgãos de pesquisa; SG: setor governamental.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Segundo Dinardo-Miranda *et al.* (2013), a broca da cana (Quadro 11) é o principal problema fitossanitário nos canaviais do Brasil, sendo que o principal método de controle desse problema é o biológico. Trata-se do emprego de organismos vivos para combater o inseto praga. Os mesmos autores ainda demonstram em estudo que a variedade da cana pode proporcionar maior ou menor ataque dessa praga.

Diante disso, as medidas ambientais a serem tomadas sobre essa atividade são: elaborar programa de combate à broca da cana-de-açúcar em nível nacional e estimular o controle biológico em locais onde esse controle ainda não é feito.

Durante o manejo do cultivo da cana-de-açúcar, é possível surgir impactos negativos, como: queima de combustíveis nas máquinas e aumento de partículas sólidas em suspensão, decorrente do cultivo das entrelinhas; exposição do solo aos processos erosivos; uso do trator e cultivador; redução da população vegetal das entrelinhas da cultura; interrupção do ciclo vital das espécies vegetais; revolvimento do solo e degradação dos córregos adjacentes ao local do cultivo (Quadro 12).

Quadro 12 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de cultivo mecânico da cultura da cana-de-açúcar

ATIVIDADE IMPACTANTE: cultivo mecânico da cana-de-açúcar										
ASPECTO AMBIENTAL: processo de manejo no cultivo da cana										
IMPACTO AMBIENTAL	FATOR DO AMBIENTE	TEMPORALIDADE	INFLUÊNCIA	SITUAÇÃO	TIPO	MEDIDA AMBIENTAL	EXECUTOR RESPONSÁVEL			
							AA	SE	OP	SG
1. Queima de combustíveis nas máquinas e aumento de partículas sólidas em suspensão, decorrente do cultivo das entrelinhas.	físico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolver máquinas com menor capacidade poluidora e melhorar a qualidade dos combustíveis empregados;</li> <li>Regular as máquinas, de modo a diminuir sua capacidade poluidora.</li> </ul>		X	X	
2. Exposição do solo aos processos erosivos.	físico	AT	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicar técnicas de conservação do solo que proporcionem maior infiltração de água e reduzam a sua energia cinética.</li> </ul>	X			
3. Maior uso do trator e cultivador.	físico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolver as atividades de preparo do solo no seu ponto de friabilidade, evitando a desestruturação do solo;</li> <li>Utilizar máquinas e implementos com menor ação compactadora.</li> </ul>	X			
4. Redução da população vegetal das entrelinhas da cultura.	biótico	FU	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduzir o período de tempo entre o preparo de solo e o plantio;</li> <li>Instruir os operários para execução racional das tarefas mecanizadas.</li> </ul>	X			
5. Interrupção do ciclo vital das espécies vegetais.	biótico	FU	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Viabilizar um banco de germoplasma de coleções de espécies vegetais.</li> </ul>	X		X	
6. Revolvimento do solo.	físico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Priorizar pesquisas, objetivando cultivo mínimo e/ou plantio direto para a cultura.</li> </ul>	X	X	X	X
7. Degradação dos córregos adjacentes ao local do cultivo.	físico/ biótico	FU	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recompor a vegetação ribeirinha, que serve como anteparo de partículas sólidas e filtro da água que chega aos córregos.</li> </ul>	X			

Obs.: A: adversa; B: benéfica; AT: atual; PA: passado; FU: futuro; D: direta; I: indireta; N: normal; AN: anormal; E: emergencial; (+): positivo; (-): negativo; AA: agroindústria; SE: setor empresarial; OP: órgãos de pesquisa; SG: setor governamental.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Como mencionado, a exposição do solo no setor agrícola consiste em um problema. Solos que sofrem processo de gradagem e escarificação ficam expostos a processos erosivos. Essas partículas podem ser carregadas aos corpos hídricos, causando assoreamento, principalmente em regiões que não dispõem de mata ciliar. Ao avaliarem a importância da mata ciliar no contexto da conservação do solo, Castro, Castro e Souza (2013, p. 230) constataram que o “assoreamento reduz o volume de água, torna-a turva e impossibilita a entrada de luz dificultando a fotossíntese e impedindo renovação do oxigênio para algas e peixes, conduzindo rios e lagos ao desaparecimento”. Dessa forma, cabe às matas ciliares atuarem na filtragem para que esse carregado de partículas não seja depositado nos cursos hídricos (Quadro 12).

Para mitigar os efeitos desses impactos, algumas medidas são necessárias: desenvolver máquinas com menor capacidade poluidora e melhorar a qualidade dos combustíveis empregados; aplicar técnicas de conservação do solo, que proporcionem maior infiltração da água e reduzam a sua energia cinética; desenvolver as atividades de preparo do solo no seu ponto de friabilidade, evitando a desestruturação; utilizar máquinas e implementos com menor ação compactadora; reduzir o período de tempo entre o preparo de solo e o plantio; instruir os operários para execução racional das tarefas mecanizadas; viabilizar um banco de germoplasma de coleções de espécies vegetais; priorizar pesquisas, objetivando cultivo mínimo e/ou plantio direto para a cultura; e recompor a vegetação ribeirinha, que serve como anteparo de partículas sólidas e filtro da água que chega aos córregos.

No Quadro 13, são apresentados os impactos positivos relacionados com a atividade de contratação de mão-de-obra sazonal, a saber: expansão da atividade agrícola; necessidade de contingente de mão-de-obra na etapa de colheita; remuneração e distribuição da riqueza entre o campo e a cidade; e força de trabalho de pequenos agricultores.

Quadro 13 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de contratação de mão-de-obra sazonal no monocultivo de cana-de-açúcar

ATIVIDADE IMPACTANTE: contratação de mão-de-obra sazonal										
ASPECTO AMBIENTAL: processo de utilização de mão-de-obra										
IMPACTO AMBIENTAL	FATOR DO AMBIENTE	TEMPORALIDADE	INFLUÊNCIA	SITUAÇÃO	TIPO	MEDIDA AMBIENTAL	EXECUTOR RESPONSÁVEL			
							AA	SE	OP	SG
1. Expansão da atividade agrícola.	antrópico	FU	I	N	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>Executar programas de exploração de culturas intercalares ou em sucessão, para aproveitar a mão-de-obra ociosa durante a entressafra da cana.</li> </ul>	X			
2. Necessidade de contingente de mão-de-obra na etapa de colheita.	antrópico	FU	D	N	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabelecer turnos de trabalho, aumentando a oferta de empregos.</li> </ul>	X			
3. Remuneração e distribuição da riqueza entre o campo e a cidade.	antrópico	FU	D	N	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incentivar a criação de opções de lazer e de compras na região, permitindo a não evasão de recursos para outros centros.</li> </ul>		X		
4. Maior força de trabalho de pequenos agricultores.	antrópico	AT	D	N	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dar preferência de emprego aos pequenos agricultores das proximidades da cultura da cana-de-açúcar.</li> </ul>	X			

Obs.: A: adversa; B: benéfica; AT: atual; PA: passado; FU: futuro; D: direta; I: indireta; N: normal; AN: anormal; E: emergencial; (+): positivo; (-): negativo; AA: agroindústria; SE: setor empresarial; OP: órgãos de pesquisa; SG: setor governamental.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Ao avaliar a precariedade na agricultura em relação aos trabalhadores sazonais, Vieira (2018, p. 2) salienta que esses trabalhadores atuam em ambientes precários com “formas de organização do trabalho atípicas ou informais, períodos de desemprego incertos, salários indefinidos, falta de proteção social e econômica e exposição a múltiplos fatores de risco”. No entanto, esse cenário tem mudado devido à legislação trabalhista. A contratação de mão de obra sazonal mostra-se importante, pois aumenta o índice de trabalhadores empregados, podendo ser efetivados na atividade. Além disso, com maior número de trabalhadores empregados, tem-se melhor disposição e distribuição de renda entre as zonas rural e urbana.

Para potencializar os efeitos desse impacto, entende-se que se fazem necessários: executar programas de exploração de culturas intercalares ou em sucessão para aproveitar a mão-de-obra ociosa durante a entressafra da cana; estabelecer turnos de trabalho, aumentando a oferta de empregos; incentivar a criação de opções de lazer e de compras na região, permitindo



a não evasão de recursos para outros centros; e dar preferência de emprego aos pequenos agricultores das proximidades da cultura da cana-de-açúcar (Quadro 13).

O preparo para a colheita da cana-de-açúcar por meio da queima traz inúmeros impactos negativos (Quadro 14), como a combustão de material orgânico, carregamento de sólidos pela erosão, arrastamento de cinzas para os mananciais hídricos, maior exposição do solo aos processos erosivos e à perda de nutrientes voláteis por ocasião da queima, combustão da palha da cana que seria decomposta e incorporada ao solo, eliminação de habitats e morte por fogo, acúmulo de particulados, exposição dos efeitos da queima e rapidez do alastramento das chamas (elemento perigoso). A maior germinação das sementes devido à incidência direta de luz sobre as sementes é um impacto positivo dessa atividade.

A chegada e a permanência do setor sucroalcooleiro na região Norte de Goiás têm favorecido o aumento do desmatamento. Independentemente da utilização da queima do canavial antes da colheita ou da dispensa desta etapa de queima (Quadro 14), graças ao corte mecanizado, os incêndios nos canaviais ainda são comuns, sejam eles causados pelo ser humano (incendiários), sejam provocados por fenômenos naturais (raios) (RIBEIRO; PESQUERO, 2010).

Quadro 14 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de queima do canavial

ATIVIDADE IMPACTANTE: queima do canavial										
ASPECTO AMBIENTAL: processo tradicional de preparo com uso do fogo para colheita da cana										
IMPACTO AMBIENTAL	FATOR DO AMBIENTE	TEMPORALIDADE	INFLUÊNCIA	SITUAÇÃO	TIPO	MEDIDA AMBIENTAL	EXECUTOR RESPONSÁVEL			
							AA	SE	OP	SG
1. Maior combustão de material orgânico.	físico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar o plantio da cana de ano, cuja colheita coincide com o início da estação chuvosa (agosto-outubro), porquanto a chuva aumenta a possibilidade de sedimentação dos poluentes em suspensão.</li> </ul>	X			
2. Carreamento de sólidos pela erosão.	físico	FU	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Permitir o crescimento de plantas daninhas logo após a queima, fazendo um controle tardio, que promoverá uma boa cobertura vegetal da área.</li> </ul>	X			

3. Arrastamento de cinzas para os mananciais hídricos.	físico/ biótico	FU	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fazer a incorporação parcial das cinzas após a colheita; se possível, durante as adubações de manutenção.</li> </ul>	X			
4. Maior exposição do solo aos processos erosivos e à perda de nutrientes voláteis por ocasião da queima.	físico	AT	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolver pesquisas visando substituir o uso do fogo;</li> <li>Promover colheita mecânica.</li> </ul>	X	X		X
5. Combustão da palha da cana que seria decomposta e incorporada ao solo.	físico	FU	I	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incentivar o uso de adubação orgânica nos canaviais.</li> </ul>				X
6. Maior germinação das sementes, devido à incidência direta de luz sobre as sementes.	físico	FU	I	N	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>Permitir o desenvolvimento para recobrir o terreno após a extração da cana da área.</li> </ul>	X			
7. Eliminação de habitats e morte por fogo.	biótico	FU	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Restringir o uso do fogo, escalonando áreas a serem queimadas, de forma a permitir que as espécies possam migrar de uma área para outra;</li> <li>Percorrer a área antes da queimada para resgatar espécies de vertebrados que possam ser eliminadas pelo fogo.</li> </ul>	X			
8. Acúmulo de particulados.	físico	FU	D	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Criar aceiros adequados isolando a área a ser queimada, de maneira a evitar a queima de vegetação ciliar.</li> </ul>	X			
9. Exposição dos efeitos da queima.	antrópico	FU	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colher rapidamente a cana queimada para acelerar o processo de revegetação;</li> <li>Estudar formas de minimizar o uso do fogo.</li> </ul>	X			X
10. Rapidez do alastramento das chamas (elemento perigoso).	antrópico	AT	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabelecer treinamento aos operários que executarão a queima do canavial;</li> <li>Desenvolver técnicas que possibilitem o uso racional do fogo.</li> </ul>	X			X

Obs.: A: adversa; B: benéfica; AT: atual; PA: passado; FU: futuro; D: direta; I: indireta; N: normal; AN: anormal; E: emergencial; (+): positivo; (-): negativo; AA: agroindústria; SE: setor empresarial; OP: órgãos de pesquisa; SG: setor governamental.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Além de liberar partículas de aerossóis capazes de afetar a saúde humana (Quadro 14), as queimadas de cana-de-açúcar emitem, para a atmosfera, quantidade de gases que contribuem para o aumento do aquecimento global; os impactos das queimadas de cana-de-açúcar influenciam a diminuição da biodiversidade animal por meio da perda de habitat; a biodiversidade vegetal também é ameaçada em áreas de Cerrado adjacentes às dos canaviais queimados, por se tornarem mais suscetíveis aos incêndios acidentais (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC, 1995; RONQUIM, 2010).

A queima da cana-de-açúcar emite para o ar atmosférico gases que contribuem não só para o efeito estufa, mas também para a chuva ácida e a inversão térmica. Essas consistem em fenômenos responsáveis por problemas respiratórios em cidades que apresentam áreas com o plantio da cana-de-açúcar. Desse modo, é imprescindível buscar maneiras eficientes para que se possa evitar a ocorrência de incêndios nos canaviais, para que se tenha melhora ambiental e redução de poluição na cultura da cana-de-açúcar (MARQUES *et al.*, 2009; CARVALHO, J. M. *et al.*, 2013), pois os efeitos da expansão dessa cultura no Norte de Goiás vêm provocando problemas irreversíveis no Cerrado, evidenciados pela análise da produção sucroenergética, que indica impactos na produção de alimentos e na biodiversidade, sendo caracterizada pelo seu progresso, principalmente sobre as áreas agrícolas e as áreas de vegetação nativa (TRINDADE; FARIA; CASTRO, 2018).

Para minimizar os efeitos dessa atividade, é importante realizar o plantio da cana de ano, cuja colheita coincide com o início da estação chuvosa (agosto-outubro), porquanto a chuva aumenta a possibilidade de sedimentação dos poluentes em suspensão; permitir o crescimento de plantas daninhas logo após a queima, fazendo controle tardio, que promoverá boa cobertura vegetal da área; fazer a incorporação parcial das cinzas após a colheita, se possível, durante as adubações de manutenção; desenvolver pesquisas visando substituir o uso do fogo; promover colheita mecânica; incentivar o uso de adubação orgânica nos canaviais; permitir o desenvolvimento para recobrir o terreno após a extração da cana da área; restringir o uso do fogo, escalonando áreas a serem queimadas, de forma a permitir que as espécies possam migrar de uma área para outra; percorrer a área antes da queimada para resgatar espécies de vertebrados que possam ser eliminadas pelo fogo; criar aceiros adequados, isolando a área a ser queimada, de maneira a evitar a queima de vegetação ciliar; colher rapidamente a cana queimada para acelerar o processo de revegetação; estudar formas de minimizar o uso do fogo; estabelecer treinamento aos operários que executarão a queima do canavial; e desenvolver técnicas que possibilitem o uso racional do fogo.

No Quadro 15, encontra-se a listagem de impactos ambientais negativos causados pela coleta manual da cana-de-açúcar, a saber: retirada do produto agrícola da área; corte da cana cultivada; e sujeição dos operários rurais a condições inóspitas da atividade de colheita da cana queimada.

Quadro 15 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de colheita manual da cana-de-açúcar queimada

ATIVIDADE IMPACTANTE: colheita manual da cana-de-açúcar queimada										
ASPECTO AMBIENTAL: processo tradicional de colheita da cana-de-açúcar										
IMPACTO AMBIENTAL	FATOR DO AMBIENTE	TEMPORALIDADE	INFLUÊNCIA	SITUAÇÃO	TIPO	MEDIDA AMBIENTAL	EXECUTOR RESPONSÁVEL			
							AA	SE	OP	SG
1. Retirada do produto agrícola da área.	físico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repor os nutrientes via adubação mineral e/ou orgânica;</li> <li>• Retornar à lavoura, de forma racional, subprodutos, como bagaço e vinhaça.</li> </ul>	X			
2. Corte da cana cultivada.	físico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acelerar, após a colheita, a revegetação pelo canavial mediante o uso de irrigação;</li> <li>• Promover a recuperação ambiental por meio de introdução de espécies vegetais para recobrir o terreno desnudo após a colheita, através de consórcio.</li> </ul>	X			
3. Sujeição dos operários rurais a condições inóspitas da atividade de colheita da cana queimada.	antrópico	AT	I	E	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fornecer roupas apropriadas aos operários rurais para melhorar as condições de trabalho durante a colheita;</li> <li>• Manter unidades de apoio para solucionar eventuais problemas de saúde;</li> <li>• Promover a colheita mecânica.</li> </ul>	X			

Obs.: A: adversa; B: benéfica; AT: atual; PA: passado; FU: futuro; D: direta; I: indireta; N: normal; AN: anormal; E: emergencial; (+): positivo; (-): negativo; AA: agroindústria; SE: setor empresarial; OP: órgãos de pesquisa; SG: setor governamental.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Avaliando a queimada da cana-de-açúcar e seus aspectos socioambientais, Rocha e Maciel (2013) destacam que entidades protetoras do meio ambiente sustentaram que, além de causar o esgotamento do solo, a queimada torna o ar bastante poluído nas cidades localizadas

nas proximidades das plantações de cana. Assim, além dos problemas causados aos trabalhadores, tem-se o aumento de custos com a saúde pública. Outra questão abordada por esses autores diz respeito ao desequilíbrio nos ecossistemas locais, causado pela poluição e pela degradação ambiental (Quadro 15).

Ao estudarem a produção da cana-de-açúcar no Brasil e a saúde do trabalhador rural, Abreu *et al.* (2011, p. 59) destacam que as queimadas, além de causar prejuízos aos trabalhadores, “têm sido responsáveis por alterações no meio ambiente e complicações na saúde das pessoas que moram próximas ao local onde elas ocorrem”.

Ao procederem à avaliação dos riscos e efeitos na saúde dos trabalhadores no corte da cana-de-açúcar, Leite *et al.* (2018, p. 11) verificaram que, quando o corte é manual, “principalmente da cana queimada, expõe os trabalhadores a diversos riscos, responsáveis por agravos à saúde – respiratórios, renais, cardiovasculares, osteomusculares, oculares e dermatológicos”.

Para minimizar os efeitos negativos dessa atividade, são propostas como medidas ambientais: repor os nutrientes via adubação mineral e/ou orgânica; retornar à lavoura, de forma racional, subprodutos, como bagaço e vinhaça; acelerar, após a colheita, a revegetação pelo canavial com uso de irrigação; promover recuperação ambiental por meio da introdução de espécies vegetais, para recobrir o terreno desnudo após a colheita, através de consórcio; fornecer roupas apropriadas aos operários rurais para melhorar as condições de trabalho durante a colheita; manter unidades de apoio para solucionar eventuais problemas de saúde e a colheita mecânica.

Os principais impactos relacionados à evacuação da cana-de-açúcar para a usina sucroalcooleira estão dispostos no Quadro 16. Dentre os impactos negativos, encontram-se: a queima de combustíveis e trânsito de máquinas, implementos e veículos na lavoura; a concentração de particulados pela intensa mobilização de veículos; o uso de máquinas e equipamentos para o carregamento e o transporte da cana; e o maior tráfego de veículos longos e pesados durante o transporte da cana para beneficiamento.

Quadro 16 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de transporte dos colmos de cana-de-açúcar para beneficiamento

ATIVIDADE IMPACTANTE: transporte de colmos da cana-de-açúcar para usina sucroalcooleira										
ASPECTO AMBIENTAL: processo de deslocamento dos colmos da colheita até usina										
IMPACTO AMBIENTAL	FATOR DO AMBIENTE	TEMPORALIDADE	INFLUÊNCIA	SITUAÇÃO	TIPO	MEDIDA AMBIENTAL	EXECUTOR RESPONSÁVEL			
							AA	SE	OP	SG
1. Queima de combustíveis e trânsito de máquinas, implementos e veículos na lavoura.	físico	AT	D	N	-	• Utilizar caminhões-pipas para irrigar as estradas e carreadores com intenso tráfego de veículos.	X			
2. Concentração de particulados pela intensa mobilização de veículos.	físico	AT	I	N	-					
3. Maior uso de máquinas e equipamentos para o carregamento e transporte da cana.	antrópico	AT	D	N	-	• Estabelecer maior espaçamento entre linhas em intervalos regulares dentro da lavoura que permitam a movimentação de caminhões apenas nesses locais pré-determinados.	X			
4. Maior tráfego de veículos longos e pesados durante o transporte da cana para beneficiamento.	antrópico	AT	D	N	-	• Melhorar a sinalização nos trechos de rodovia onde o tráfego de caminhões transportadores de cana-de-açúcar é mais intenso; • Aumentar a fiscalização rodoviária nesses mesmos trechos.				X  X

Obs.: AT: atual; PA: passado; FU: futuro; D: direta; I: indireta; N: normal; AN: anormal; E: emergencial; (+): positivo; (-): negativo; AA: agroindústria; SE: setor empresarial; OP: órgãos de pesquisa; SG: setor governamental. Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Miranda (2013) afirma que materiais particulados resultantes da queima de combustíveis fósseis podem causar sérios problemas, como a ocorrência de doenças respiratórias e cardíacas, com possível chances de comprometer a vida humana. O autor afirma ainda que certos particulados “atuam como carreadores de bactérias, vírus, produtos químicos tóxicos e também poluem a água, o solo, plantas e alimentos, além do ar” (MIRANDA, 2013, p. 1).

Outro problema comum é a poeira causada pelo tráfego dos veículos para escoamento dos colmos da cana do canavial até a agroindústria. Esses problemas podem ser reduzidos com

o molhamento das vias. Todavia, outro impacto pode ocorrer: a pressão sobre os recursos hídricos. Muitas usinas utilizam a própria vinhaça para realizar esse molhamento. Quando utilizada de maneira adequada, configura-se em solução viável (Quadro 16).

Para minimizar o efeito desses impactos, é importante utilizar caminhões-pipas para irrigar as estradas e os carreadores com intenso tráfego de veículos; estabelecer maior espaçamento entre linhas em intervalos regulares dentro da lavoura que permitam a movimentação de caminhões apenas nesses locais pré-determinados; melhorar a sinalização nos trechos de rodovia onde o tráfego de caminhões transportadores de cana-de-açúcar é mais intenso; e aumentar a fiscalização rodoviária nesses mesmos trechos.

Por fim, relacionada ao setor produtivo, uma das maiores preocupações diz respeito aos impactos aos recursos hídricos promovidos pelo cultivo da cana-de-açúcar, advindos do uso excessivo de adubos, corretivos e fertilizantes, o que pode contaminar as águas de superfície do solo. Ressalta-se que o uso da vinhaça e de efluentes líquidos aplicados à cultura – quando empregados de forma correta – tende a minimizar os prejuízos aos sistemas hídricos; por outro lado, quando se faz uso inadequado, pode potencializar os danos ambientais (PASSOS, 2015).

De forma geral, o setor sucroalcooleiro é altamente dependente de recursos naturais, principalmente água e solo. Quando essa indústria se instala em regiões como o Norte Goiano, com solos mais pobres e menor disponibilidade de recursos hídricos, a agroindústria tende a utilizar quantidade de resíduos líquidos como fertilizantes, a fim de reduzir os gastos com insumos. Todavia, isso pode causar prejuízos ambientais adversos na região, além de provocar impactos econômicos e sociais importantes (PIACENTE, 2005; ALVARENGA; QUEIROZ, 2008; SOUZA *et al.*, 2015).

A cultura da cana-de-açúcar, assim como toda atividade agrícola, gera impactos no meio ambiente, à medida que emprega recursos naturais, como água e solo, e faz uso de resíduos líquidos, insumos e defensivos químicos, como vinhaça, fertilizantes e pesticidas (RODRIGUES, 2010).

Nota-se que o setor sucroalcooleiro da região Norte de Goiás necessita de produção mais limpa, bem como produtos e serviços que possam mitigar os impactos negativos sobre o meio ambiente. Além disso, é mister uma abordagem de proteção ambiental ampla, que considera todas as fases do processo de manufatura, com os objetivos de prevenir e minimizar o risco para os seres humanos e o ambiente a curto e longo prazo. Essa abordagem requer ações para minimizar o consumo de energia e matéria-prima e a geração de resíduos e emissões (BARBIERI, 2007; LEONARDO *et al.*, 2012).

Ressalta-se que a indústria canavieira ainda é alvo de muitas críticas, devido aos impactos ambientais negativos. É válido destacar, contudo, que, ao aderir às iniciativas ambientais, o setor sucroalcooleiro pode obter lucratividade em vários segmentos. Dessa forma, o que é visto como problema pode se transformar em oportunidade, pois a aplicação de resíduos na fertirrigação, na adubação e como biomassa pode tornar a atividade mais sustentável, sem tantas implicações no meio ambiente e na saúde humana (PAIVA; MARIA, 2018).

### **3.2 Setor da Agroindústria**

Considerando apenas a fase industrial do setor sucroalcooleiro, os principais impactos são: a geração de resíduos, como a vinhaça e a torta de filtro; a utilização intensiva de água e o forte odor gerado na fase de fermentação; e a destilação para a produção de álcool (LANGOWSKI, 2007; NOGUEIRA; GARCIA, 2013). Toda atividade gera resíduos ou perdas e, quando o reaproveitamento desses resíduos não é realizado de maneira correta ou tratados adequadamente, esse material entra em contato com o meio ambiente, provocando impactos, na maioria das vezes, devastadores (PACHECO; SILVA, 2008; CRUZ *et al.*, 2016).

Quando se tem a alta temporada no processo de produção de açúcar e álcool, o setor da agroindústria necessita – assim como o setor agrícola – contratar mão-de-obra sazonal (Quadro 17). Essa atividade gera impactos positivos, como: expansão da atividade agroindustrial; necessidade de contingente de mão-de-obra na etapa de fabricação de açúcar e álcool; remuneração e distribuição da riqueza entre o campo e a cidade; e força de trabalho local.

Neste sentido, salienta-se que as empresas devem cumprir a responsabilidade social (Quadro 17). Dessa forma, devem estabelecer ações que promovam o bem-estar de sua população interna e externa (CARVALHO; VIAN; BRAUN, 2011).

Ao avaliarem a mecanização agropecuária e o mercado de trabalho formal no cultivo da cana-de-açúcar no Nordeste, Silva Filho, Silva e Lima (2014) demonstraram aumento nos postos de trabalho no setor; porém, verificaram alta rotatividade dos trabalhadores, o que mostra atividade sazonal para o mercado de trabalho regional, com baixos salários e poucos anos de estudo da mão-de-obra.



Quadro 17 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de contratação de mão-de-obra sazonal no processo produtivo de açúcar e álcool

ATIVIDADE IMPACTANTE: contratação de mão-de-obra sazonal										
ASPECTO AMBIENTAL: processo de utilização de mão-de-obra na agroindústria da cana-de-açúcar										
IMPACTO AMBIENTAL	FATOR DO AMBIENTE	TEMPORALIDADE	INFLUÊNCIA	SITUAÇÃO	TIPO	MEDIDA AMBIENTAL	EXECUTOR RESPONSÁVEL			
							AA	SE	OP	SG
1. Expansão da atividade agroindustrial.	antrópico	FU	I	N	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>Executar programas de exploração de culturas intercalares ou em sucessão para aproveitar a mão-de-obra ociosa durante a entressafra da cana.</li> </ul>	X			
2. Necessidade de contingente de mão-de-obra na etapa de fabricação e açúcar e álcool.	antrópico	FU	D	N	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabelecer turnos de trabalho, aumentando a oferta de empregos.</li> </ul>	X			
3. Remuneração e distribuição da riqueza entre o campo e a cidade.	antrópico	FU	D	N	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incentivar a criação de opções de lazer e de compras na região, permitindo a não evasão de recursos para outros centros.</li> </ul>		X		
4. Força de trabalho local.	antrópico	AT	D	N	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dar preferência de emprego à população das proximidades da cultura da cana-de-açúcar.</li> </ul>	X			

Obs.: A: adversa; B: benéfica; AT: atual; PA: passado; FU: futuro; D: direta; I: indireta; N: normal; AN: anormal; E: emergencial; (+): positivo; (-): negativo; AA: agroindústria ; SE: setor empresarial; OP: órgãos de pesquisa; SG: setor governamental.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Para maximizar o efeito dos impactos negativos, algumas medidas são necessárias: executar programas de exploração de culturas intercalares ou em sucessão, para aproveitar a mão-de-obra ociosa durante a entressafra da cana; estabelecer turnos de trabalho, aumentando a oferta de empregos; incentivar a criação de opções de lazer e de compras na região, permitindo a não evasão de recursos para outros centros; e dar preferência de emprego à população das proximidades da cultura da cana-de-açúcar.

A atividade de tratamento inicial da cana-de-açúcar, na chegada à indústria, provoca vários impactos ambientais negativos, como: pressão hídrica pelo consumo de água no sistema produtivo de uma usina sucroalcooleira; geração de efluentes, devido à limpeza dos gomos da cana-de-açúcar, podendo causar contaminações no solo e na água; geração de resíduos sólidos

provindos da limpeza da cana-de-açúcar, podendo causar danos ao meio ambiente; e poluição sonora (Quadro 18).

Metcalf e Eddy (2016) demonstraram a importância do tratamento e do reuso dos efluentes industriais. Com o tratamento, a água contaminada não é depositada *in natura* nos corpos hídricos; conseqüentemente, deixa de causar sérias poluições nesse meio. O reuso na própria indústria torna-se alternativa mais barata, pois o recurso potável é oneroso para o uso industrial; o reuso também favorece maior conservação dos mananciais hídricos, haja vista que reduz a captação de água (Quadro 18).

Quadro 18 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de tratamento inicial da cana-de-açúcar na chegada à indústria

ATIVIDADE IMPACTANTE: tratamento inicial da cana-de-açúcar na indústria										
ASPECTO AMBIENTAL: processos de recepção, limpeza e preparo da cana-de-açúcar										
IMPACTO AMBIENTAL	FATOR DO AMBIENTE	TEMPORALIDADE	INFLUÊNCIA	SITUAÇÃO	TIPO	MEDIDA AMBIENTAL	EXECUTOR RESPONSÁVEL			
							AA	SE	OP	SG
1. Aumento da pressão hídrica pelo consumo de água no sistema produtivo de uma usina sucroalcooleira.	físico	AT	I	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar estudos, viabilizando e otimizando, ao máximo, o consumo hídrico.</li> </ul>	X		X	
2. Maior geração de efluentes, advindos da limpeza dos gomos da cana-de-açúcar, podendo causar contaminações no solo e na água.	físico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar o devido tratamento e o reuso de água no processo.</li> </ul>	X			
3. Maior geração de resíduos sólidos provindos da limpeza da cana-de-açúcar, podendo causar danos ao meio ambiente.	físico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar a gestão dos resíduos, reaproveitando-os no processo industrial.</li> </ul>	X			
4. Poluição sonora.	físico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seguir as normas e utilizar o equipamento de proteção individual;</li> <li>Utilizar equipamentos e promover métodos que minimizem os efeitos sonoros.</li> </ul>	X		X	

Obs.: A: adversa; B: benéfica; AT: atual; PA: passado; FU: futuro; D: direta; I: indireta; N: normal; AN: anormal; E: emergencial; (+): positivo; (-): negativo; AA: agroindústria; SE: setor empresarial; OP: órgãos de pesquisa; SG: setor governamental.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Outro problema comum nesse ambiente é a poluição sonora. Dias, Macêdo e Pelli (2018) relatam que esse impacto pode causar vários distúrbios aos seres humanos, como perda da audição, zumbido, alteração no sono, estresse, perda do desempenho cognitivo, depressão, irritação e vários outros distúrbios. Além disso, esses mesmos autores afirmam que trabalhadores estressados podem desenvolver doenças mais graves, como hipertensão e doenças cardiovasculares (Quadro 18).

Para amenizar esses impactos negativos, deve-se: realizar estudos, viabilizando e otimizando, ao máximo, o consumo hídrico; realizar o devido tratamento e o reuso de água no processo; realizar a gestão dos resíduos, reaproveitando-os no processo industrial; seguir as normas e utilizar o equipamento de proteção individual; e utilizar equipamentos e promover métodos que minimizem os efeitos sonoros.

Depois de limpos, os colmos da cana-de-açúcar seguem para o processo de extração do caldo, através do processo de moagem. Essa atividade causa impactos negativos, como geração de efluentes, provenientes do processo de limpeza do sistema de extração do caldo, podendo provocar degradações ao meio ambiente e poluição sonora (Quadro 19).

Como citado anteriormente, Metcalf e Eddy (2016) descrevem a importância do tratamento e do reuso dos efluentes industriais. Esse tratamento pode resultar em economia para a empresa, assim como conservar os mananciais de água.

Outro impacto importante advindo dessa atividade é a geração do bagaço de cana-de-açúcar. Avaliando as formas de gestão e aplicação de resíduos da cana-de-açúcar, visando à redução de impactos ambientais, Schneider *et al.* (2012) demonstraram que o bagaço pode gerar impactos ambientais negativos, como pressão no solo e na água. Como impactos positivos, encontram-se: o subproduto é utilizado na geração energética na própria indústria; e o bagaço pode ser utilizado na alimentação animal (Quadro 19).

Quadro 19 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de moagem da cana-de-açúcar

ATIVIDADE IMPACTANTE: moagem da cana-de-açúcar										
ASPECTO AMBIENTAL: processo de extração do caldo da cana-de-açúcar										
IMPACTO AMBIENTAL	FATOR DO AMBIENTE	TEMPORALIDADE	INFLUÊNCIA	SITUAÇÃO	TIPO	MEDIDA AMBIENTAL	EXECUTOR RESPONSÁVEL			
							AA	SE	OP	SG
1. Maior geração de efluente, proveniente do processo de limpeza do sistema de extração do caldo, podendo causar degradações ao meio ambiente.	físico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar o devido tratamento e o reuso de água no processo.</li> </ul>	X			
2. Produção do bagaço de cana-de-açúcar, podendo degradar o meio ambiente.	físico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar a gestão dos resíduos, reaproveitando-os na cogeração de energia.</li> </ul>	X			
3. Poluição sonora.	físico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seguir as normas e utilizar equipamentos de proteção individual;</li> <li>Utilizar equipamentos e empregar métodos que minimizem os efeitos sonoros.</li> </ul>	X			X

Obs.: A: adversa; B: benéfica; AT: atual; PA: passado; FU: futuro; D: direta; I: indireta; N: normal; AN: anormal; E: emergencial; (+): positivo; (-): negativo; AA: agroindústria; SE: setor empresarial; OP: órgãos de pesquisa; SG: setor governamental.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Tendo em vista a mitigação desses impactos negativos, deve-se: realizar o devido tratamento e o reuso de água no processo; seguir as normas e utilizar equipamentos de proteção individual; utilizar equipamentos e promover métodos que minimizem os efeitos sonoros do processo; e realizar a gestão dos resíduos, especialmente o bagaço, reaproveitando-os na cogeração de energia (Quadro 19).

Depois da extração do caldo da cana-de-açúcar, dois processos diferentes são estabelecidos: um voltado para a produção de açúcar, e outro, para a produção do álcool. No processo de produção de açúcar, são gerados impactos negativos, como: geração de efluente, proveniente da limpeza do sistema de produção de açúcar; geração do melaço de cana-de-açúcar; geração da torta de filtro; e poluição sonora (Quadro 20).

Marcelino *et al.* (2013) afirmam a importância do tratamento de efluentes, como destruição de contaminantes não biodegradáveis (corantes, agrotóxicos, fármacos, entre

outros), remoção de metais pesados (Cr, Pb etc.), tratamento de efluentes oleosos, reaproveitamento de resíduos siderúrgicos, entre outros. Esses autores mostram a importância de tratamentos alternativos para as águas residuárias, visando à sua reutilização e à mitigação de impactos causados pelos seus lançamentos.

Quadro 20 – Listagem descritiva de aspectos, impactos e suas devidas classificações na atividade de produção do açúcar

<b>ATIVIDADE IMPACTANTE: produção do açúcar</b>										
<b>ASPECTO AMBIENTAL: processos de formação do caldo, evaporação, cozimento, centrifuga e secagem</b>										
<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>FATOR DO AMBIENTE</b>	<b>TEMPORALIDADE</b>	<b>INFLUÊNCIA</b>	<b>SITUAÇÃO</b>	<b>TIPO</b>	<b>MEDIDA AMBIENTAL</b>	<b>EXECUTOR RESPONSÁVEL</b>			
							AA	SE	OP	SG
1. Maior geração de efluentes, devido à limpeza do sistema de produção de açúcar.	físico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar o devido tratamento e o reuso de água no processo.</li> </ul>	X			
2. Maior produção do melão de cana-de-açúcar.	físico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizar melão na agricultura, pois aumenta a vida microbiana, o que faz com que as plantas absorvam mais nutrientes; também funciona como forma de controlar biologicamente possíveis pragas e como alimento para bactérias saudáveis.</li> </ul>	X		X	
3. Aumento de resíduos da torta de filtro.	físico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aproveitar resíduos da torta de filtro na agricultura, visto que é rica em fósforo, cálcio e possui consideráveis quantidades de micronutrientes. Além disso, sua umidade garante a brotação da cana-de-açúcar em plantios feitos em épocas de inverno na região Centro-Sul.</li> </ul>	X		X	
4. Poluição sonora.	físico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seguir as normas e utilizar equipamentos de proteção individual;</li> <li>Utilizar equipamentos e empregar métodos que minimizem os efeitos sonoros.</li> </ul>	X			X

Obs.: A: adversa; B: benéfica; AT: atual; PA: passado; FU: futuro; D: direta; I: indireta; N: normal; AN: anormal; E: emergencial; (+): positivo; (-): negativo; AA: agroindústria; SE: setor empresarial; OP: órgãos de pesquisa; SG: setor governamental.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Outro impacto advindo dessa atividade é a geração da torta de filtro (Quadro 20). Esse subproduto provém da mistura de bagaço moído e lodo da decantação da etapa de clarificação do açúcar (FRAVET *et al.*, 2010). A torta de filtro, quando não bem manejada, pode causar efeitos danosos aos recursos hídricos e ao solo. Por isso, a importância da adequada gestão desse resíduo, que pode ter como destino adequado a fertilização dos solos, visto que é rico em cálcio, nitrogênio e potássio (SCHNEIDER *et al.*, 2012).

Para amenizar esses efeitos negativos, deve-se: realizar o devido tratamento e o reuso de água no processo; utilizar o melaço na agricultura, pois aumenta a vida microbiana, o que faz com que as plantas absorvam mais nutrientes, funcionando também como forma de controlar biologicamente possíveis pragas e como alimento para bactérias saudáveis; utilizar a torta de filtro na agricultura, visto que é rica em fósforo, cálcio e possui consideráveis quantidades de micronutrientes, além de sua umidade garantir a brotação da cana-de-açúcar em plantios feitos em épocas de inverno na região Centro-Sul; seguir as normas e utilizar equipamentos de proteção individual; e utilizar equipamentos e empregar métodos que minimizem os efeitos sonoros.

Outra atividade impactante na agroindústria é a produção de etanol. Por meio dessa atividade, impactos negativos são gerados, a saber: produção de efluentes, advindos da limpeza do sistema de produção de açúcar e vinhaça, e que possuem alto potencial de contaminação do solo e da água, além da poluição sonora (Quadro 21).

Ao abordarem os tratamentos de efluentes industriais, Araújo *et al.* (2016) destacam a importância dos processos oxidativos avançados, bem como a importância da reutilização das águas no processo.

Quadro 21 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de produção do etanol

ATIVIDADE IMPACTANTE: produção do etanol										
ASPECTO AMBIENTAL: processos de clarificação em decantadores, fermentação por leveduras e destilação do vinho fermentado										
IMPACTO AMBIENTAL	FATOR DO AMBIENTE	TEMPORALIDADE	INFLUÊNCIA	SITUAÇÃO	TIPO	MEDIDA AMBIENTAL	EXECUTOR RESPONSÁVEL			
							AA	SE	OP	SG
1. Maior geração de efluentes, advindos da limpeza do sistema de produção de açúcar.	físico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar o devido tratamento e o reuso de água no processo.</li> </ul>	X			

2. Aumento da vinhaça, que possui alto potencial de contaminação do solo e da água.	físico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar vinhaça, pois possui alto poder poluente e alto valor fertilizante; em quantidades adequadas, pode ser empregada na agricultura.</li> </ul>	X		X	
3. Poluição sonora.	físico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguir as normas e utilizar equipamentos de proteção individual;</li> <li>• Utilizar equipamentos e empregar métodos que minimizem os efeitos sonoros.</li> </ul>	X			X

Obs.: A: adversa; B: benéfica; AT: atual; PA: passado; FU: futuro; D: direta; I: indireta; N: normal; AN: anormal; E: emergencial; (+): positivo; (-): negativo; AA: agroindústria; SE: setor empresarial; OP: órgãos de pesquisa; SG: setor governamental.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Outro resíduo comum a essa atividade é a geração de vinhaça. Segundo Paulino *et al.* (2011), a produção de vinhaça é em média de 13 litros para cada 1 litro de álcool produzido. Diante desse alto potencial gerador, a vinhaça se torna um dos subprodutos que mais causa impactos ao meio ambiente (Quadro 21).

Estudando a toxicidade e os impactos ambientais relacionados à vinhaça, Lima *et al.* (2016) revelam que esse subproduto apresenta elevadas concentrações de materiais orgânicos e inorgânicos. E mais, devido ao seu potencial corrosivo, pH baixo (ácido) e elevadas Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO), esse efluente consiste em um grande causador de danos à fauna e à flora, bem como ao solo e aos lençóis freáticos. Esses mesmos autores ainda descrevem que esse efluente pode ser utilizado como fertirrigação na própria cultura de cana-de-açúcar, porém apresenta limitação quanto à dosagem máxima a ser utilizada, pois, se exagerada, pode causar sérios danos ambientais.

Para mitigar os impactos negativos dessa atividade, deve-se: realizar o devido tratamento e o reuso de água no processo; utilizar vinhaça, pois possui alto poder poluente e alto valor fertilizante e, em quantidades adequadas, pode ser empregada na agricultura; seguir as normas e utilizar equipamentos de proteção individual; utilizar equipamentos e empregar métodos que minimizem os efeitos sonoros.

Por fim, tem-se a alimentação energética da agroindústria. Essa atividade pode causar os impactos negativos, como o consumo excessivo da biomassa de madeiras, para alimentação da caldeira, e liberação de fuligens e cinzas (Quadro 22).

Quadro 22 – Listagem descritiva de aspectos, impactos ambientais e suas devidas classificações na atividade de alimentação energética da indústria

ATIVIDADE IMPACTANTE: alimentação energética da agroindústria										
ASPECTO AMBIENTAL: processos de geração de vapor para caldeira										
IMPACTO AMBIENTAL	FATOR DO AMBIENTE	TEMPORALIDADE	INFLUÊNCIA	SITUAÇÃO	TIPO	MEDIDA AMBIENTAL	EXECUTOR RESPONSÁVEL			
							AA	SE	OP	SG
1. Maior demanda de biomassa de madeiras para alimentação da caldeira.	físico	FU	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizar madeiras de reflorestamento, como pinus e eucalipto;</li> <li>Tentar utilizar outras metodologias energéticas com menor impacto ambiental.</li> </ul>	X			
2. Aumento de fuligens e cinzas.	físico	AT	D	N	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizar máquinas e equipamentos (ex., filtro de fuligens) que minimizem/ extinguem fuligens e cinzas;</li> <li>Utilizar fuligens e cinzas na agricultura ou na construção civil.</li> </ul>	X		X	X

Obs.: A: adversa; B: benéfica; AT: atual; PA: passado; FU: futuro; D: direta; I: indireta; N: normal; AN: anormal; E: emergencial; (+): positivo; (-): negativo; AA: agroindústria; SE: setor empresarial; OP: órgãos de pesquisa; SG: setor governamental.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Ao avaliar as emissões atmosféricas provindas do consumo de madeira (Quadro 22), como recurso energético no Paraná, Pelanda (2016) pontua que as principais fontes fixas que utilizam o biocombustível madeira no estado são: combustão de lenha em caldeira, secador de grãos, combustão de biomassa diversa em caldeira, combustão de cavaco em caldeira, combustão de derivados de madeira em forno e fornalhas, e combustão de resíduos de madeira em caldeira. Essas atividades demandam consumo de biomassa. A autora ainda estima, com base em estudos, que as maiores concentrações expelidas, dentre os poluentes estudados, foram as de monóxido de carbono (CO) e as de material particulado; por sua vez, as menores concentrações estimadas expelidas, dentre os poluentes estimados, foram as de óxido de nitrogênio (NOx) e as de óxido de enxofre (SOx).

Tendo em vista o potencial impactante dessa atividade e a necessidade de amenização dos efeitos desses impactos, deve-se: utilizar madeiras de reflorestamento, como pinus e eucalipto; tentar utilizar outras metodologias energéticas com menor impacto ambiental; utilizar máquinas e equipamentos (ex., filtro de fuligens) que minimizem/ extingue fuligens e cinzas; e utilizar fuligens e cinzas na agricultura ou na construção civil.



#### **4 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS**

Na região Norte de Goiás, no que concerne aos impactos ambientais, destacam-se aqueles relacionados à queima da cultura, aos desmatamentos para a expansão da cana-de-açúcar, principalmente em áreas de Cerrado, e ao uso de insumos e resíduos líquidos, que provocam a contaminação do solo e da água.

A expansão das usinas nessa região tem intensificado a substituição de culturas voltadas para a alimentação, provocando a migração de trabalhadores para a agroindústria canavieira, resultando na marginalização de agricultores familiares.

Ratifica-se que a expansão da agroindústria canavieira na região Norte aumentou a oferta de vagas de emprego, com elevação da renda dos trabalhadores dessa região. Todavia, com relação às condições de trabalho e à saúde, esse setor ainda tem apresentado avanços pouco significativos. Somam-se a isso a expropriação e a migração dos produtores familiares, devido ao avanço da cultura da cana-de-açúcar, que tem provocado desordem no território e nos municípios.

De maneira geral, pode-se afirmar que os impactos socioeconômicos e ambientais provocados pelo setor sucroalcooleiro na região Norte de Goiás podem ser considerados de média ou alta relevância, pelo fato de a indústria localizada nessa região ainda apresentar baixos investimentos para a minimização desses impactos.

### **CAPÍTULO 3 – IMPACTO FINANCEIRO DA IRRIGAÇÃO E DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA USINA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM URUAÇU, BRASIL**

#### **Resumo**

O sucesso de um projeto depende do planejamento adequado das atividades, visando aumentar a produtividade e minimizar os custos de produção. Diante do exposto, o presente estudo tem por objetivo estudar a viabilidade econômica em cultivo de cana-de-açúcar com adubação de cobertura com nitrogênio e sob irrigação em cana-planta e cana-soca, na região Norte do estado de Goiás. Os dados para a elaboração da pesquisa foram obtidos de uma área com cultivo de cana-de-açúcar, na fazenda Estrela do Lago, junto à usina de Uruaçu, no município de Uruaçu, em Goiás. A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a CTC4 (alto perfilhamento, produtividade elevada, adaptabilidade ao plantio mecanizado e a colheita mecanizada). O plantio da cana-de-açúcar foi realizado em linha dupla, com espaçamento de 1,80 m entre as linhas. A aplicação de nitrogênio em cobertura foi dividida em três aplicações (dose total de 100 Kg ha<sup>-1</sup> de N), em intervalos de 60 dias, perfazendo um total de três aplicações ao longo do desenvolvimento da cultura. Os custos foram obtidos com base nos seguintes itens: operações mecanizadas; operações manuais; materiais consumidos; e outras despesas. Para os cálculos de custo de produção, utilizou-se a estrutura do custo operacional total de produção, empregada pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA). Os maiores custos da cana-de-açúcar em cana-planta com e sem nitrogênio em cobertura ocorrem devido a operações mecanizadas e aos materiais consumidos, totalizando aproximadamente 60% dos custos.

**Palavras-chave:** *Saccharum officinarum* L., Rendimento, Custo, Fertilização.

#### **Abstract**

The success of a project depends on a good planning of activities focused on increasing yield and minimizing production costs. The objective of the present work was to assess the economic viability of irrigated sugarcane crops (plant crop and ratoon crop) under nitrogen topdressing, in northern state of Goiás (GO), Brazil. The data needed for the research were obtained in a sugarcane crop area in the Estrela do Lago Farm, which belongs to the Uruaçu industry, in the municipality of Uruaçu, GO. The CTC4 sugarcane variety was used, which has high tillering

and yield, and great adaptability to mechanized planting and harvest. The sugarcane was planted in double rows spaced 1.80 m apart. The total nitrogen topdressing rate ( $100 \text{ Kg ha}^{-1}$ ) was divided into three applications with 60-day intervals during the crop development. The costs were obtained based on the following items: mechanized operations; manual operations; consumed material, and other expenses. The production cost was calculated using the total production operational cost structure used by the Brazilian Institute of Agricultural Economy. The highest costs for sugarcane in plant crop, with and without nitrogen topdressing, are due to mechanized operations and consumed material, which reached approximately 60% of the costs.

**Keywords:** *Saccharum officinarum* L., Yield, Cost, Fertilization.

## 1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar ocupa posição de destaque entre as principais culturas cultivadas no Brasil, tanto em relação à área plantada quanto ao volume e ao valor da produção. O grande interesse pela produção dessa cultura está na valorização de seus derivados na importância econômica do açúcar e do etanol (ANJOS; SILVA; CAMPANA, 2008).

O Brasil é considerado o maior produtor de cana-de-açúcar, seguido pela Índia e pela China, detendo, em média, 40% do comércio internacional do açúcar, conforme o Anuário da Agricultura Brasileira – Agriannual (AGRAFNP, 2010). Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, o Estado de São Paulo continua sendo o maior produtor (52,6%), seguido por Minas Gerais (9,0%), Goiás (8,0%), Paraná (7,3%), Mato Grosso do Sul (5,7%), Alagoas (5,4%) e Pernambuco (3,8%) (CONAB, 2011a). Ressalta-se que a agroindústria canavieira busca aumentar a sua eficiência, tanto na área agrícola quanto na industrial, almejando ser altamente tecnológica e lucrativa (BACHA, 2012; UNICA, 2013).

A economia canavieira trata da utilização racional de recursos de produção da terra, da distribuição e do consumo de bens e serviços do agronegócio da cana-de-açúcar. Como bens e serviços da cana-de-açúcar podem ser entendidos os produtos e subprodutos; portanto, pode-se dizer que a economia da cana-de-açúcar procura resolver os problemas econômicos do setor, como compras, vendas, taxação e manejo de cultivo e de seus produtos, a saber: energia limpa, açúcar, cachaça, celulose, melado, rapadura, melaço, vinhoto, etc. (RENNER, 2004; AMBIENTE BRASIL, 2006; ALVES, 2011).

No setor sucroenergético, os fertilizantes nitrogenados apresentam características desfavoráveis, pela elevação do custo de produção e por requererem elevada demanda de energia fóssil por unidade de N fertilizante produzido. Desse modo, é importante verificar a

relação custo/benefício da aplicação de N, relacionando-a com a eficiência da fertilização com esse nutriente, uma vez que a ureia, fonte nitrogenada mais difundida no mundo, apresenta elevadas perdas, principalmente pelo processo de volatilização (SCHULTZ, 2012).

A cana-de-açúcar irrigada depende de um conjunto de fatores, dentre eles: da quantidade de água e de fertilizantes aplicados (DANTAS NETO *et al.*, 2006), do manejo de irrigação (RAMESH; KAILASAM; SRINIVASAN, 1994), da cultivar, da idade de corte e do tipo de solo e do clima (SMIT; SINGELS, 2006).

Os benefícios diretos da irrigação em cana-de-açúcar consistem em aumento de produtividade agrícola e longevidade das soqueiras; por sua vez, os indiretos reduzem os custos de produção (MATIOLI; PERES; FRIZZONE, 1996). A produtividade de colmos é afetada pela deficiência hídrica e, como alternativa, por meio da técnica da irrigação é possível alcançar elevadas produtividades. Gava *et al.* (2011), trabalhando com irrigação por gotejamento em três cultivares de cana-de-açúcar, obtiveram, em média, incremento de 20% em cana-planta, e de 28% em cana-soca.

Ainda há pouca precisão nas informações sobre custos de produção dos produtos do setor sucroalcooleira, uma vez que são poucos os trabalhos sobre o tema, além da falta de uma metodologia de aferição de custos comum às diversas unidades industriais (MARQUES, 2009). Quando aplicado corretamente, o procedimento de mensuração do custo de produção da cana-de-açúcar é capaz de mostrar quais os principais componentes que limitam ou impulsionam o desempenho financeiro (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Nota-se que o êxito de um projeto depende de um bom planejamento das atividades, com vistas ao aumento da produtividade e da minimização dos custos de produção (RAPASSI *et al.*, 2008).

Diante dessas considerações, este capítulo visa proceder ao estudo da viabilidade econômica em cultivo de cana-de-açúcar em condições que possam representar o nível tecnológico (baixo, médio e alto) adotado no cultivo dessa cultura, para melhor compreender a interferência dos custos nos investimentos e na rentabilidade das usinas, fatores importantes para o êxito do setor sucroalcooleiro nas mais diversas regiões.

Mais precisamente, o objetivo é estudar a viabilidade econômica em cultivo de cana-de-açúcar com adubação de cobertura com nitrogênio e sob irrigação em cana-planta e cana-soca, na região Norte do estado de Goiás.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados necessários para a elaboração da pesquisa foram obtidos de uma área com cultivo de cana-de-açúcar, na fazenda Estrela do Lago, junto à usina de Uruaçu, no município de Uruaçu - GO. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2013).

As coordenadas geográficas do local são 14°31'29"S e 49°08'27"W, com altitude média de 520 m. Segundo a classificação de Köppen e Geiger (1928), o clima do local é do tipo Aw – clima tropical, com menor índice de chuva no inverno do que no verão. A temperatura média é de 25°C. A precipitação pluvial anual média chega a 1.638 mm aproximadamente, porém mal distribuídas ao longo do ano.

A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a CTC4 (alto perfilhamento, produtividade elevada, adaptabilidade ao plantio mecanizado e a colheita mecanizada). O plantio da cana-de-açúcar foi realizado em linha dupla, com espaçamento de 1,80 m entre as linhas; a distância entre as plantas na linha dupla foi de 0,50 m; o tubo gotejador foi enterrado a 0,20 m de profundidade da superfície do solo, instalado entre as fileiras duplas. O tubo gotejador utilizado apresentava as seguintes características: parede delgada, pressão de serviço de 1,0 bar, vazão nominal de 2,0 l h<sup>-1</sup> e espaçamento entre gotejadores de 0,50 m.

No momento do plantio, efetuou-se a adubação no sulco de plantio com 30 kg de N ha<sup>-1</sup> (ureia), 120 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> (superfosfato simples) e 80 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> (cloreto de potássio). A aplicação de nitrogênio em cobertura foi dividida em três aplicações (dose total de 100 Kg ha<sup>-1</sup> de N), em intervalos de 60 dias, perfazendo um total de três aplicações ao longo do desenvolvimento da cultura. A produtividade de colmos (PCH, Mg ha<sup>-1</sup>) foi obtida por meio da relação proporcional da área amostrada (10 ha).

Os custos foram obtidos com base nos seguintes itens:

- a) Operações mecanizadas: número de horas-máquina; diárias de trator, para a distribuição das mudas no plantio; número de quilômetros rodados, para o caminhão que transportou as mudas até o local de plantio (km); e gastos para a execução dessas operações, multiplicados pelos respectivos preços pagos pelo produtor;
- b) Operações manuais: número de homens/dia para executá-las, multiplicado pelo valor médio da região;
- c) Materiais consumidos: obtidos mediante o produto entre a quantidade dos materiais usados e seus respectivos preços na região;

- d) Outras despesas: considerou-se (taxas de 9% do total das despesas com assistência técnica e juros, entre outros).

As pulverizações com herbicidas foram realizadas com um trator de 121 cv, com tração dianteira auxiliar (4×2 TDA), e um pulverizador, com capacidade para 600 l de calda. No preparo de solo, foi realizada uma gradagem, utilizando uma grade 14×26” e a gradagem de nivelamento, com uma grade 28×22”, ambas tracionadas pelo trator de 121 cv 4×2 TDA.

A distribuição de calcário ocorreu por meio de distribuidor com capacidade para 2 m<sup>3</sup>; os terraços foram levantados com um terraceador de arrasto de 16 discos, e a “sulcação” da área foi realizada com um sulcador de 2 hastes, com distribuidor de adubo, com capacidade de 300 kg por haste. O terraceamento e a “sulcação” foram feitos com um trator de 121 cv 4×2 TDA.

As mudas foram transportadas em caminhão com carroceria. A distribuição das mudas, durante o plantio, foi realizada com carretas de 4 (quatro) rodas, adaptadas com fueiros e tracionadas por tratores de 75 cv. A operação de “cobrição” ocorreu com um cobridor de duas linhas, com um tanque para defensivos agrícolas, com capacidade para 200 l.

Para a análise econômica, foram considerados dois cortes da cultivar de cana-de-açúcar CTC4 (cana-planta e cana-soca). Dessa forma, foram obtidas as produtividades de colmo e açúcares totais recuperáveis (ATR), para condição de sequeiro com e sem aplicação de nitrogênio em cobertura e para o cultivo irrigado (com adubação de nitrogênio), de tal modo que essas condições representem o baixo, o médio e o alto nível tecnológico adotado no cultivo dessa cultura, respectivamente.

O preço estimado do ATR foi de R\$ 0,56 por quilo de ATR (preço médio para a safra de 2018 e 2019). Para os cálculos de custo de produção, utilizou-se a estrutura do custo operacional total de produção, empregada pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA), proposta por Matsunaga *et al.* (1976).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No primeiro corte, as produtividades médias foram de 112,6 ton ha<sup>-1</sup> e de 93,3 ton ha<sup>-1</sup>, com e sem nitrogênio em cobertura, respectivamente; no segundo ano, as produtividades médias foram de 77,4 ton ha<sup>-1</sup> e de 70,4 ton ha<sup>-1</sup>, com e sem nitrogênio em cobertura, respectivamente. As produtividades médias da cana-de-açúcar irrigada foram de 137,38 ton ha<sup>-1</sup> e de 109,5 ton ha<sup>-1</sup>, em cana-planta e cana-soca, respectivamente. As médias estão próximas às obtidas por Gava *et al.* (2011), com valores médios de produtividade de colmos de 106,5 ton ha<sup>-1</sup>, para o

manejo sequeiro, no primeiro ciclo; para o manejo irrigado, obtiveram produtividade média de 132,2 ton ha<sup>-1</sup>.

O aumento da escala de produção configura-se como instrumento pertinente à redução dos custos e ao aumento da atratividade comercial do fornecimento da cana-de-açúcar: o aumento de escala advém de ganhos de produtividade agrícola, sem a necessidade do respectivo aumento de área (ZILIO; LIMA, 2015).

No primeiro ciclo, os valores de ATR foram de 137,4 kg ton<sup>-1</sup> e de 136,1 kg ton<sup>-1</sup> de colmo, com e sem aplicação do nitrogênio em cobertura, respectivamente. No segundo ciclo, os valores de ATR foram de 133,7 kg ton<sup>-1</sup> e de 132,3 kg ton<sup>-1</sup> de colmo, com e sem aplicação de nitrogênio em cobertura, respectivamente. O ATR médio da cana-de-açúcar irrigada foi de 138,6 kg ton<sup>-1</sup> e de 134,3 ton ha<sup>-1</sup>, em cana-planta e cana-soca, respectivamente.

Gislene Pereira *et al.* (2015) demonstram que as variáveis de maior impacto no valor presente líquido (VPL) são a produtividade e o teor de ATR da cana-de-açúcar, as quais conduzem a analisar detalhadamente as práticas de manejo, pois esses índices podem ser melhorados por meio do emprego de tecnologias adequadas, a despeito das influências climáticas.

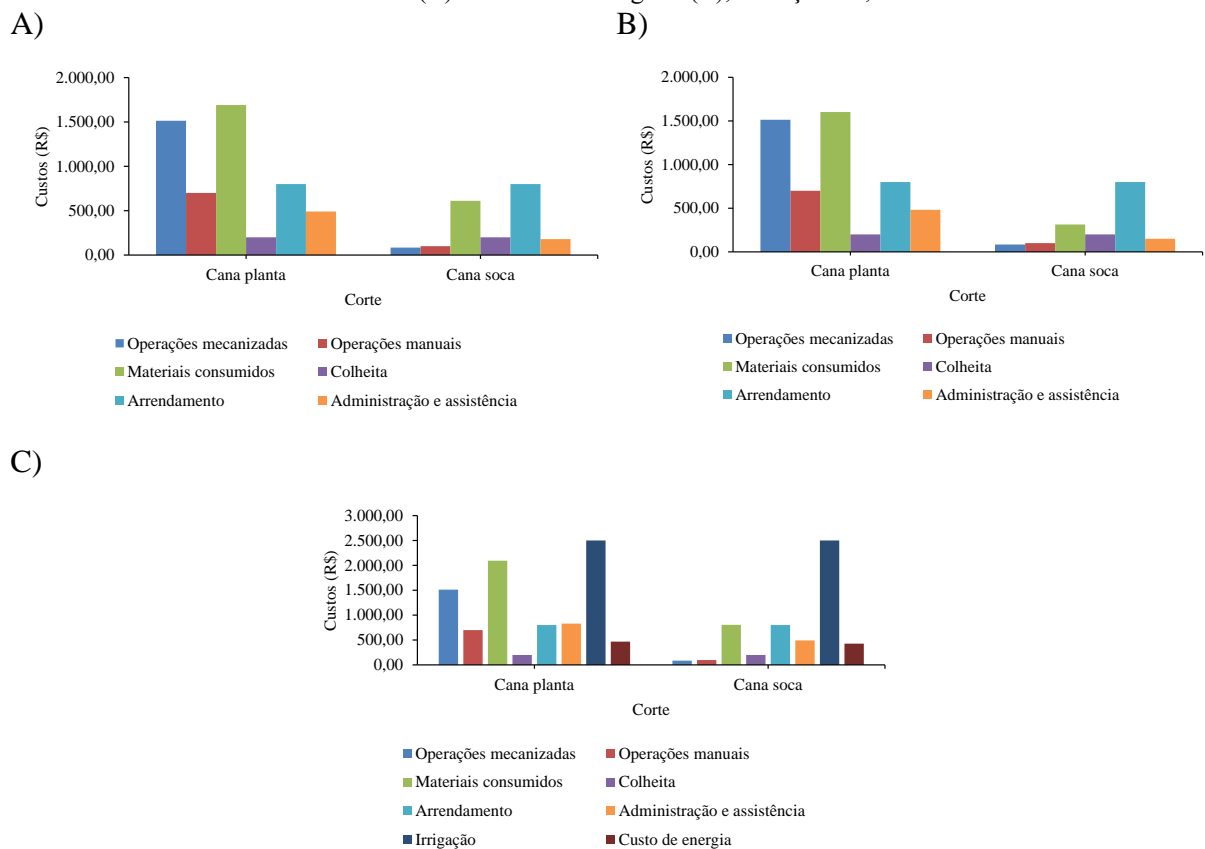
A cana-de-açúcar apresentou boa qualidade e com valores superiores ao da média de ATR por tonelada de cana, que foi de 121,96 kg ton<sup>-1</sup>. Quintana, Zanini e Silva (2012) pontuaram que o valor do ATR médio de um total de 4.677,19 ha de cana comercial, independentemente da variedade, da idade do canavial e do tipo de colheita, foi de 128,65 kg ton<sup>-1</sup> de cana.

Os custos das operações mecanizadas e manuais realizadas em cana-planta foram 94,45% e 85,71% maiores do que as operações executadas na cultura da cana-soca (com e sem adubação com nitrogênio). Com relação à presença ou à ausência de adubação nitrogenada, os custos das operações mecanizadas e manuais não apresentaram alterações expressivas (Figura 1A e 1B). Os preços dos insumos geralmente sofrem aumentos contínuos. Ademais, os produtores ainda enfrentam problemas com a disponibilidade desses insumos, com a demora no processo de comercialização da cana-de-açúcar e com o atraso no pagamento da produção pelas usinas (KUMAR *et al.*, 2014).

O uso de N fertilizante aumenta os custos de produção, mas também aumenta a produtividade, resultando em maior lucratividade. Além disso, pode auxiliar no aumento da longevidade das soqueiras, diminuindo custos financeiros e impactos ambientais relacionados à operação de preparo do solo e do plantio (JORIS, 2015).

Os custos dos materiais consumidos na cultura da cana-de-açúcar, com e sem adubação com nitrogênio em cana-planta, foram 63,81% e 80,43% maiores do que os materiais consumidos na cultura da cana-soca, respectivamente. Os custos dos materiais consumidos na cana-de-açúcar adubada com nitrogênio em cana-planta foram 5,32% maiores do que os materiais consumidos na cultura sem adubação com nitrogênio em cana-planta; já em cana-soca, com adubação nitrogenada, os custos dos materiais consumidos foram 48,80% maiores do que os custo verificados sem adubação com nitrogênio em cana-soca.

Figura 1 – Custos com o cultivo da cana-de-açúcar em função do corte com (A) e sem adubação com nitrogênio em cobertura (B) e em cultivo irrigado (C), Uruaçu-GO, 2019



Fonte: Adaptada pela autora de ABNT (2015) e Silva, Shibaio e Santos (2015).

O produtor, em seu planejamento e na de tomada de decisão, deve analisar os pontos fortes e fracos do cultivo da cultura e ter controle sobre o seu custo total da realização da cultura, uma vez que o custo da produção da cultura é parte essencial para a gestão do empreendimento rural (ANDRADE *et al.*, 2017).

Os custos com colheita e arrendamento na cultura da cana-de-açúcar, com e sem adubação com nitrogênio no primeiro ano (cana-planta), praticamente não foram alterados para o segundo ano (cana-soca), mantendo-se estáveis. Verificou-se o mesmo quando a cultura foi



ou não adubada com nitrogênio, em que os custos também quase não apresentaram variações. Em termos de custos, há maior vantagem com parcerias em arrendamento para plantio, corte e colheita, o que demandaria mais esforços em investimentos agrícolas e aquisições estruturais do que em parcerias com fornecedores de matéria-prima (SOUZA; CLEPS JÚNIOR, 2009; TREVISAN; LIMA; SOUZA, 2017).

Os custos com administração e assistência técnica relativos à cultura da cana-de-açúcar com e sem adubação com nitrogênio em cana-planta, foram 63,38% e 68,90% maiores do que os mesmos custos referentes à cana-de-açúcar em cana-soca, respectivamente. Os custos com administração e assistência técnica relativos à cana-de-açúcar adubada com nitrogênio em cana-planta apresentaram alta de 1,83% em relação aos custos na cultura sem adubação com nitrogênio em cana-planta. Com relação à cana-soca com adubação nitrogenada, os custos com administração e assistência técnica apresentaram alta de 16,63% em relação aos custos verificados sem adubação com nitrogênio em cana-soca.

Os custos com insumos e mão-de-obra para implantação, condução e renovação dos canaviais, representaram a maior parte do custo total anual (PEREIRA, R. M. *et al.*, 2015). Verma e Solanki (2020) observaram que o custo variável total aumenta em relação ao tamanho da propriedade; constataram também o mesmo comportamento com o custo total de cultivo. Isso ocorre pelo fato de os produtores maiores apresentarem gastos superiores com insumos.

Os custos com materiais consumidos com administração e assistência técnica relativas à cana-de-açúcar irrigada em cana-planta foram 61,60% e 40,60% maiores do que as operações executadas na cultura irrigada em cana-soca (Figura 1C). Os demais custos mantiveram-se praticamente sem variações em relação à cana-de-açúcar sem irrigação (Figura 1A).

A implementação de métodos de irrigação com custos reduzidos varia de acordo com as necessidades e as condições tanto do cultivo quanto do solo. Dessa forma, cabe ao agricultor estabelecer qual critério a ser utilizado, a fim de satisfazer os seus interesses, considerando as condições estabelecidas por fatores internos e externos (AMORIM; AMORIM; BRITTO, 2007).

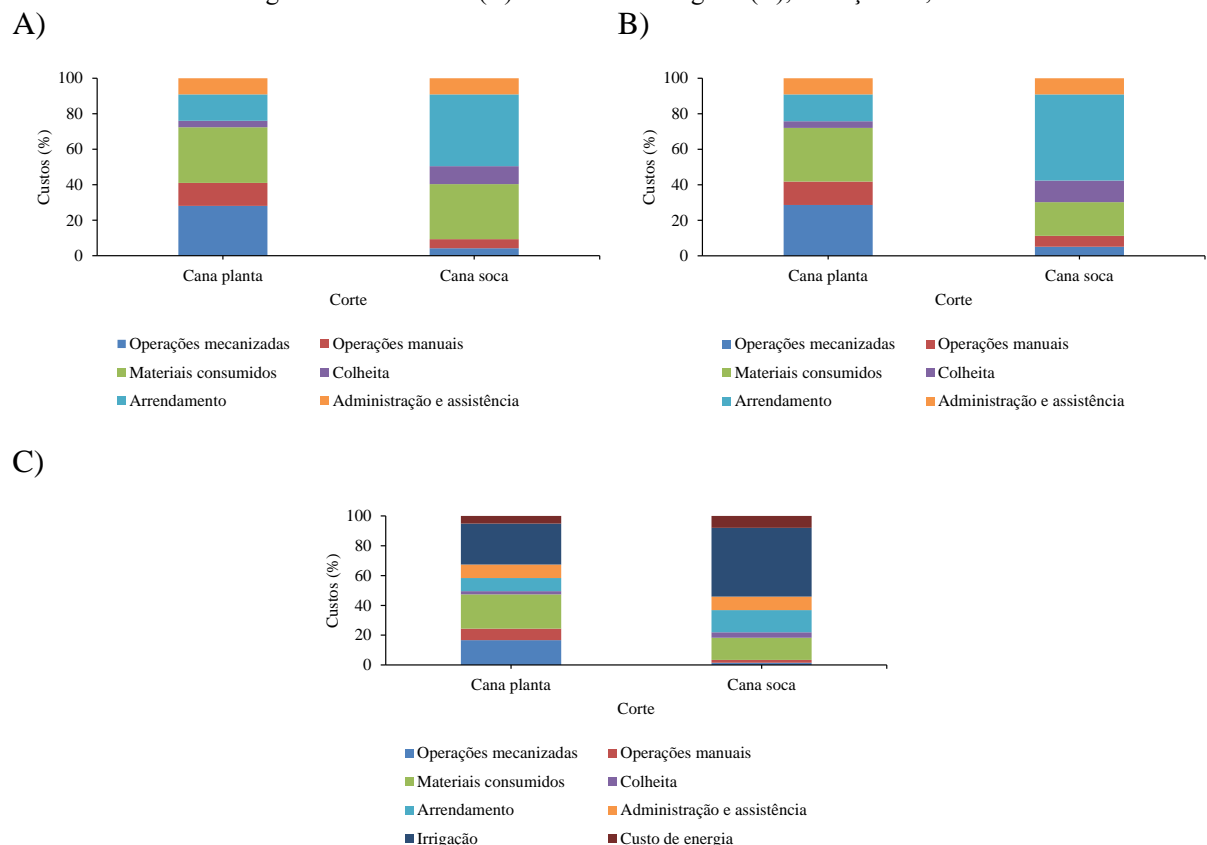
Os custos com operações mecanizadas, operações manuais, com materiais consumidos, colheita, arrendamento, administração e assistência técnica representaram 28,04%, 12,97%, 31,36%, 3,71%, 14,83% e 9,09% do custo operacional total da cana-de-açúcar (cana-planta) com adubação nitrogenada, respectivamente (Figura 2A). Esses custos, em relação ao custo operacional total, ficaram próximos aos observados quando a cultura não foi adubada com nitrogênio (Figura 2B). A estimativa dos custos está ligada à gestão da tecnologia, ou seja, à

alocação eficiente dos recursos produtivos e ao conhecimento dos preços desses recursos (REIS, 2007).

Pokharel *et al.* (2019) observaram que a usina deve buscar técnicas lucrativas para aumentar o seu rendimento, sendo que os agricultores precisam valer-se de boas práticas de gestão para aumentar a eficiência da propriedade, ao mesmo tempo em que obtêm elevação na produtividade, por meio do fornecimento de insumos (fertilizantes).

Os custos com operações mecanizadas, operações manuais, materiais consumidos, colheita, arrendamento, administração e assistência técnica representaram 4,25%, 5,06%, 30,99%, 10,12%, 40,49% e 9,09% do custo operacional total da cana-de-açúcar (cana-soca) com adubação nitrogenada, respectivamente (Figura 2A).

Figura 2 – Custos percentuais com o cultivo da cana-de-açúcar em função do corte com (A) e sem adubação com nitrogênio em cobertura (B) e em cultivo irrigado (C), Uruaçu-GO, 2019



Fonte: Adaptada pela autora de ABNT (2015) e Silva, Shibao e Santos (2015).

As máquinas agrícolas podem representar até 20% do custo total de produção das culturas. A elevação dos custos, associada à utilização de máquinas agrícolas, ocorre devido à inadequação no dimensionamento do sistema mecanizado, o que justifica a necessidade do seu

planejamento, de modo que os desempenhos propiciem melhores retornos aos investimentos realizados (MATOS, 2007).

Quando a cultura não foi adubada com nitrogênio em cana-soca, houve variações em relação aos custos verificados em cana-planta, a saber: 5,10%, 6,07%, 19,03%, 12,14%, 48,57% e 9,09%, respectivamente (Figura 2B).

Um dos grandes desafios da produção de cana-de-açúcar é a tendência de redução na produtividade que ocorre em relação aos cortes da cultura. A baixa produtividade dificulta o alcance dos padrões exigidos de retorno de investimentos, pois a prática, após o primeiro corte, exige extensões maiores de área de cana-de-açúcar. Ademais, há subutilização da terra, tornando a atividade menos eficiente, devido ao aumento de custo de transporte de cana-de-açúcar da área de produção até a unidade industrial (NEVES, 2008).

Os custos com operações mecanizadas, operações manuais, materiais consumidos, colheita, arrendamento, administração e assistência técnica, com irrigação e energia representaram 16,63%, 7,69%, 23,00%, 2,20%, 8,79%, 9,09%, 27,48% e 5,13% do custo operacional total da cana-de-açúcar irrigada (cana-planta), respectivamente. Com relação à cana-soca, esses custos foram de 1,55%, 1,85%, 14,87%, 3,70%, 14,80%, 9,09%, 46,26% e 7,88%, respectivamente. Cabe ressaltar que o maior custo percentual com irrigação em cana-soca é devido, principalmente, à redução geral que ocorre nos custos da cultura da cana-soca; por conseguinte, isso não é verificado no custo da irrigação, que se mantém alto (Figura 2C).

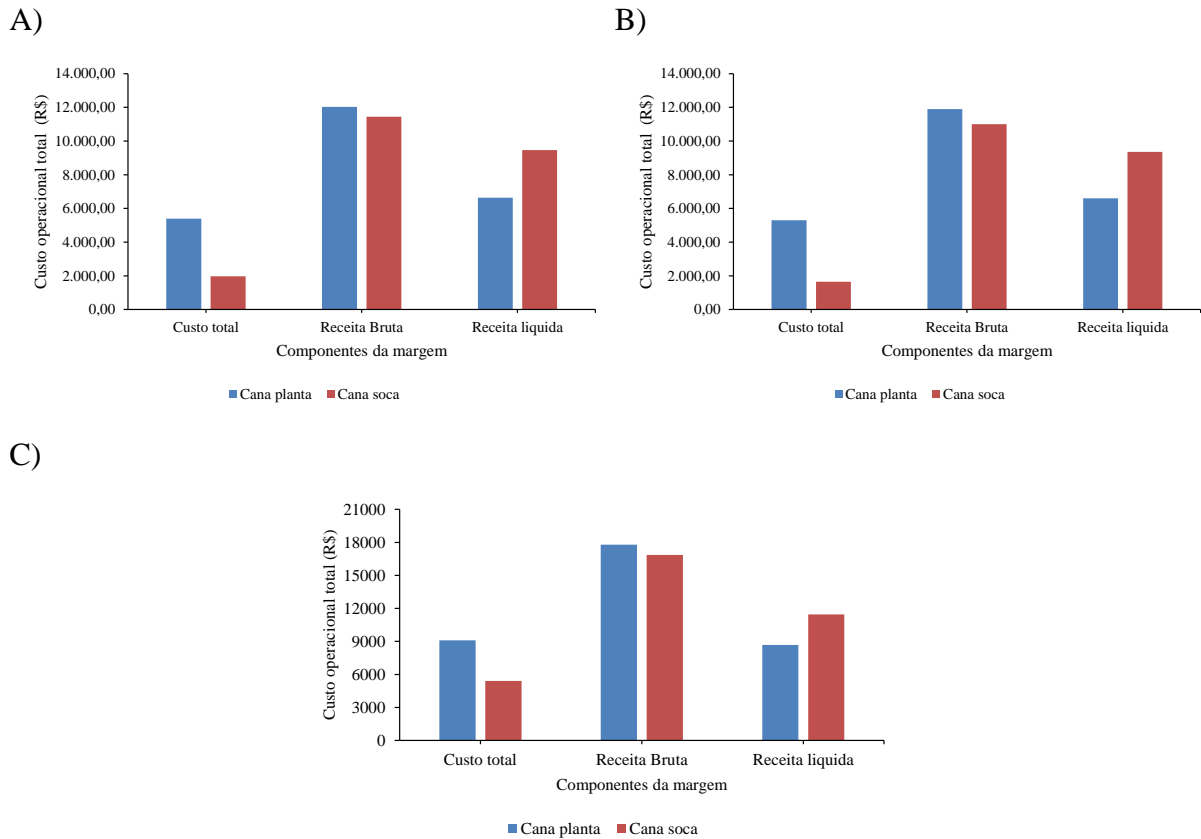
Campos *et al.* (2017) notaram que os custos operacionais (variáveis) da cana-de-açúcar irrigada contabilizaram o maior impacto no custo de produção, com destaque para a mão de obra e a energia elétrica. Isso evidencia o resultado potencial que uma gestão de controle pode trazer sobre o projeto, uma vez que essa pode reduzir a necessidade de energia elétrica e mão de obra, além de causar grande impacto na redução de custos.

O custo total da cana-de-açúcar (cana-planta) com e sem adubação com nitrogênio correspondeu a 44,90% e 44,53% da receita bruta. Em cana-soca, esses valores representaram 17,26% e 14,98% da receita bruta, respectivamente. Como consequência, a receita líquida da cana-de-açúcar (cana-planta) com e sem adubação com nitrogênio correspondeu a 55,14%, e a receita bruta, a 55,47%. Em cana-soca, verificou-se o incremento substancial nos valores da receita líquida, os quais representaram 82,73% e 85,02% da receita bruta, respectivamente (Figura 3A e 3B).

Resultados semelhantes foi observado por Perina (2017), ao verificar que o custo de implantação de um hectare de cana-de-açúcar era de R\$ 5.892,64 por hectare implantado. De modo geral, o custo total da implantação de uma lavoura canvieira tradicional (sistematizada

para colheita mecanizada) pode variar de R\$ 4.500,00 a R\$ 6.000,00 (SANT'ANNA *et al.*, 2009; MOREIRA; BONIZIO, 2012). Na região Centro-Sul tradicional, o custo de produção médio de cana-de-açúcar foi de aproximadamente R\$ 5.297,08 (PECEGE, 2012).

Figura 3 – Custo operacional total do cultivo da cana-de-açúcar em função dos componentes da margem com (A) e sem adubação com nitrogênio em cobertura (B) e em cultivo irrigado (C), Uruaçu-GO, 2019



Fonte: Adaptada pela autora de ABNT (2015) e Silva, Shibus e Santos (2015).

O custo total da cana-de-açúcar (cana-planta) com e sem adubação com nitrogênio apresentou 18,66% e 19,73% menor do que a receita líquida, respectivamente. Em cana-soca, essas diferenças foram de 79,13% e 82,38%, o que justifica a alta receita líquida obtida em cana-soca, em que os custos se tornam mais baixos, devido à redução das atividades, que ocorreu após o primeiro ano de cultivo da cultura, onde os custos são mais expressivos em função das atividades ligadas ao plantio da cana-de-açúcar e/ou à reforma do canavial. A implantação do canavial (cana-planta) computa a maior porcentagem dos custos variáveis, pois a operação de plantio, a aquisição de mudas e os insumos são expressivamente onerosos no primeiro ano (SANTOS *et al.*, 2016).

Kaneko *et al.* (2009) observaram um custo total de R\$ 2.677,50 da cana-de-açúcar (cana-soca) em sistema sequeiro com aplicação de N em cobertura. O custo total da cana-de-

açúcar irrigada em cana-planta e cana-soca correspondeu a 51,16% e a 32,05% da receita bruta, respectivamente. Por conseguinte, a receita líquida da cana-de-açúcar irrigada em cana-planta e cana-soca correspondeu a 48,84% e a 67,95% da receita bruta, respectivamente (Figura 3C). O controle financeiro visa maximizar o rendimento das culturas; logo, os lucros. Além disso, minimiza os custos de produção, tendo como base a identificação e a eliminação das possíveis causas de redução da produtividade (LIU; JUANG; LEE, 2006).

#### **4 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS**

Os maiores custos da cana-de-açúcar em cana-planta com e sem nitrogênio em cobertura ocorrem devido a operações mecanizadas e aos materiais consumidos, totalizando aproximadamente 60% dos custos.

A cana-de-açúcar (cana-planta), quando irrigada, tem boa parte dos seus custos relacionados a esse processo (assistência técnica, irrigação e energia), correspondendo a 42% do total dos custos.

O custo total da cana-de-açúcar (cana-planta) com e sem adubação com nitrogênio correspondeu a 45% da receita bruta; em cana-soca, esses valores representaram, no máximo, 17,26% da receita bruta.

Ademais, a receita líquida da cana-de-açúcar irrigada correspondeu a 48,84% da receita bruta.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ocupação da indústria canavieira na mesorregião Norte de Goiás evidencia as transformações ocorridas nesse setor nos últimos anos, sendo impulsionada pelo momento ruim da economia. Dessa forma, para que a atividade pudesse se manter, foi necessário buscar novas fronteiras agrícolas, onde o preço da terra fosse mais adequado à realidade em relação ao valor observado nas áreas tradicionais, já ocupadas por outras culturas.

A cana-de-açúcar tem se expandindo em todo o estado de Goiás. Todavia, as mesorregiões do Sul e do Centro Goiano ainda são as que representam a maior parte da área total cultivada com cana-de-açúcar em Goiás, seguidas pelas mesorregiões Leste, Norte e Noroeste, com menor expressão no cultivo da cana-de-açúcar.

A desigualdade entre as mesorregiões goianas ainda é barreira a ser superada, sendo que está intimamente ligada à localização (facilidade de escoamento da produção) e à infraestrutura de cada região, e isso é mais evidente nas microrregiões do Norte de Goiás.

Observa-se que a expansão da agroindústria canavieira na região Norte aumentou a geração de vagas de emprego, com elevação da renda dos trabalhadores da região. Porém, com relação às condições de trabalho e à saúde, esse setor ainda tem apresentado avanços pouco significativos. Somam-se a isso a expropriação e a migração dos produtores familiares, pelo fato de a cultura da cana-de-açúcar ter provocado desordem no território e nos municípios.

De maneira geral, os impactos socioeconômicos e ambientais provocados pelo setor sucroalcooleiro na região Norte de Goiás podem ser considerados de média ou alta relevância, uma vez que a indústria localizada nessa região pouco investiu para a minimização desses impactos.

Por fim, salienta-se que os custos mais elevados com cana-de-açúcar ocorrem devido a operações mecanizadas e aos materiais consumidos, totalizando aproximadamente 60%. Por sua vez, a receita líquida da cana-de-açúcar irrigada corresponde, no mínimo, a 48,84% da receita bruta.

## REFERÊNCIAS

- ABDALA, K. de O.; CASTRO, S. S. de. Dinâmica do uso do solo da expansão sucroalcooleira na Microrregião Meia Ponte, estado de Goiás, Brasil. **Anais [...]**. VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física, maio 2010. Disponível em: <http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema3/klaus>. Acesso em: 2 jul. 2020.
- ABDALA, K. de O.; RIBEIRO, F. L. Análise dos impactos da competição pelo uso do solo no estado de Goiás durante o período 2000 a 2009 provenientes da expansão do complexo sucroalcooleiro. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 65, n. 4, p. 373-400, out./dez. 2011.
- ABREU, D. *et al.* A produção da cana-de-açúcar no Brasil e a saúde do trabalhador rural. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, v. 9, n. 2, p. 49-61, 2011.
- AGRAFNP. **Agrianual 2010: Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP, 2010.
- AGUIAR, C. de J.; SOUZA, P. M. Impactos do crescimento da produção de cana-de-açúcar na agricultura dos oito maiores estados produtores. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 4, p. 482-493, ago. 2014.
- ALVARENGA, R. P.; QUEIROZ, T. R. Caracterização dos aspectos e impactos econômicos, sociais e ambientais do setor sucroalcooleiro paulista. **XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**, Rio Branco, 20 de julho de 2008. Disponível em: <https://ageconsearch.umn.edu/record/113960/files/691.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2020.
- ALVES, G. L. F. **Expansão canavieira e seus efeitos na violência em Goianésia**. 2012. 115 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.
- ALVES, G. L. F.; WANDER, A. E.; SOUZA, D. M. B. de L. D. **A expansão canavieira em Goianésia e o sentimento de insegurança**. 2011. Disponível em: <https://projetos.extras.ufg.br/conpeex/2011/mestrado/mestrado-glauc-leao.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2020.
- ALVES, L. Q. **Viabilidade econômica dos créditos de CO<sub>2</sub> da cana-de-açúcar para produção de aguardente artesanal**. 2011. 102 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção na Agropecuária) – Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas, Minas Gerais, 2011.
- AMARAL, P. H. M. *et al.* Caracterização granulométrica do sedimento de nascentes tropicais em áreas plantadas com eucalipto. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 1075-1084, out./dez. 2020.
- AMBIENTE BRASIL. **Reflorestamento: sequestro de Carbono**. 2006. Disponível em: <http://www.arvoresbrasil.com.br/reflorestamento>. Acesso em: 03 jul. 2019.
- AMÉRICO, J. H. P. *et al.* O uso de agrotóxicos e os impactos nos ecossistemas aquáticos. **Revista Científica “ANAP Brasil”**, v. 8, n. 13, p. 101-115, 2015.

AMORIM, F. A. M.; AMORIM, J. N.; BRITTO, W. S. F. Custos de irrigação na cana-de-açúcar: um estudo realizado com os diversos sistemas de irrigação em Juazeiro-BA. **XIV Congresso Brasileiro de Custos**, João Pessoa, 05 a 07 de dezembro de 2007. p. 1-15.

ANDRADE, R. J. *et al.* Viabilidade econômica da produção de cana-de-açúcar na Região de Jales. **I Simpósio Sul-Mato-Grossense de Administração**, 2017. p. 1-11.

ANJOS, I. A.; SILVA, D. N.; CAMPANA, M. P. Cana-de-açúcar como forrageira. *In*: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. de A. (Org.). **Cana-de-açúcar**. Campinas, SP: Instituto Agrônômico, 2008. p. 725-746.

ARAÚJO, K. S. *et al.* Processos oxidativos avançados: uma revisão de fundamentos e aplicações no tratamento de águas residuais urbanas e efluentes industriais. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 11, n. 2, p. 337-401, abr./jun. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR ISO 14001:2015. **Sistemas de Gestão Ambiental**: requisitos com orientações para uso. 2015. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=345116>. Acesso em: 25 jan. 2021.

BACCARIN, J. G. Efeitos ambientais, sociais e econômicos de mudanças tecnológicas recentes na cana-de-açúcar no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Pegada**, v. 20, n. 3, p. 141-173, 2019.

BACCHI, M. R. P.; CALDARELLI, C. E. Impactos socioeconômicos da expansão do setor sucroenergético no Estado de São Paulo, entre 2005 e 2009. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 25, n. 1, jan./abr. 2015.

BACHA, C. J. C. **Economia e política agrícola no Brasil**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

BARBALHO, M. G. da S.; SILVA, A. A.; CASTRO, S. S. A expansão da área de cultivo da cana-de-açúcar na região sul do estado de Goiás de 2001 a 2011. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 29, p. 98-110, 2013.

BARBIERI, J. C. **Gestão Ambiental Empresarial**: conceitos, modelos e instrumentos. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

BARRETO, L. V. *et al.* Eutrofização em rios brasileiros. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 2165-2179, 2013.

BBC NEWS. **Quatro fatores para entender a crise do etanol**. 2013. Disponível em: [https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/05/130424\\_etanol\\_mdb](https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/05/130424_etanol_mdb). Acesso em: 20 jul. 2020.

BORGES, V. **A expansão da cana-de-açúcar no estado de Goiás**: o caso na microrregião de Quirinópolis. 2010. Relatório para exame de qualificação (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n.º 01, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Brasília: 17 fev. 1986. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 04 abr. 2021.



BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n.º 306, de 5 de julho de 2002**. Estabelece os requisitos mínimos e o termo de referência para realização de auditorias ambientais. Brasília, DF, 19 jul. 2002. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=98306>. Acesso em: 04 abr. 2021.

CALAÇA, M. Territorialização do capital: biotecnologia, biodiversidade e seus impactos no Cerrado. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 4, n. 1, p. 18-35, fev. 2010.

CAMPOS, F. H. *et al.* Análise de rentabilidade de irrigação na cana-de-açúcar: estudo de caso de uma usina de Goiás. **Revista IPecege**, v. 3, n. 2, p. 124-133, abr./jun. 2017.

CANÇADO, J. E. D. **A poluição atmosférica e sua relação com a saúde humana na região canavieira de Piracicaba - SP**. 2003. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CARVALHO, E. R.; VIAN, C. E. F.; BRAUN, M. B. S. A Inserção da responsabilidade social no setor sucroalcooleiro: motivações e benefícios do comportamento socialmente responsável no setor. **Informe Gepec**, v. 15, n. 2, p. 155-190, 2011.

CARVALHO, H. M. **Impactos econômicos, sociais e ambientais devido à expansão da oferta do etanol no Brasil**. 2007. Disponível em <http://www.landaction.org/spip/spip.php?article190>. Acesso em: 10 jul. 2020.

CARVALHO, J. M. *et al.* Produtividade de cana-soca sem queima em função do uso de gesso e vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 1-9, jan./mar. 2013.

CARVALHO, L. C. *et al.* Cana-de-açúcar e álcool combustível: histórico, sustentabilidade e segurança energética. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 530-543, 2013.

CARVALHO, S. P.; MARIN, J. O. B. Agricultura familiar e agroindústria canavieira: impasses sociais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 49, n. 3, p. 681-707, 2011.

CASTRO, M. N.; CASTRO, R. M.; SOUZA, P. C. A importância da mata ciliar no contexto da conservação do solo. **Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia**, v. 4, p. 230-241, 2013.

CASTRO, S. S. *et al.* Estudo da expansão da cana de açúcar no estado de Goiás: subsídios para uma avaliação do potencial de impactos ambientais. Impactos econômicos, sociais e ambientais no cultivo da cana de açúcar no território goiano. **Fórum de C&T no Cerrado**, Goiânia, 2007. p. 9-17.

CASTRO, S. S. *et al.* A expansão da cana-de-açúcar no cerrado e no estado de Goiás: elementos para uma análise espacial do processo. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 30, n. 1, p. 171-191, jan./jun. 2010.

CENTRO DE PESQUISA DE ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **Desaceleração da economia brasileira reflete em baixa nas cadeias do agronegócio**. Relatório do PIB das Cadeias – análises do acumulado de 2015. 2016. Disponível em: [www.cepea.esalq.usp.br/pibpec/PIB\\_Cadeias\\_relatorio\\_2015.pdf](http://www.cepea.esalq.usp.br/pibpec/PIB_Cadeias_relatorio_2015.pdf). Acesso em: 20 jul. 2020.

CHERUBIN, N. **Tecnologia Agrícola – Plantio de cana**: período é de transição. 2019. Disponível em: <https://revistarpanews.com.br/tecnologia-agricola-plantio-de-cana-periodo-e-de-transicao/>. Acesso em: 20 jul. 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira**: cana-de-açúcar – safra 2009: segundo levantamento. 2009. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/2\\_levantamento2009\\_set2009.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/2_levantamento2009_set2009.pdf). Acesso em: 10 jul. 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Séries históricas relativas às safras 1976/77 a 2013/14 de área plantada, produtividade e produção**. 2011a. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=>. Acesso em: 10 jun. 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Superintendência Regional de Goiás. **Avaliação da safra de cana de açúcar 2011/12**. Segundo levantamento de Goiás. 2011b. Disponível em: [www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br). Acesso em: 10 mar. 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. **Acomp. safra bras. cana**, Brasília, v. 3, n. 4, quarto levantamento, p. 1-77, 2017. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_04\\_19\\_11\\_27\\_36\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_-\\_4o\\_lev\\_-\\_16-17.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_04_19_11_27_36_boletim_cana_portugues_-_4o_lev_-_16-17.pdf). Acesso em: 10 jul. 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. **Acomp. safra bras. grãos**, Brasília, v. 7, n. 1, p. 1-62, 2020.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL – CNA. Levantamento de custos de produção de Cana-de-Açúcar, Açúcar, Etanol e Bioeletricidade do Brasil: fechamento da safra 2015/2016. **Boletim Ativos**, n. 13, p. 1-10, dez. 2016.

CORREA, V. H. C. **O desenvolvimento e a expansão recente da produção agropecuária no Centro-Oeste**. 2013. 282 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2013.

CRONIN, P.; RYAN, F.; COUGHLAN, M. Undertaking a literature review: a step-by-step approach. **British Journal of Nursing**, v. 17, n. 1, p. 38-43, jan. 2008.

CRUZ, I. S. *et al.* Efluentes da indústria canavieira do estado de Sergipe. **Interfaces Científicas - Exatas e Tecnológicas**, Aracaju, v. 2, n. 2, p. 27-36, out. 2016.

CUNHA, T. R.; PREVITALI, F. S. **Os impactos socioambientais**: considerações sobre o setor agroindustrial da cultura de cana-de-açúcar no Brasil. 2012. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/view/18161/14997>. Acesso em: 20 jul. 2020.

DAMIANI, A. L. Cidades médias e pequenas no processo de globalização. Apontamentos bibliográficos. *In*: LEMOS, A. I. G.; ARROYO, M.; SILVEIRA, M. L. **América Latina**: cidade, campo e turismo. San Pablo: CLACSO, Consejo Latino-americano de Ciencias Sociales, 2006. p. 135-147.

DANTAS NETO, J. *et al.* Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação e adubação de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 283-288, abr./jun. 2006.

DARTORA, J. *et al.* Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1023-1029, 2013.

DASSIE, C. **Cana-de-açúcar: Globo Rural faz balanço da crise do setor.** 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2016/06/cana-de-acucar-globo-rural-faz-balanco-da-crise-do-setor.html>. Acesso em: 20 maio 2020.

DEFANTE, L. R.; VILPOUX, O.; SAUER, L. Evolução da produção de cana-de-açúcar no estado de Mato Grosso do Sul. **IGepec**, v. 22, n. 1, p. 150-169, jan./jun. 2018.

DEUS, R. M.; BAKONYI, S. M. C. O impacto da agricultura sobre o meio ambiente. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 7, n. 7, p. 1306-1315, mar./ago. 2012.

DIAS, L. F. R.; MACÊDO, R. M.; PELLI, A. Pressão sonora, poluição e a saúde das pessoas. **Acta Biologica Brasiliensia**, v. 1, n. 1, p. 51-65, 2018.

DINARDO-MIRANDA, L. L. *et al.* Reação de cultivares de cana-de-açúcar à broca do colmo. **Bragantia**, v. 72, n. 1, p. 29-34, mar. 2013.

DIRETORIA DE GESTÃO ESTRATÉGICA, MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO – DGMA/ SECRETARIA ESPECIAL DE AGRICULTURA FAMILIAR E DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO – SEAD. **Índices.** 2019. Disponível em: <http://nead.mda.gov.br/>. Acesso em: 05 abr. 2021.

DOMINGUES, A. T.; THOMAZ JÚNIOR, A. A territorialização da cana-de-açúcar no Mato Grosso do Sul. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 1, n. 34, p. 138-160, jan./jul. 2012.

DRUMM, F. C. *et al.* Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 66-78, abr. 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2013.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – FIESP. **Outlook Fiesp 2023: projeções para o agronegócio brasileiro.** São Paulo: FIESP, 2013. Disponível em: [http://www.novacana.com/pdf/estudos/Estudo\\_Fiesp\\_MBagro.pdf](http://www.novacana.com/pdf/estudos/Estudo_Fiesp_MBagro.pdf). Acesso em: 20 jul. 2020.

FERREIRA, L. C. de O *et al.* **Expansão da produtividade da cana de açúcar no estado de Goiás, destacando o Sudoeste Goiano.** 2011. Disponível em: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:liYwqp9BeNwJ:https://www.anais.ueg.br/index.php/jaueg/article/view/6314/3967+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 28 abr. 2020.

FERREIRA, L. C. G.; ARAÚJO SOBRINHO, F. L. A dinâmica canavieira na microrregião Ceres, Goiás: das colônias agrícolas nacionais ao agronegócio sucroenergético. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 1, n. 39, p. 146-175, jan./jun. 2017.

FERREIRA, M. C. Gestão ambiental: um estudo em empresas do setor sucroalcooleiro em Goiás. **Revista Pensamento Contemporâneo em Administração**, v. 7, n. 3, p. 59-80, jul./set. 2013.

FONSECA, M. V. R. *et al.* Expansão da cana-de-açúcar e as mudanças no uso da terra no Escritório de Desenvolvimento Rural (EDR) de Tupã-SP. **Espacios**, v. 36, n. 1, 2015.

FORTES, C. **Sugarcane Handbook**. London, UK: BP Biofuels, 2008.

FRANCO, Í. O.; ASSUNÇÃO, H. F. Usos do solo no advento do agronegócio da cana-de-açúcar no sudoeste de Goiás: estudo de caso do município de Jataí. **Ciência e Cultura**, v. 63, n. 3, p. 33-36, jul. 2011.

FRAVET, P. R. F. *et al.* Efeito de doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 618-624, maio/jun. 2010.

G1. **Entidades querem marco regulatório contra crise do setor sucroenergético**. 2013. Disponível em: <http://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/noticia/2013/08/entidades-querem-marco-regulatorio-contra-crise-do-setor-sucroenergetico.html>. Acesso em: 20 maio 2020.

GAMBORG, C.; PALMER, C.; SANDOE, P. Ethics of wildlife management and conservation: what should we try to protect? **Nature Education Knowledge**, v. 3, n. 10, p. 8, 2012.

GARCIA, E.; CAMOLESI JÚNIOR, L. Classificação de fatores que mais impactam a produtividade da cana-de-açúcar usando mineração de dados. **X Congresso Brasileiro de Agroinformática**, 21 a 23 de outubro de 2015. Disponível em: [http://eventos.uepg.br/sbiagro/2015/anais/SBIAgro2015/pdf\\_resumos/16/16\\_ederson\\_garcia\\_73.pdf](http://eventos.uepg.br/sbiagro/2015/anais/SBIAgro2015/pdf_resumos/16/16_ederson_garcia_73.pdf). Acesso em: 01 maio 2020.

GAVA, G. J. de C. *et al.* Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 250-255, mar. 2011.

GILIO, L. **Análise dos impactos socioeconômicos da expansão do setor sucroenergético**. 2015. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2015.

HASSUANI, S. J. *et al.* **Biomass power generation: sugar cane bagasse and trash**. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento e Centro de Tecnologia Canavieira. Piracicaba, SP: CTC, 2005.

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 1, p. 145-154, 1999.

HISSA, L. de B. V. **Modelagem espacial da produtividade e rentabilidade econômica do cultivo de cana-de-açúcar para o Brasil e para região do MAP**. 2011. 72 f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção agrícola municipal**. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=resultados>. Acesso em: 12 abr. 2021.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate change 1994: radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 emission scenarios**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1995.

JORIS, H. A. W. **Nitrogênio na produção de cana-de-açúcar: aspectos agronômicos e ambientais**. 2015. 134 f. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, São Paulo, 2015.

KANEKO, F. H. *et al.* Análise econômica da produção de cana-de-açúcar considerando-se a terceirização das operações agrícolas: o caso de um produtor. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 266-270, jul./set. 2009.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha, DE: Verlag Justus Perthes, 1928.

KUMAR, T. *et al.* Cost and Returns of Sugarcane Production at Different Size Groups of Farms in District Meerut (U. P.), India. **Annals of Agri-Bio Research**, v. 19, n. 3, p. 561-565, 2014.

LANGOWSKI, E. **Queima da cana: uma prática usada e abusada**. 2007. Disponível em: [https://www.academia.edu/36685358/Queima\\_da\\_cana\\_Uma\\_pr%C3%A1tica\\_usada\\_e\\_abusada](https://www.academia.edu/36685358/Queima_da_cana_Uma_pr%C3%A1tica_usada_e_abusada). Acesso em: 23 jul. 2020.

LEITE, M. R. *et al.* O trabalho no corte de cana-de-açúcar, riscos e efeitos na saúde: revisão da literatura. **Revista de Saúde Pública**, v. 52, n. 80, p. 1-16, 2018.

LELIS, L. R. M.; AVELINO JÚNIOR, F. J. Os impactos gerados pela expansão da cana-de-açúcar na microrregião de Dracena – SP. **Geografia em Questão**, v. 8, n. 1, p. 124-137, 2015.

LELIS, L. R. M.; HESPANHOL, R. A. de M. Dinâmica agropecuária do município de Dracena-SP: da cafeicultura à cana-de-açúcar. **Geografia em Questão**, v. 6, n. 2, p. 181-198, 2013.

LEONARDO, A. da S. *et al.* Usina de álcool: impactos ambientais negativos e medidas para produção mais limpa. **Colloquium Exactarum**, v. 4, n. especial, p. 149-156, jul./dez. 2012.

LIBONI, L. B.; CEZARINO, L. O. Impactos sociais e ambientais da indústria da cana-de-açúcar. **Future Studies Research Journal**, v. 4, n. 1, p. 202-230, jan./jun. 2012.

LIMA, D. A. L. L. **Estrutura e expansão da Agroindústria Canavieira no Sudoeste Goiano: impactos no uso do solo e na estrutura fundiária a partir de 1990**. 2010. 262 f. Tese

(Doutorado em Desenvolvimento Econômico) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2010.

LIMA, F. de A. *et al.* Revisão sobre a toxicidade e impactos ambientais relacionados à vinhaça, efluente da indústria sucroalcooleira. **Cadernos UniFOA**, v. 11, n. 32, p. 27-34, 2016.

LIU, T. L.; JUANG, K. W.; LEE, D. Y. Interpolating soil properties using kriging combined with categorical information of soil maps. **Soil Science Society of America Journal**, v. 70, n. 4, p. 1200-1209, 2006.

LOURENZANI, W. L.; CALDAS, M. M. Mudanças no uso da terra decorrentes da expansão da cultura da cana-de-açúcar na região oeste do estado de São Paulo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 11, p. 1980-1987, nov. 2014.

LUCCHESI, A. A. Processos fisiológicos da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). **Boletim Técnico Esalq/Cena**, Piracicaba, n. 7, p. 1-50, 1995.

MACHADO, L. A.; HABIB, M. **Perspectivas e impactos da cultura de cana-de-açúcar no Brasil**. Infobibos - Informações Tecnológicas, 2009. Disponível em: [http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_2/Cana/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/Cana/index.htm). Acesso em: 14 jul. 2020.

MACIEL, M. R. A. *et al.* Caracterização sócio-econômica do trabalhador temporário da indústria canavieira em Lagoa da Prata, Minas Gerais, Brasil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, ano 23, n. 2, p. 335-343, maio/ago. 2011.

MANCUSO, M. A. C.; NEGRISOLI, E.; PERIM, L. Efeito residual de herbicidas no solo (“*Carryover*”). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 2, p. 151-164, 2011.

MANZATTO, C. V. *et al.* **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar**: expandir a produção, preservar a vida, garantir o futuro. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

MARCELINO, R. B. P. *et al.* Tendências e desafios na aplicação de tecnologias avançadas para o tratamento de efluentes industriais não biodegradáveis. **Revista da Universidade Federal de Minas Gerais**, Belo Horizonte, v. 20, n. 2, p. 358-383, 2013.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARIN, F. R. **Eficiência de produção da cana-de-açúcar brasileira**: estado atual e cenários futuros baseados em simulações multimodelos. 2014. 262 f. Tese (Doutorado em Agrometeorologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2014.

MARQUES, D. M. F. *et al.* Produção e preço da cana-de-açúcar no estado de Goiás. **Conjuntura Econômica Goiana**, Goiânia, n. 23, p. 32-43, dez. 2012.

MARQUES, P. V. **Custo de produção agrícola e industrial de açúcar e álcool no Brasil na safra 2007/2008**. Piracicaba, SP: Universidade de São Paulo; Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2009.

- MARQUES, T. A. *et al.* Queima do canavial: aspectos sobre a biomassa vegetal, fertilidade do solo e emissão de CO<sub>2</sub> para atmosfera. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 1, p. 83-89, jan./fev. 2009.
- MATIOLI, C. S.; PERES, F. C.; FRIZZONE, J. A. Análise de decisão sobre a viabilidade da irrigação suplementar de cana-de-açúcar colhida no mês de julho na região de Ribeirão Preto - SP. **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**. Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, Bauru, 1996. p. 1-386.
- MATOS, M. A. **Modelo informatizado para o planejamento operacional e econômico de sistemas mecanizados com a consideração da pontualidade**. 2007. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2007.
- MATSUNAGA, M. *et al.* Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.
- MESQUITA, F. C.; FURTADO, A. T. Expansão da agroindústria canavieira e qualificação da mão-de-obra em Goiás (2006-2013). **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 67-82, jan./abr. 2016.
- METCALF, L.; EDDY, H. P. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.
- MICHELETTI, R. N. *et al.* Rentabilidade da produção de cana-de-açúcar sob dois tipos de contrato de venda. **Nucleus**, v. 13, n. 2, p. 271-282, out. 2016.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Projeções do Agronegócio 2008/2009 a 2019/2020**. Brasília, 2010. Disponível em: [www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br). Acesso em: 10 jul. 2020.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Cana-de-açúcar**. 2016. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-acucar>. Acesso em: 01 jul. 2020.
- MIRANDA, P. E. V. Materiais particulados: produtos ameaçadores resultantes da queima de combustíveis. **Revista Matéria**, v. 18, n. 4, out./dez. 2013.
- MIZIARA, F. Expansão da Lavoura de Cana em Goiás e Impactos Ambientais. **XIV Congresso Brasileiro de Sociologia**. Rio de Janeiro, 2009. v. 1.
- MOHR, A.; RAMAN, S. Lessons from first generation biofuels and implications for the sustainability appraisal of second generation biofuels. **Energy Policy**, Chattanooga, v. 63, p. 114-122, dez. 2013.
- MONTEIRO, J. M. G.; ELABRAS-VEIGA, L. B.; COUTINHO, H. L. da C. **Projeto SENSOR: políticas públicas relacionadas à expansão da cana-de-açúcar para a produção de biocombustíveis**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010.
- MORAIS NETO, J. V. **Áreas de solo exposto intensificam o processo de eutrofização no semiárido brasileiro**. 2018. 29 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, 2018.

MOREIRA, M. G.; BONIZIO, R. C. Análise comparativa dos custos de cana-de-açúcar: produção independente x usina de açúcar e álcool. **Custos e @gronegocio on line**, v. 8, n. 2, p. 84-99, abr./jun. 2012.

NEVES, M. F. **Desafios da produção de cana-de-açúcar**. 2008. Disponível em: <http://www.favaneves.org/arquivos/1-producao-cana.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2019.

NEVES, M. F. Ações para Revitalização. Setor sucroenergético. Agroenergia. **Agroanalysis**, Ribeirão Preto, p. 34-35, out. 2012. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/article/viewFile/24487/23261>. Acesso em: 20 maio 2020.

NEVES, M. F. *et al.* **O setor sucroenergético em 2030: dimensões, investimentos e uma agenda estratégica**. Brasília: Confederação Nacional da Indústria, 2017.

NOGUEIRA, M. A. F. de S.; GARCIA, M. da S. Gestão dos resíduos do setor industrial sucroenergético: estudo de caso de uma usina no município de Rio Brillhante, Mato Grosso do Sul. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 17, n. 17, p. 3275-3283, dez. 2013.

NOVA CANA. **Cana-de-açúcar deu origem à 17% de toda energia do Brasil em 2015**. 2016. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/cana/meio-ambiente/cana-de-acucar-origem-17-energia-brasil-2015-280716>. Acesso em: 11 jul. 2020.

NOVA CANA. **Fim de crise no setor açucareiro desperta dúvidas**. 2019. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/acucar/mercado/fim-crise-setor-acucareiro-desperta-duvidas-240619>. Acesso em: 20 jul. 2020.

OLIVEIRA, C. O. *et al.* Custo e lucratividade da produção de sementes de soja enriquecidas com molibdênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 1, p. 82-88, 2015.

OLIVEIRA, M. D. M.; NACHILUK, K. Custo de produção de cana-de-açúcar nos diferentes sistemas de produção nas regiões do estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 41, n. 1, jan. 2011.

PACHECO, G.; SILVA, F. F. Utilização de resíduos gerados por indústria do setor sucroalcooleiro, pela RAUDI Indústria e Comércio LTDA, na produção de bicarbonato de sódio. **Agro@ambiente On-line**, v. 2, n. 1, p. 92-94, jan./jun. 2008.

PAIVA, F. F. G.; MARIA, V. P. K. Gestão ambiental de resíduos industriais: análise de gestão e reaproveitamento de resíduos da indústria sucroalcooleira. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 5, n. 9, p. 157-166, 2018.

PASSOS, H. S. **Impactos da expansão da cana-de-açúcar: percepção e prática científica**. 2015. 207 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

PAULINO, J. *et al.* Estudo exploratório do uso da vinhaça ao longo do tempo. II. Características da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 244-249, mar. 2011.



PELANDA, K. A. **Emissões atmosféricas provenientes do consumo de madeira como biocombustível no Paraná**. 2016. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

PEREIRA, M. A. **Poluição da queima da cana de açúcar questiona vantagens dos biocombustíveis**. 2007. Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010125071113>. Acesso em: 10 jul. 2020.

PEREIRA, G. G. de S. *et al.* Custo de produção de cana-de-açúcar no Estado do Mato Grosso do Sul. **Revista IPecege**, v. 1, n. 1, p. 81-102, 2015.

PEREIRA, R. M. *et al.* Viabilidade econômica da irrigação de cana-de-açúcar no cerrado brasileiro. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 2, p. 149-157, 2015.

PERINA, O. T. **Análise de viabilidade técnica e econômica de diferentes métodos de implantação de canaviais em relação ao método inter-rotacional**. 2017. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia Agrônoma) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2017.

PIACENTE, F. J. **Agroindústria canavieira e o Sistema de Gestão Ambiental: o caso das usinas localizadas nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**. 2005. 181 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2005.

PINTO, R. S. de A. **Indicadores de desempenho de frota de empresas agroindustriais canavieiras brasileiras**. 2002. 110 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

POKHAREL, D. *et al.* Dynamics and Economic Analysis of Sugarcane Production in Eastern Plains of Nepal. **Current Agriculture Research Journal**, v. 7, n. 2, p. 201-212, 2019.

PONTI, L.; GUTIERREZ, A. P. Overview on biofuels from a European perspective. **Bulletin of Science Technology and Society**, v. 29, p. 493-504, 2009.

POSTAL, A. C. M. **Acesso à cana-de-açúcar na expansão sucroenergética brasileira do pós 2000: o caso de Goiás**. 2014. 185 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2014.

PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM ECONOMIA E GESTÃO DE EMPRESAS – PECEGE. **Custos de produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol no Brasil: acompanhamento da safra 2011/2012** – Centro-Sul. Piracicaba, SP: Universidade de São Paulo; Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2012.

PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM ECONOMIA E GESTÃO DE EMPRESAS – PECEGE. **Custos de produção de cana-de-açúcar, açúcar, etanol e bioeletricidade no Brasil: fechamento da safra 2014/2015 e acompanhamento da safra 2015/2016**. Piracicaba, SP: Universidade de São Paulo; Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2015.

QUEIROZ, A. M. Considerações sobre a expansão da cultura da Cana-de-açúcar em Goiás entre 2000 e 2010. **Conjuntura Econômica Goiana**, Goiânia, p. 39-50, set. 2012.

QUINTANA, K. A.; ZANINI, J. R.; SILVA, E. R. Irrigação e fertirrigação por gotejamento em cana-de-açúcar na presença e ausência de boro. **Científica**, v. 40, n. 2, p. 103-116, 2012.

RAMESH, P.; KAILASAM, C.; SRINIVASAN, T. R. Performance of sugarcane (*Saccharum officinarum* L) under surface drip, sub surface drip (biwall) and furrow methods of irrigation. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 172, n. 4, p. 237-241, maio 1994.

RAPASSI, R. M. A. *et al.* Cultura do eucalipto na região de Suzanápolis estado de São Paulo: análise econômica. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 38, n. 4, p. 7-13, 2008.

REIS, L. N. G. dos; BRITO, J. L. S. A expansão da cana-de-açúcar na mesorregião do Triângulo mineiro e Alto Paranaíba–MG. **Anais [...]**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, 30 de abril a 05 de maio, 2011. Disponível em: <http://mar.te.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/06.29.14.52/doc/p0407.pdf?metadatarepository=dpi.inpe.br/marte/2011/06.29.14.52.10&mirror=dpi.inpe.br/banon/2003/12.10.19.30.54>. Acesso em: 15 abr. 2021.

REIS, M. A.; WANDER, A. E. A Dinâmica da Expansão do Setor Sucroalcooleiro no estado de Goiás e as Contribuições Socioeconômica no Município de Goianésia. **Revista Científic@**, v. 3, n. 2, p. 1-18, 2016.

REIS, R. P. **Fundamentos de economia aplicada**. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 2007.

RENNER, R. M. **Sequestro de carbono e a viabilização de novos reflorestamentos no Brasil**. 2004. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

REZENDE, L. M.; MAGALHÃES, P. A. N. dos R. **Impactos sociais e ambientais da indústria sucroalcooleira no estado de Goiás**. 2012. Disponível em: <https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/IMPACTOS%20SOCIAIS%20E%20AMBIENTAIS%20DA%20INDUSTRIA%20SUCROALCOOLEIRA%20NO%20ESTADO%20DE%20GOIAS.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2020.

RIBEIRO, A. R. B. *et al.* Gestão da sustentabilidade no cultivo da cana-de-açúcar: um estudo de caso no nordeste do Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 3, p. 843-861, jul./set. 2018.

RIBEIRO, H. Sugar cane burning in Brazil: respiratory health effects. **Revista de Saúde Pública**, v. 42, n. 2, p. 370-376, fev. 2008.

RIBEIRO, H.; PESQUERO, C. Queimadas de cana-de-açúcar: Avaliação de efeitos na qualidade do ar e na saúde respiratória de crianças. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 255-271, 2010.

RIBEIRO, N. V.; FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C. Expansão sucroalcooleira no estado de Goiás: uma análise exploratória a partir de dados sócio-econômicos e cartográficos. **Geografia**, Rio Claro, v. 35, n. 2, p. 331-344, maio/ago. 2010.

ROCHA, L. A.; MACIEL, L. B. A queimada da cana-de-açúcar e seus aspectos socioambientais. **JICEX**, v. 1, n. 1, 2013.

- RODRIGUES, G. S. Impactos ambientais da agricultura. *In*: HAMMES, V. S. (Ed.). **Julgar: percepção do impacto ambiental**. São Paulo: Globo, 2004. v. 4.
- RODRIGUES, J. A. R. Do engenho à biorrefinaria: a usina de açúcar como empreendimento industrial para a geração de produtos bioquímicos e biocombustíveis. **Química Nova**, São Paulo, v. 34, n. 7, p. 1242-1254, 2011.
- RODRIGUES, L. D. **A cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção de biocombustíveis: impactos ambientais e o zoneamento agroecológico como ferramenta para mitigação**. 2010. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Análise Ambiental) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, 2010.
- RONQUIM, C. C. **Queimada na colheita de cana-de-açúcar: impactos ambientais, sociais e econômicos**. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.
- ROSA, C. C. Produção de biodiesel: o contexto de uma usina no município de Porangatu/GO. **Élisée – Revista de Geografia da UEG**, Porangatu, v. 2, n. 1, p. 96-109, jan./jun. 2013.
- ROSSETTO, R. A cultura da cana, da degradação à conservação. **Visão Agrícola**, n. 1, p. 80-85, jan./jun. 2004.
- SANCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceito e métodos**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.
- SANT'ANNA, S. A. C. *et al.* Evaluation of soil quality indicators in sugarcane management in sandy loam soil. **Pedosphere**, v. 19, n. 3, p. 312-322, jun. 2009.
- SANTOS, D. F. L. *et al.* Viabilidade econômica e financeira na produção de cana-de-açúcar em pequenas propriedades rurais. **Custos e @gronegocio on line**, v. 12, n. 4, p. 222-254, out./dez. 2016.
- SANTOS, D. L. de J. S. *et al.* Análise comparativa dos custos de produção da cana-de-açúcar entre as principais cidades produtoras do Brasil. **XXVI Congresso Brasileiro de Custos**, Curitiba, 11 a 13 de novembro de 2019.
- SANTOS, G. R. Produtividade na agroindústria canavieira: um olhar a partir da etapa agrícola. *In*: SANTOS, G. R. (Org.). **Quarenta anos de etanol em larga escala no Brasil: desafios, crises e perspectivas**. Brasília: Ipea, 2016. p. 165-185.
- SANTOS, J. Y. G.; SANTOS, C. A. G.; SILVA, R. M. Perdas de água e solo utilizando chuva simulada em diferentes coberturas superficiais e condições de umidade no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17 n. 4, p. 217-228, out./dez. 2012.
- SANTOS, T. M.; BATISTA, R. de O. S. Agrotóxicos, uma violência silenciosa: a saúde dos cortadores da cana-de-açúcar em Laranjeiras/Sergipe. **Revista Campo-Território**, v. 13, n. 29, p. 189-208, abr. 2018.
- SAUER, S.; LEITE, S. P. Expansão agrícola, preços e apropriação de terra por estrangeiros no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 3, p. 503-524, 2012.
- SAUER, S.; PIETRAFESA, J. P. Cana-de-açúcar, financiamento público e produção de alimentos no cerrado. **Revista Campo-Território**, v. 7, n. 14, p. 1-29, ago. 2012.

SCHNEIDER, C. F. *et al.* Formas de gestão e aplicação de resíduos da cana-de-açúcar visando redução de impactos ambientais. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 5, p. 8-17, 2012.

SCHULTZ, N. **Fixação biológica de nitrogênio associada à cultura de cana de açúcar: eficiência e contribuição da inoculação com bactérias diazotróficas.** 2012. 126 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 2012.

SCORSOLINI-COMIN, F. Diálogo e dialogismo em Mikhail Bakhtin e Paulo Freire: contribuições para a educação a distância. **Educação em Revista**, v. 30, n. 3, p. 245-265, jul./set. 2014.

SEABRA, J. E. A. **Avaliação técnico-econômica de opções para o aproveitamento integral da biomassa de cana no Brasil.** 2008. 298 f. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2008.

SEGATTI, S. **A expansão da agroindústria sucroalcooleira e a questão do desenvolvimento da Microrregião de Dracena – SP.** 2009. 153 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, São Paulo, 2009.

SEIDLER, E. P.; FRITZ FILHO, L. F. A evolução da agricultura e o impacto gerado pelos processos de inovação: um estudo de caso no município de Coxilha-RS. **Economia e Desenvolvimento**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 388-409, jan./jun. 2016.

SHIKIDA, P. F. A.; SOUZA, E. C. Agroindústria canavieira e crescimento econômico local. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 47, n. 3, p. 569-600, jul./set. 2009.

SILVA FILHO, L. A.; SILVA, J. L. M.; LIMA, M. M. F. Mecanização agropecuária e o mercado de trabalho formal no cultivo da cana-de-açúcar no Nordeste – 2000/2010. **Revista Geonordeste**, São Cristóvão, ano 25, n. 1, p. 116-139, jan./jul. 2014.

SILVA, A. A. *et al.* Alterações físicas, químicas e morfológicas em um Latossolo Vermelho-Amarelo sob cultivo de cana-de-açúcar na microrregião de Quirinópolis, Goiás. **Anais [...]**. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Uberlândia-MG, 2011. p. 1587-1592.

SILVA, A. A. Os caminhos da cana-de-açúcar em Goiás: do Proálcool ao Plano Nacional de Agroenergia. **IV Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG**, Cidade de Goiás, 2017.

SILVA, A. A.; CASTRO, S. S. Dinâmica de uso da terra e expansão da cana-de-açúcar entre os anos de 2004 e 2010, na microrregião de Quirinópolis, Goiás. *In*: PIETRAFESA, J. P.; SILVA, S. D. (Org.). **Transformações no Cerrado: progresso, consumo e natureza.** Goiânia: PUC Goiás, 2011. p. 155-170.

SILVA, A. A.; MIZIARA, F. A expansão da fronteira agrícola e a localização das usinas de cana-de-açúcar. **Revista Sociedade & Natureza**, p. 12, 2010.

SILVA, A. A.; MIZIARA, F. A expansão da fronteira agrícola em Goiás e a localização das usinas de cana de açúcar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 399- 407, jul./set. 2011.

SILVA, A. L. M. **Direito do meio ambiente e dos recursos naturais**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2004. v. 1.

SILVA, A.; OLIVEIRA, D. E.; LIMA, D. Segurança Alimentar: estudo sobre a produção de alimentos em Goiás, 1990-2009. **Anais** [...]. 5º Encontro Nacional da ANPPAS, Florianópolis, 2010. p. 1-20.

SILVA, F. C. A.; MENDONÇA, G. H.; LUNAS, D. A. L. Territorialização do agronegócio e as novas dinâmicas no Sudoeste e Norte de Goiás. **Espacios**, v. 36, n. 13, p. 18, 2015.

SILVA, F. C.; SHIBAO, F. Y.; SANTOS, M. R. Identificação e classificação de aspectos e potenciais impactos ambientais em uma indústria do segmento de plásticos. **Revista Eletrônica Gestão e Serviços**, v. 6, n. 1, p. 1084-1099, 2015.

SILVA, L. I.; LEÃO, C.; PASQUALETTO, A. Área de ocupação da cana-de-açúcar no estado de Goiás e o efeito substituição em relação a outras culturas de abastecimento alimentar (2003-2012). **Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos**, Goiânia, v. 1, n. 1, p. 21-35, jul./dez. 2015.

SILVA, S. D.; PIETRAFESA, J. P.; SANTOS, A. E. A. F. O Cerrado e a produção sucroalcooleira: expansão e transferência histórico-geográfica da produção de etanol em Goiás. *In*: PIETRAFESA, J. P.; SILVA, S. D. (Org.). **Transformações no Cerrado: progresso, consumo e natureza**. Goiânia: PUC Goiás, 2011. p. 21-46.

SMIT, M. A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, v. 98, n. 2-3, p. 91-97, ago./set. 2006.

SOUZA, A. G.; CLEPS JÚNIOR, J. O desenvolvimento da agroindústria canavieira no Triângulo Mineiro e seus impactos sobre a mão-de-obra e a produção de alimentos. **Anais**[...]. Encontro Nacional de Geografia Agrária, São Paulo, 2009.

SOUZA, J. K. C. *et al.* Fertirrigação com vinhaça na produção de cana-de-açúcar. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 2, p. 7-12, abr./jun. 2015.

TARTARI, D. T. *et al.* Perda de solo e água por erosão hídrica em Argissolo sob diferentes densidades de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 3, p. 85-93, 2012.

TEIXEIRA, R. A.; COUTO, M. S. D. da S. Análise dos impactos socioeconômicos e ambientais da expansão da cana-de-açúcar na bacia do Rio Meia Ponte, Goiás. **Revista Terceiro Incluído**, v. 3, n. 1, p. 128-143, jan./jun. 2013.

TREVISAN, J. E.; LIMA, N. C.; SOUZA, G. H. S. Custo da produção da cana de açúcar em uma usina sucroalcooleira da Região do Triângulo Mineiro. **Revista de Estudos Contábeis**, Londrina, v. 8, n. 14, p. 39-57, 2017.

TRINDADE, S. P.; FARIA, K. M. S.; CASTRO, S. S. Análise da expansão canavieira e as mudanças de uso do solo no Sudoeste Goiano de 1985 a 2016. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 38, n. 3, p. 569-590, 2018.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR – UNICA. **Linha do Tempo**. 2013. Disponível em: <http://www.unica.com.br/linha-do-tempo.php>. Acesso em: 12 jun. 2019.

VALICHESKI, R. R. *et al.* Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 9, p. 969-977, set. 2012.

VERMA, L. K.; SOLANKI, A. Cost and Returns Analysis of Sugarcane Production in Baghpat district of Western Uttar Pradesh, India. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 9, n. 1, p. 733-739, 2020.

VIDAL, T. F.; CAPELO NETO, J. Dinâmica de nitrogênio e fósforo em reservatório na região semiárida utilizando balanço de massa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 402-407, 2014.

VIEGAS, A. **Consultor projeta dificuldades para setor sucroenergético na safra 14/15**. 2014. Disponível em: <http://g1.globo.com/mato-grosso/agrodebate/noticia/2014/03/consultor-projeta-dificuldades-para-setor-sucroenergetico-na-safra-1415.html>. Acesso em: 20 jul. 2020.

VIEIRA, B. A. M. **Precariedade na agricultura: a realidade dos trabalhadores agrícolas sazonais**. 2018. 68 f. Dissertação (Mestrado em Psicologia) – Universidade do Porto, Portugal, 2018.

VIEIRA, R. R.; SILVA, A. M. M. **Análise da evolução da produção de cana de açúcar no município de Quirinópolis de 2007 a 2017**. 2019. Disponível em: <https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/An%20a%20lise%20da%20Evolu%20a%20a%20da%20produ%20a%20a%20de%20Cana%20de%20Ac%20b%20acar%20n%20o%20Munic%20a%20pio%20de%20Quirin%20b%20polis.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2020.

WISSMANN, M. A.; SHIKIDA, P. F. A. Impactos econômicos, ambientais e sociais da agroindústria canavieira no Brasil. **Revista Desenvolvimento, Fronteiras e Cidadania**, v. 1, n. 1, p. 134-160, jul. 2017.

XARA-BRASIL, D. *et al.* A compra de produtos locais: mercados municipais versus moderna distribuição. **V International Forum on Management (IFM)**. “Connected in a Multipolar World: Everything Becomes Smart and Digital”, Setúbal, 2021. p. 47-59.

ZILIO, L. B.; LIMA, R. A. de S. Atratividade de canaviais paulistas sob a ótica da teoria das opções reais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 53, n. 3, p. 377-394, jul./set. 2015.