



O USO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA MONITORAR A COLHEITA DA CANA-DE-AÇÚCAR EM UBERABA-MG

Bruna Aparecida Silva Dias ¹
Jussara dos Santos Rosendo ²

RESUMO

Na safra 2020/2021, o Brasil foi responsável por 49% do comércio global de cana-de-açúcar podendo alcançar 181,9 milhões de toneladas. E, é na fase final de crescimento e maturação que a colheita ocorre, verificando assim a produtividade agrícola do canavial. Esta etapa é uma das mais importantes no processo produtivo de açúcar ou etanol, podendo ocasionar danos e/ou reduzir a qualidade da matéria-prima. O objetivo desse trabalho é mensurar as áreas de cana-de-açúcar e identificar as áreas que empregaram ou não a queima na pré-colheita da cana-de-açúcar colhida para o município de Uberaba para o período de 2015 a 2018. Para tal, foram utilizadas imagens do sensor OLI/Landsat-8, em todos os anos mapeados, e algumas imagens de sensores alternativos, como ETM+/Landsat-7 e AWiFS/ResourceSat-2. Essas imagens foram analisadas e por meio de técnicas de classificação e interpretação de imagens obtidas durante os meses de abril a outubro para identificar a colheita nos diferentes sistemas de manejo. Os resultados permitiram constatar que 2018 foi o ano com menos utilização do fogo e maior aumento na área mecanizada, com 7,2% e 81,3%, respectivamente, da área total demonstrando um grande potencial de extinção e eliminação da prática do fogo nos canaviais e melhorias socioambientais no processo de produção da cana-de-açúcar. Em contrapartida, o emprego do fogo na pré-colheita teve seu maior percentual no ano de 2017, alcançando 12% da área destinada a colheita.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar, Sistema de colheita, Sensoriamento remoto, Cana crua, Cana queimada.

ABSTRACT

In the 2020/2021 harvest, Brazil was responsible for 49% of the global sugarcane trade, reaching 181.9 million tons. And, it is in the final phase of growth and maturation that the harvest takes place, thus verifying the agricultural productivity of the sugarcane field. This step is one of the most important in the sugar or ethanol production process, and it can cause damage and/or reduce the quality of the raw material. The objective of this work is to measure the sugarcane areas and identify the areas that used or did not burn in the pre-harvest of sugarcane harvested for the municipality of Uberaba for the period from 2015 to 2018. , images from the OLI/Landsat-8 sensor were used, in all mapped years, and some images from alternative sensors, such as ETM+/Landsat-7 and AWiFS/ResourceSat-2. These images were analyzed using classification techniques and image interpretation obtained from April to October to identify the harvest in different management systems. The results showed that 2018 was the year with the least use of fire and the greatest increase in the mechanized area, with 7.2% and 81.3%, respectively, of the total area, demonstrating a great potential for extinction and elimination of the practice of fire in the sugarcane plantations and socio-environmental improvements in the sugarcane production process. On the other hand, the use of fire in pre-harvest had its highest percentage in 2017, reaching 12% of the area destined for harvesting.

Keywords: Sugarcane, Harvest system, Remote sensing, Raw cane, Burnt cane.

¹Doutoranda do Curso de Pós Geografia da Universidade Federal de Uberlândia- UFU, brunadias@ufu.br;

²Docente Curso de Geografia da Universidade Federal Uberlândia- UFU *campus* Ituiutaba, jussara@ufu.br;



INTRODUÇÃO

O avanço do setor sucroenergético tem sido favorável como alternativa à utilização de combustíveis fósseis, principalmente quando se consideram as questões ambientais atreladas à emissão de gases de efeito estufa, desse modo a etapa da colheita é a que mais sofre mudanças visando alcançar padrões de qualidade ambiental aceitos internacionalmente.

Graças aos avanços tecnológicos, a colheita da cana-de-açúcar tem substituído progressivamente o corte manual pelo mecanizado, reduzindo custos e ofertando ao mercado um biocombustível ecologicamente correto. Uma das razões para essa mudança são as exigências e os acordos internacionais com incentivo ao uso da palha da cana para produção de energia e desenvolvimento sustentável do setor.

A Lei Federal nº 12.651/2012 que instituiu o Novo Código Florestal Brasileiro, estabelece no Art. 38 três situações nas quais é permitido o uso do fogo: a) em locais ou regiões cujas peculiaridades justifiquem o emprego do fogo em práticas agropastoris ou florestais, mediante prévia aprovação do órgão estadual ambiental competente do SISNAMA; b) emprego da queima controlada em Unidades de Conservação, e; c) atividades de pesquisa científica. Portanto, nos canaviais, cujas particularidades locais justifiquem o uso do fogo em seu processo produtivo, essa prática é permitida, desde que autorizada.

Em Minas Gerais, compete ao Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), órgão subordinado à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), a regulamentação mais detalhada sobre o uso do fogo em plantações. Diante do exposto, a Deliberação Normativa do COPAM nº133, de 15 de abril de 2009, determinou a eliminação gradual (a partir de 2009) e total (até 2014) da queima da cana na pré colheita no estado mineiro. Todavia, após o final do prazo, não há conhecimento de documentos que apontem a eliminação total, ou a sua prorrogação, mas sabe-se que, ainda são registrados diversos incêndios provocados muitas vezes pelas próprias usinas (NOVACANA, 2021).

A colheita mecanizada apresenta vantagens quando comparada ao sistema que utiliza o fogo, dentre elas é possível citar a melhoria no rendimento das máquinas colhedoras, baixa ou nenhuma emissão de gases de efeito estufa, aumento da capacidade



de nutrição e retenção de água no solo devido a cobertura da palhada que o protege da erosão (KAVATS et al., 2020).

Atualmente, verifica-se a presença do fogo em muitas áreas produtoras de cana que realizam a colheita mecanizada, A justificativa para tal pode ser atribuída ao aumento do rendimento da máquina que facilita o processo da colheita (CONAB, 2021).

O município de Uberaba está localizado na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, possui área territorial de 4.523,957 km² (IBGE) de modo que mais de 23% de sua área total é ocupada pelo cultivo da cana-de-açúcar, além disso, o município destaca-se por suas condições naturais e geoeconômicas propícias ao cultivo: relevo suavemente plano, proximidade com grandes centros urbanos, capacidade financeira para investimentos, serviços públicos, impostos e legislação, sistema agrícola moderno e diversificado, estrutura de transporte e energia consolidado, atrativos fiscais e estatais, dentre outros (SANTOS, 2017).

O objetivo desse trabalho é mensurar as áreas de cana-de-açúcar e identificar as áreas que empregaram ou não a queima na pré-colheita da cana-de-açúcar no município de Uberaba, considerando o recorte temporal de 2015 a 2018.

APORTE TEÓRICO

A colheita dos colmos da cana-de-açúcar pode ser realizada por meio de três sistemas: manual, semimecanizado e mecanizado. O sistema manual pode ser definido como:

O subsistema de corte e o subsistema de carregamento se processam manualmente, podendo haver um subsistema de transporte intermediário, por tração animal ou transbordo com dispositivos específicos. Apesar de, aparentemente, ser um sistema arcaico, ainda é amplamente utilizado em regiões declivosas do nordeste brasileiro, principalmente em Alagoas e Pernambuco, onde canaviais são cultivados em relevos que chegam a ultrapassar 100% de declividade. (SANTOS; BORÉM, 2013, p.184)

A colheita manual é caracterizada pelo trabalho braçal, da mão-de-obra precária, uma vez que utiliza-se o corte manual com podão ou folha e normalmente é utilizada a prática de queima antes do corte. Nesse sistema, o trabalhador pode chegar a cortar 2,5 toneladas por dia (ROSSETTO, s.d).

Como citado pelos autores (SANTOS; BORÉM, 2013), o estado de Pernambuco, conhecido tradicionalmente pela grande quantidade de engenhos na era colonial e onde



foi fundado o primeiro engenho do Nordeste, possui apenas 48,23% de áreas favoráveis à mecanização, o que dificulta o emprego de máquinas e acentua ainda mais o emprego do sistema manual. No ano de 2015, o estado foi o segundo maior produtor da região nordeste, com 320.942 ha de área plantada (UNICA, 2015), fato que preocupa, pois dispõe ainda mais do sistema manual e da pré-queima.

O sistema semimecanizado se difere do sistema manual no que se refere ao carregamento, enquanto o manual emprega o uso de transporte por tração animal, o semimecanizado utiliza o transporte mecânico, como cita Santos e Borém (2013)

Envolve o subsistema de corte manual e o subsistema de carregamento, nas unidades de transporte, por carregadoras mecânicas. É amplamente utilizado em todas as regiões canavieiras do Brasil, onde o relevo não ultrapassa 20 a 25% de declividade. (SANTOS; BORÉM, 2013, p.185)

Trabalhos relacionados ao sistema de colheita foram realizados por Carvalho (2009), em Grande Dourados (MS). De acordo com o autor, a utilização de máquinas facilita o corte, no entanto, “provoca perdas pelas dificuldades que apresenta o mecanismo de corte em acompanhar, de maneira eficiente, o perfil do terreno”, uma vez que, por consequência de tais fatores, ocorrem-se perdas, como: “presença de impurezas na matéria-prima, desgaste excessivo das lâminas de corte, sobrecarga dos elementos de transmissão, aumento da exigência de potência e danos às soqueiras” (CARVALHO, 2009, p.1). Em contrapartida, os autores Garcia e Silva (2010) apontam vantagens sob o custo-benefício do emprego da colheita mecanizada, mostram um lucro de 31% em relação ao corte manual, além disso, justificam que um dos principais fatores do lucro está na substituição da mão-de-obra pelas máquinas, não havendo gastos com encargos trabalhistas.

Uma das principais vantagens ambientais da colheita mecanizada está na conservação da palhada sobre o solo, preservando assim as qualidades físicas, químicas e biológicas do mesmo. Além disso, “reduz a amplitude térmica do solo, aumenta o teor de água e de matéria orgânica no solo” (SOUZA et al., 2005). Quanto às questões sociais, o sistema mecanizado acarreta uma alta taxa de desemprego da mão-de-obra pouco especializada, em contraposição, devido à modernização tecnológica no campo, exige-se trabalhadores capacitados e qualificados para exercer determinadas funções. No setor econômico, a colheita da cana-de-açúcar crua é viabilizada pelos seus custos de produção e transporte, além disso, a geração de energia com a fibra do bagaço da cana-de-açúcar torna o sistema ainda mais eficiente (TORQUATO et al., 2008).

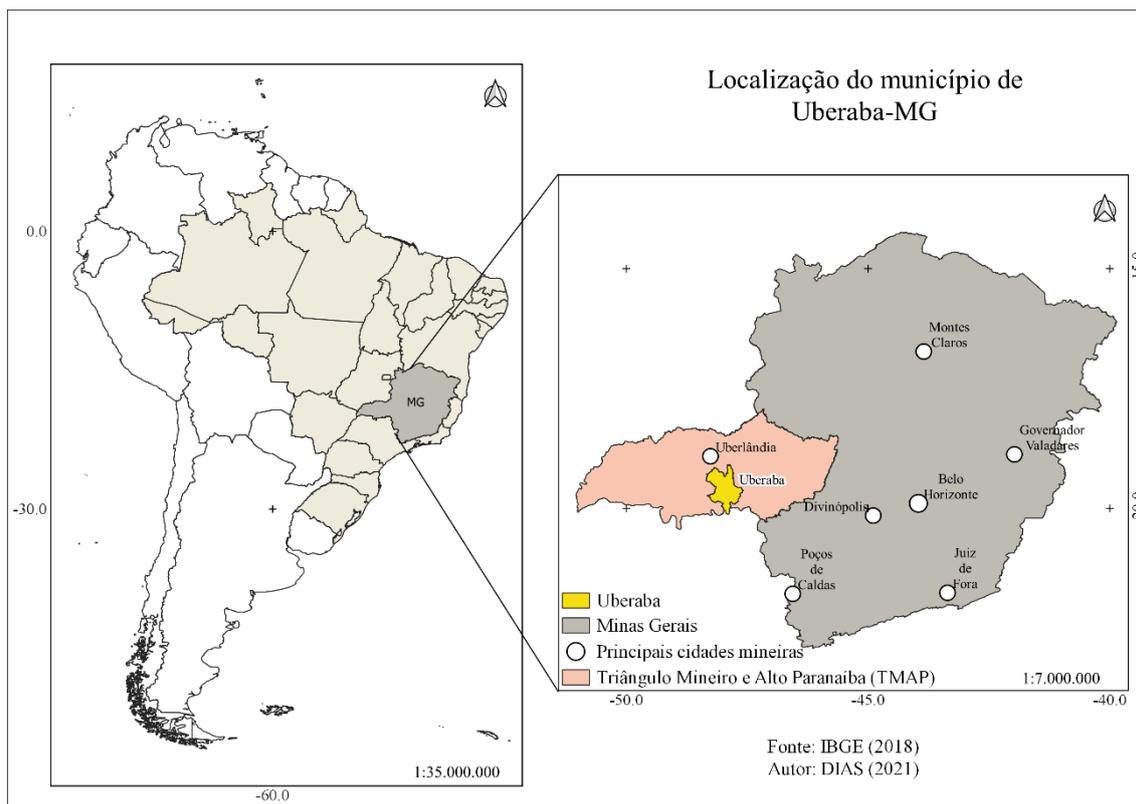


METODOLOGIA

Área de estudo

A área de estudo deste trabalho compreende o município de Uberaba, que faz parte da mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (TMAP), no estado de Minas Gerais. O TMAP, abrange outros 65 municípios distribuídos em 7 microrregiões. Uberaba está localizado entre as coordenadas 19° 30' e 19° 45' de latitude Sul e 47° 38' e 48°00' de longitude Oeste, inserido quase que totalmente na bacia hidrográfica do Ribeirão das Lajes, afluente do rio Uberaba (PREFEITURA DE UBERABA, 2005). Apresenta uma área total de 4.523,957 km² e um contingente populacional estimado de 340.277 habitantes para o ano de 2021 (IBGE, 2020), o PIB do município somou R\$14,7 bilhões, o que corresponde a 2,4% de participação no PIB geral do estado em 2018 (FJP, 2020).

Figura 1- Localização do município de Uberaba-MG.



Para produção da cana-de-açúcar, o município está situado numa região considerada apta ao cultivo, de acordo com o estudo de zoneamento agroclimático da cana-de-açúcar em Minas Gerais (ALMEIDA, et al., 2013) justificando o destaque da região e do município de Uberaba frente as demais regiões do estado. Além disso, está



situada em um ponto estratégico de Minas Gerais, conectando Goiás e São Paulo, sendo o principal eixo de ligação desses estados.

Outro ponto relevante que torna Uberaba um dos principais produtores de cana no estado, é a proximidade da usina com a planta, o que reduz os custos e elimina o frete. Em números, são 22 usinas sucroenergéticas localizadas no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, sendo 2 delas em Uberaba (Usina Uberaba e a Vale do Tijuco).

Materiais e Métodos

Os materiais (arquivos em formato vetorial e raster) empregados nesta análise fazem parte do banco de dados oriundos das pesquisas realizadas pelas autoras. Desse modo, a partir da utilização de imagens de satélites e diferentes técnicas de geoprocessamento permitiu que os resultados adquiridos fossem testados e validados. Para maiores detalhes, é possível consultar as referências DIAS et al., 2018; DIAS e ROSENDO, 2020; DIAS, 2019

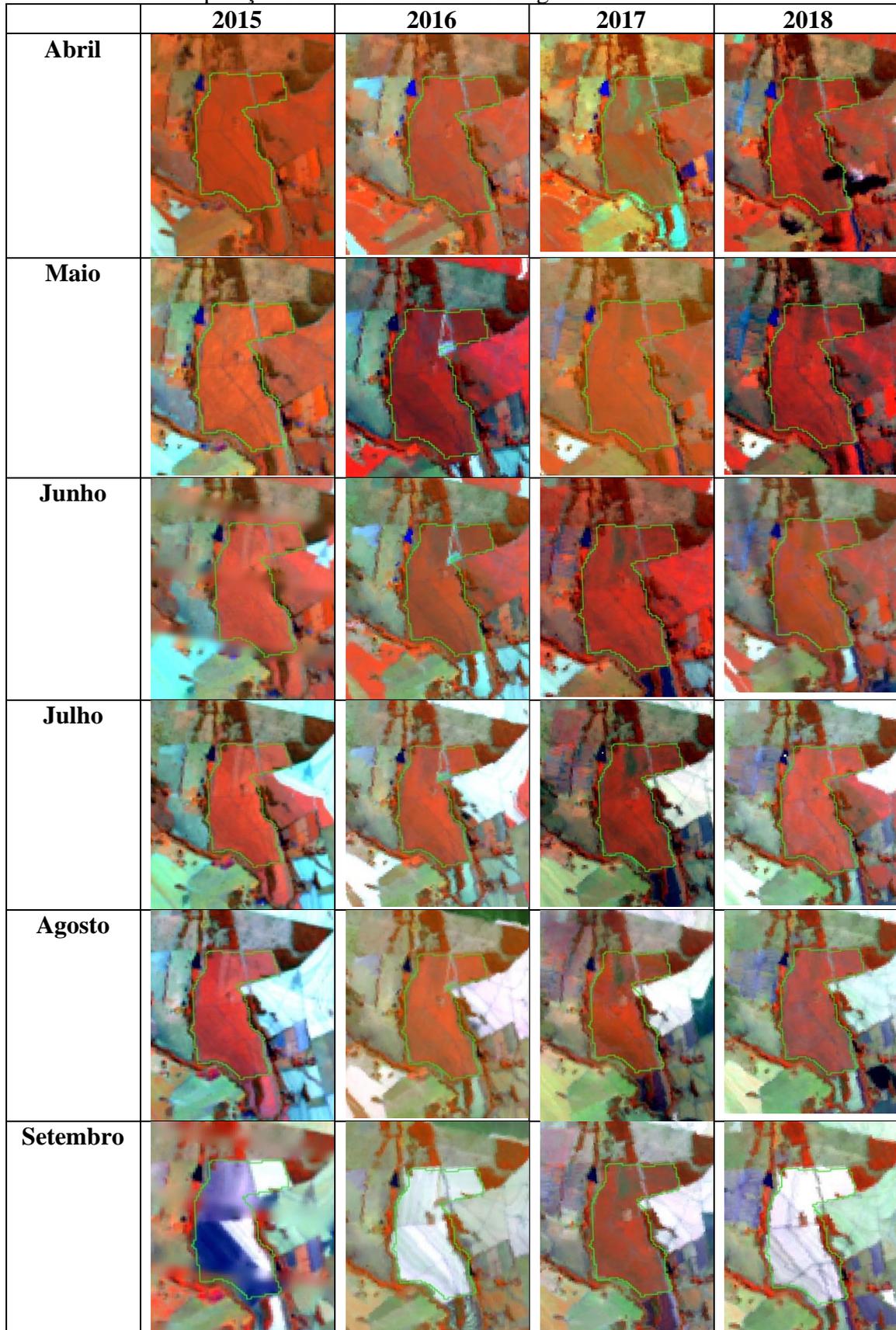
O monitoramento do sistema de colheita da cana-de-açúcar incluiu o processamento de imagens dos satélites Landsat e ResourceSat-2 obtendo dados mensais do período correspondente a colheita no município, esses meses vão de abril a outubro de cada ano, sendo necessárias para tal, a utilização de 4 cenas relativas às órbitas e pontos 221/73, 221/74, 220/73 e 220/74 para cobrir o limite municipal.

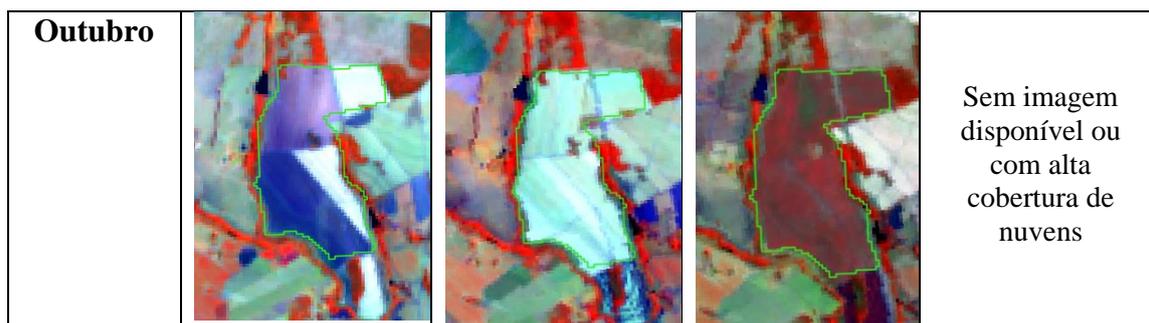
A Figura 2 demonstra a composição colorida empregada (5R6G4B) e o comportamento espectral de um talhão cultivado com cana-de-açúcar no município de Uberaba. Com essa composição colorida, o ciclo de crescimento, a plantação em grande escala, a longa permanência no solo (após a primeira colheita, as soqueiras são colhidas por um período de 5 a 7 anos), são aspectos que facilitam sua identificação nas imagens de sensoriamento remoto.

Entretanto, uma das maiores dificuldades observadas foi a aquisição de dados com baixa, ou nenhuma, cobertura de nuvens do sensor OLI/Landsat-8, o que impossibilitou a obtenção de todas as cenas necessárias, principalmente no ano de 2015, no qual, foi utilizada imagens de outros sensores, como ETM+/Landsat-7 e AWiFS/ResourceSat-2, bandas NIR (Infravermelho próximo), SWIR (Infravermelho de ondas curtas) e Red disponíveis gratuitamente.



Figura 2- Comportamento espectral de um talhão com cana-de-açúcar representado na composição colorida 5R6G4B de imagens OLI/Landsat 8





Fonte: Mapeamento (2015, 2016, 2017, 2018)

Foram empregadas técnicas de classificação tais como: interpretação visual de imagens, processamento utilizando as técnicas de *Random Forest*, *Google Earth Engine* e outros,) foram realizadas em 2015 e 2017, nos demais anos, foi feita a atualização das áreas com base na interpretação visual das imagens de sensoriamento remoto.

O mapa final gerado em cada mapeamento forneceu a área total de cana-de-açúcar ainda disponível para colheita (bisada), área colhidas mecanicamente (cana crua) e as colhidas com o uso do fogo na pré-colheita.

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO

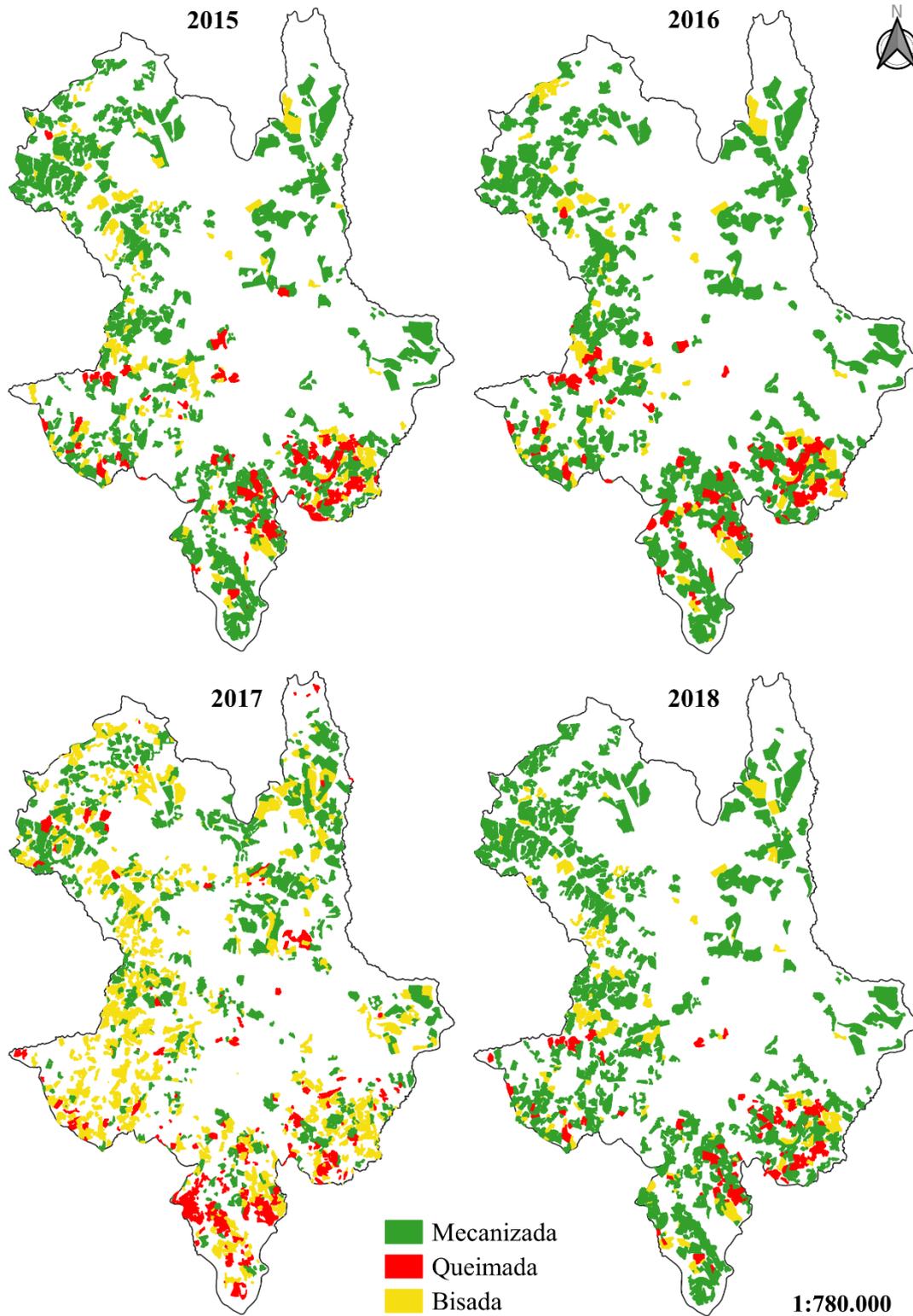
A colheita da cana-de-açúcar ocorre quando ela atinge o final do crescimento e inicia a maturação, nessa fase, alcança o máximo de produtividade e acúmulo de ATR-Açúcares Totais Recuperáveis (CONAB, 2019).

A Figura 3 demonstra as áreas de cana-de-açúcar em Uberaba, bem como os sistemas de colheita empregados nos canaviais, é possível observar que a cana mecanizada representou a maior área ocupada em todo o período analisado, sendo 2018 com o ano com maior percentual (81,3%) e 2017 o ano com o menor (45,0%). A Conab (2018) justifica que em 2017, houve queda de 3,5% na área colhida em relação a safra anterior em razão da menor quantidade de cana disponível.

Chama a atenção o fato de que em 2017, o percentual de cana bisada (não colhida) quase alcançou a safra da mecanizada (Gráfico 1). Observa-se a concentração das áreas queimadas nas regiões que são limítrofes aos municípios do estado de São Paulo.



Figura 3. Sistemas de colheita da cana-de-açúcar e cana-de-açúcar bisada (2015-2017)



Org. as autoras.

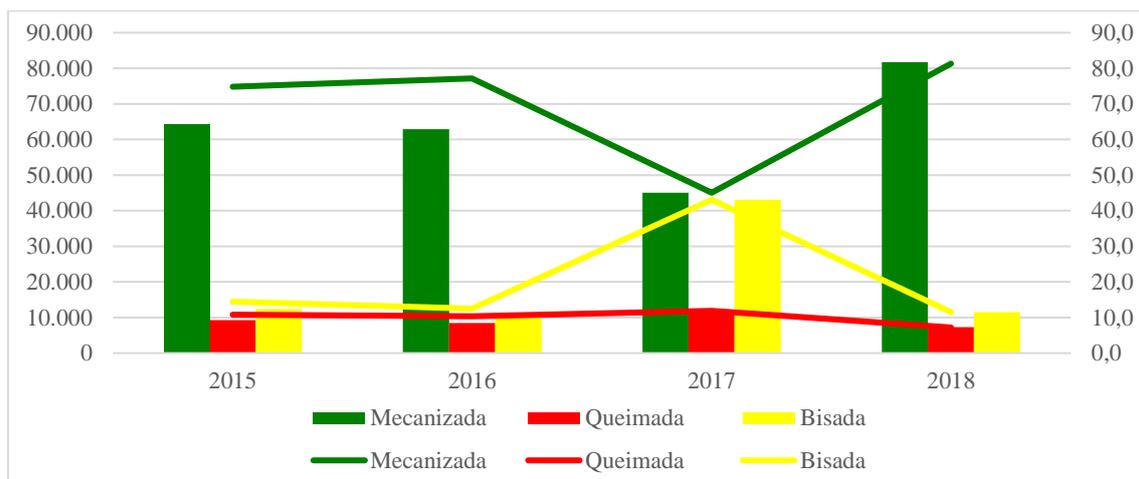


Tabela 1. Área de cana-de-açúcar de acordo com o sistema de colheita.

	2015		2016		2017		2018	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Mecanizada	64.354	74,8	62.935,5	77,1	45.020,1	45,1	81.752,1	81,3
Queimada	9.268	10,8	8.471,3	10,4	11.865,8	11,9	7.268,6	7,2
Bisada	12.427	14,4	10.173,2	12,5	43.042,5	43,1	11.543,0	11,5
TOTAL	86.049	100,0	81.580,0	100,0	99.928,4	100,0	100.563,7	100,0

Org. as autoras

Gráfico 1- Área de cana-de-açúcar e percentual de acordo com o sistema de colheita.



Org. as autoras

No sistema mecanizado, o uso de colhedoras modernas permite a colheita da cana-de-açúcar tanto ereta quanto acamada, sendo capazes de colher até duas linhas simultâneas, além disso, há modelos que possibilitam a colheita em declividade de até 23% (CHERUBIM, 2018), portanto, caminha-se para eliminação total da queima e para o cumprimento de acordos e protocolos mundiais de sustentabilidade. Segundo o Inventário Nacional de Emissões e Remoções de GEE, elaborado pelo MCTI (ARAÚJO et al., 2021), a mudança no sistema de colheita da cana-de-açúcar foi a principal responsável por redução de 72,8% nas emissões de GEE de 2016 para 2010, indicando um grande avanço do setor sucroenergético (BRASIL, 2021).

A queima na pré-colheita mecanizada elimina as folhas e o topo da planta da cana-de-açúcar deixando apenas o talo a ser colhido. No município de Uberaba, verificou-se o percentual entre 7,2 e 12% de cana-de-açúcar colhida com o uso do fogo durante o período analisado, constatando o menor percentual no ano de 2018. Segundo o INPE, no ano de 2020, o município liderou o ranking mineiro com mais focos de incêndios, nem todos esses focos necessariamente ocorrem em canaviais, porém, o fato de ser o maior produtor de cana-de-açúcar do estado, ser uma cultura que tradicionalmente utiliza-se o



fogo, pode estar relacionado. Muitas vezes as queimadas são realizadas de forma ilegal, nas quais contrariam a legislação, podendo acarretar incêndios descontrolados provocando graves problemas ambientais e efeitos na saúde da população circunvizinha.

Quanto a cana-de-açúcar bisada é denominada como a cana que deveria ser colhida em uma safra, mas em razão de tempo ou fatores ambientais como chuvas será colhida apenas na safra seguinte. A consequência disso, é um cana-de-açúcar com brotos laterais isoporizados, com mais açúcar invertidos e com menos potencial de produzir álcool e açúcar. Nos mapeamentos foram observadas quantidades significativas de cana-de-açúcar bisada em 2017, com mais de 43% da área ainda sem colher, explicado pela CONAB (2017), que nessa safra, a não renovação de contratos de fornecedores mais distantes das unidades, mudança de cultivo desses fornecedores, empresas em recuperação judicial, oscilação das cotações do açúcar e períodos climáticos adversos diminuem a área colhida.

A expansão e efetivação de um manejo sustentável da cana-de-açúcar depende da melhoria das tecnologias empregadas na colheita mecanizada, pois ainda existem alguns desafios enfrentados, como: incêndios intencionais e não intencionais, e aproveitamento da biomassa. Os prós e contras do sistema de colheita estão resumidos na Quadro 1 abaixo:

Quadro 1- Sistema de colheita de cana verde *versus* cana queimada.

Sistema de colheita	Prós	Contras
Cana queimada	<ol style="list-style-type: none">(1) Custo reduzido de transporte;(2) Controle de pragas;(3) Aumento do rendimento do corte.	<ol style="list-style-type: none">(1) Deterioração do açúcar;(2) Consequências ambientais da emissão de gases de efeito estufa.(3) Menor flexibilidade da colheita;(4) Maior utilização de agrotóxicos;(5) Agravamento do processo de erosão do solo;(6) Diminuição do equilíbrio ecológico.
Cana verde	<ol style="list-style-type: none">(1) Conservação da água e do solo;(2) Controle de ervas daninhas;(3) Redução de poluentes;(4) Aumento das atividades microbianas e de minhocas;(5) Maior flexibilidade da colheita;(6) Menor custo dos tratamentos culturais.	<ol style="list-style-type: none">(1) Eficiência da colheita afetada;(2) Aumento do custo de colheita;(3) Aumento das impurezas da matéria-prima;(4) Aumento da infestação de pragas;(5) Atraso na rotação da soqueira;(6) Maior risco de fogo.



	(7) Melhoria da qualidade da matéria-prima.	
--	---	--

Fonte: adaptado de Ma et al., (2013); Rosetto (2021); Oliveira (2001)

O índice Kappa foi de 0,85 e Exatidão Global de 0,91 para o ano de 2015, em 2016 foi de 0,85 e 0,95, para 2017, 0,76 e 0,96, e para 2018, 0,83 e 0,94, respectivamente. Isso mostra que a classificação apresentou bons resultados, embora as semelhanças espectrais de alguns alvos podem ter sido confundidas com outras classes de uso e cobertura da terra.

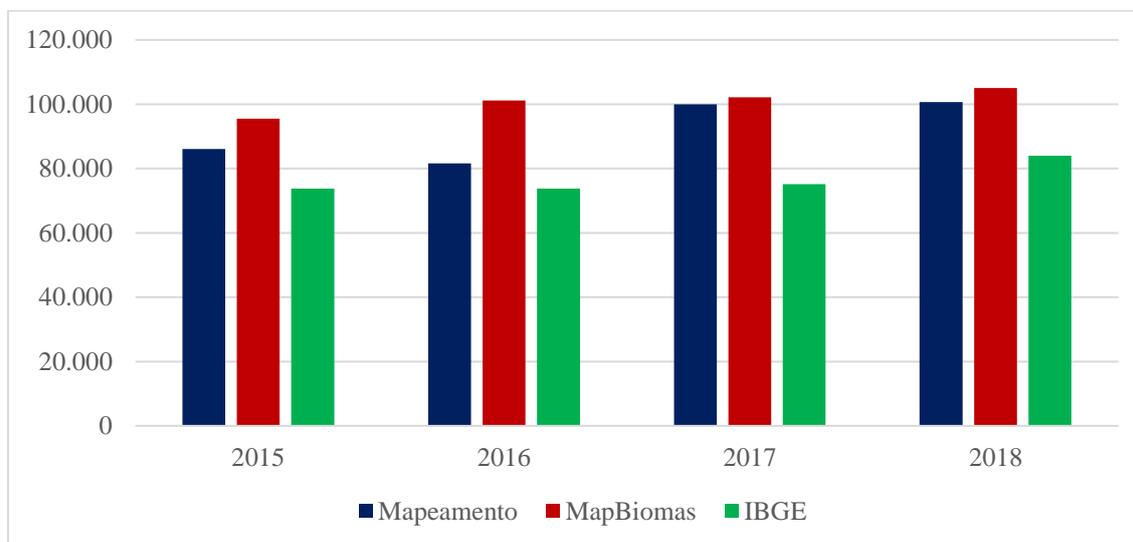
A análise da Tabela 2 e do Gráfico 2 permite comparar os dados obtidos nesse mapeamento com dados oficiais disponibilizados pelo IBGE (2015, 2016, 2017, 2018) e pelo MapBiomias (2015, 2016, 2017, 2018).

Tabela 2- Comparativo entre dados oficiais do MapBiomias, IBGE e o mapeamento realizado nesta pesquisa

	2015	2016	2017	2018
Mapeamento	86.049	81.580	99.928,40	100.637
MapBiomias	95.532	101.179	102.168	105.017
IBGE	73.720	73.720	75.200	84.000

Fonte: Mapeamento realizado nesta pesquisa (2015, 2016, 2017, 2018); MapBiomias(2015, 2016, 2017, 2018) e IBGE (2015, 2016, 2017, 2018).

Gráfico 2. Dados de comparação dos mapeamentos, MapBiomias e IBGE.



Org. as autoras



Verifica-se, em ambas as fontes de dados, que as estimativas estão acima daquelas identificadas no presente mapeamento. Tal fato pode ser explicado por diversos motivos, tais como diferenças na metodologia empregada, não coleta de dados mensais, ausência de imagens sem cobertura de nuvens, confusão espectral dos alvos, não apontamento de erros, dentre outros. Os dados disponibilizados pelo MapBiomas mais se aproximaram dos resultados adquiridos no mapeamento desta pesquisa, e este fato pode ser associado à semelhança na metodologia adotada, que faz uso de imagens de satélite, e à experiência dos intérpretes na identificação das classes mapeadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando se analisam os dados provenientes do mapeamento da área cultivada com a cana-de-açúcar nos anos de 2015, 2016, 2017 e 2018 no município de Uberaba-MG, verifica-se o aumento da área mecanizada de 74,8%, em 2015, para 81,3%, em 2018, ao passo que as queimadas passaram de 10,8%, em 2015, para 7,2%, em 2018, já a cana-de-açúcar que permaneceu no solo para colheita na próxima safra diminuiu de 14,4% em 2015 para 11,5% em 2018. Essa redução pode ser associada aos protocolos ambientais que determinaram a redução do emprego do fogo na pré-colheita estadual, bem como à cobrança do mercado externo por um produto mais limpo.

Apesar da redução do uso do fogo, constatou-se que a prática ainda está presente nos canaviais do município de Uberaba, assim como em outros municípios produtores, mesmo em áreas com declividade inferior a 12%. Desse modo, é imprescindível ressaltar os efeitos negativos e os impactos ambientais ocasionados pelo emprego do fogo, mesmo que em uma escala menor, quando se compara a sua extensão atual com décadas atrás. Os impactos na saúde da população ocasionados pela fuligem, o aumento de acidentes provocados pela fumaça, a degradação do solo, o prejuízo aos sistemas de transmissão elétrica afetados pelas queimadas nas áreas circunvizinhas, a perda da fauna e flora, são apenas alguns dos impactos provocados pela queimada da palha da cana.

Os produtos de sensoriamento remoto e as técnicas de geoprocessamento empregadas foram fundamentais para alcançar os objetivos propostos e suscitam a investigação de novas pesquisas para descobrir se os incêndios (ainda) identificados nos canaviais são intencionais ou provocados.

REFERÊNCIAS



ALMEIDA, T. S.; CALIJURI, M. L.; PINTO, L. B. “Zoneamento agroclimático da cana-de-açúcar para o estado de Minas Gerais com base em regressões múltiplas”. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.3, 352 - 355, 2013.

ARAÚJO, Andréa et al. **Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC)**. BRASIL. 2021. Disponível em: <https://issuu.com/mctic/docs/quarta_comunicacao_nacional_brasil_unfccc>. Acesso em: 09 ago. 2021.

CARVALHO, L. S. **Desempenho operacional de uma colhedora em cana crua na Região da Grande Dourados – MS, 2009**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal da Grande Dourados.

CHERUBIN, M. R. *Soil quality response to land-use change for sugarcane expansion in Brazil*. Piracicaba, 2016. Tese (Doutorado em Nutrição de solos e plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira- **Cana-de-Açúcar**, Safra 2017/18. Primeiro Levantamento. Brasília, v. 4, n.1, 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira- **Cana-de-Açúcar**, Safra 2019/20. Primeiro Levantamento. Brasília, v. 6, n.1, 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira- **Cana-de-Açúcar**, Safra 2021/22. Primeiro Levantamento. Brasília, v. 8, n.1, 2021.

CONAB. **Cana-de-açúcar tem queda de 3,6% e fecha safra 2017/18 em 633,26 milhões de t**. 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/2327-cana-de-acucar-tem-queda-de-3-6-e-fecha-safra-2017-18-em-633-26-milhoes-de-t>. Acesso em: 09 ago. 2021

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. **Deliberação normativa COPAM nº 133, de 15 de abril de 2009**. Regulamenta a prática da queima de cana-de-açúcar para fins de colheita, e dá outras providências.

DIAS, B. A. S. **Mapeamento da cana-de-açúcar em Minas Gerais**. 2019. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2019.

DIAS, B. A. S.; ROSENDO, J. S. Monitoramento do sistema de manejo da cana-de-açúcar nas microrregiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brasil (2015-2017). **Caminhos de Geografia**, [S.L.], v. 21, n. 77, p. 263-282, 1 out. 2020. EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia. <http://dx.doi.org/10.14393/rcg217756900>.

DIAS, B. A. S.; SCHULTZ, B.; SANCHES, I. D.; EBERHARDT, I. D.; ROSENDO, J. S. Identificação do modo de colheita da cana-de-açúcar em imagens multitemporais Landsat-like. RBC. **Revista Brasileira de Cartografia** (ONLINE), v. 70, p. 527 - 554, 2018. <https://doi.org/10.14393/rbcv70n2-45381>

GARCIA F. R.; SILVA S. L. **Avaliação do corte manual e mecanizado da cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes, RJ**. 2010. REVENG, Viçosa, v. 3, p. 234- 240.



IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 13 abr. 2021.

KAVATS, O.; KHRAMOV, D.; SERGIEIEVA, K.; VASYLIEV, V. Monitoring of Sugarcane Harvest in Brazil Based on Optical and SAR Data. *Remote Sens*. 2020, 12, 4080. <https://doi.org/10.3390/rs12244080>

MA, SHAOCHUN; KARKEE, MANOJ; ZHANG, QIN. Sugarcane Harvesting System: a Critical Overview, in: 2013 Kansas City, Missouri, July 21 - July 24, 2013, [s.l.]: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2013.

NOVACANA. **Usina Delta é multada em quase R\$ 100 mil por incêndio na zona rural de Uberaba (MG)**. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/cana/meio-ambiente/usina-delta-multada-quase-r-100-mil-incendio-zona-rural-uberaba-mg-120121>>. Acesso em 13 abr. 2021.

OLIVEIRA, L.; BARROCAS, R. VIII EGAL, 2001, Santiago. *Anais... Vantagens e desvantagens na queimada da cana, no estado De São Paulo, BRASIL*. Santiago: **Egal**, 2001. 6 p. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal8/Geografiasocioeconomica/Geografiaagricola/04.pdf>. Acesso em: 09 set. 2021.

PREFEITURA DE UBERABA. **Projeto Água Viva- Relatório Ambiental**. 2005. Disponível em: <http://www.uberaba.mg.gov.br/portal/acervo/agua_viva/arquivos/avaliacao_ambiental/Relatorio%20Ambiental%202.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2021.

Revista Brasileira de Meteorologia, v. 28, n. 3, 2013.

ROSSETTO, R. Agência de informação EMBRAPA. **Cana-de-açúcar: Corte**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/canadeacucar/arvore/CONTAG01_98_22122006154841.html> Acesso em: 21 de abr. 2021.

ROSSETTO, R. **Cana-de-açúcar**. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_93_22122006154841.html. Acesso em: 2 set. 2021.

SANTOS, F.; BORÉM, A. **Cana-de-açúcar – Do Plantio à Colheita**. 1.ed. Viçosa: UFV. 2013. 257p.

SANTOS, H. **Competitividade regional do setor sucroenergético na mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba agricultura científica globalizada e implicações socioambientais no município de Uberaba – MG**. Dissertação (Mestrado em Geografia). 281f. Campinas: IG/UNICAMP, 2017.

SIAMIG. PERFIL DA PRODUÇÃO- **Cana-de-açúcar**. 2020. Disponível em: <http://www.siamig.com.br/uploads/26acb81e2531eb24c99d163a20ee83c6.pdf>. Acesso em: 09 set. 2021.

SOUZA, Z. M.; PRADO, R. M.; PAIXÃO, A. C. S.; CESARINI, L. G. **Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.40, n.3, p.271-278, 2005.

TORQUATO, S. A.; FRONZAGLIA, T.; MARTINS, R. **Colheita mecanizada e adequação da tecnologia nas regiões produtoras de cana-de-açúcar**. IN: Congresso da



XIV ENCONTRO NACIONAL DE
PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM
GEOGRAFIA

IV CHAMPEGE
CIDADÃO DIGITAL

Associação Brasileira de Pesquisa Tecnológica, 2008, Campina Grande. Os desníveis regionais e a inovação no Brasil: os desafios para a instituição de pesquisa tecnológica. Brasília, DF: ABIPTI, 2008.

UNICA. **União da Indústria de cana-de-açúcar**. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/>>. Acesso em: 8 ago. 2016.

VIDAL, F. Produção e mercado de açúcar. **Caderno Setorial ETENE**. Ano 5, nº 122, 2020. Disponível em:

<https://www.bnb.gov.br/documents/80223/7600112/2020_CDS_122.pdf/3209edd4-1c0c-ec1d-1519-c32349fa26c0>. Acesso em: 13 abr. 2021.