



ANAIS

CUSTOS PARA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR: UMA BREVE REVISÃO

MATHEUS CHOUERI
matheuschoueri@yahoo.com.br
UNESP

SANDRA CRISTINA DE OLIVEIRA
sandra.oliveira@unesp.br
FCE/UNESP

CAMILA CREMASCO
camila.cremasco@unesp.br
UNESP - FACULDADE DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA - CAMPUS EXPERIMENTAL DE TUPÃ

LUÍS ROBERTO ALMEIDA FILHO
gabriel.filho@unesp.br
UNESP - FACULDADE DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA - CAMPUS EXPERIMENTAL DE TUPÃ

RESUMO: A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma das principais culturas agrícolas do agronegócio brasileiro. No Brasil, uma das estratégias para utilizar/aumentar o uso de recursos energéticos fósseis foi por meio da introdução dos carros flex em 2003 impulsionando assim, o aumento da demanda pelo etanol hidratado. Em paralelo, o crescimento da produção de energia elétrica a partir da cogeração da cana também favoreceu a expansão da procura por derivados da cana-de-açúcar. Uma revisão de literatura realizada foi do tipo integrativa. Os critérios de seleção contemplaram artigos científicos publicados no período de 2011 a 2020, que foram revisados por pares, escritos em inglês, português ou espanhol, com acesso livre e gratuito que estudaram os custos de produção da cana-de-açúcar nas etapas desde o plantio até a colheita realizados no Brasil. Estes trabalhos mostraram a importância da execução de pesquisas voltadas a examinar os custos de produção da cana-de-açúcar não apenas no sentido de apontamentos de possíveis cortes, mas sim como critérios para estabelecer novas oportunidade de ganhos com o aperfeiçoamento dos processos produtivos. Foi possível encontrar abordagens clássicas e sofisticadas de análises de custos de produção.

PALAVRAS CHAVE: Etapas de plantio; sugarcane; usina

ABSTRACT: A sugar cane (*Saccharum spp.*) Is one of the main agricultural crops in Brazilian agribusiness. In Brazil, one of the strategies to use / increase the use of fossil energy resources was through the introduction of flex cars in 2003, thus boosting the increase in demand for hydrated ethanol. At the same time, the growth in electricity production from sugarcane cogeneration also favored the expansion of demand for sugarcane derivatives. A review of the literature carried out was of the integrative type. The selection criteria included articles published in the period from 2011 to 2020, which were peer-reviewed, written in English, Portuguese or Spanish, with free and open access that studied the costs of producing sugarcane in the stages since planting until the harvest in Brazil. These studies determine the importance of carrying out research aimed at examining sugarcane production costs, not only in the sense of pointing out possible cuts, but also as criteria to establish new opportunities for gains with the improvement of production processes. It was possible to find classical and sophisticated approaches to production cost analysis.

KEY WORDS: Planting stages; sugar cane; power plant

ANAIS

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma das principais culturas agrícolas do agronegócio brasileiro. O fato mencionado se confirma pela consolidação do país como o maior produtor, sendo responsável por mais da metade da produção mundial de todo o açúcar comercializado, além de ser o maior exportador de etanol proveniente da cana-de-açúcar (MORAES, et al. 2016)

Aos dados consolidados supracitados da cana-de-açúcar deve-se principalmente pela expansão da cana-de-açúcar no Brasil (10 milhões de hectares conforme relatório de área plantada em 2018 do observatório da cana disponibilizado pela UNICA) está relacionada às preocupações com o aquecimento global e a possível escassez dos recursos energéticos fósseis, elevando a demanda por energias renováveis.

No Brasil, uma das estratégias para utilizar/aumentar o uso de recursos energéticos fósseis foi por meio da introdução dos carros *flex* em 2003 impulsionando assim, o aumento da demanda pelo etanol hidratado. Em paralelo, o crescimento da produção de energia elétrica a partir da cogeração da cana também favoreceu a expansão da procura por derivados da cana-de-açúcar.

De acordo com o Observatório da cana (UNICA) em 2020 a geração de bioeletricidade em geral para a rede, por estado, ano foi de 26.288.857 MWh.

2. REVISÃO TEÓRICA

A cana é uma cultura anual cultivada comercialmente em sistema monocultor com um ciclo completo de cultura de seis anos, durante os quais são realizadas cinco colheitas, quatro tratamentos de soca e uma renovação de campo portanto, as decisões relativas aos sistemas de investimento e produção são altamente relevantes (SILVA-OLAYA et al., 2017; AMORIM et al., 2021).

Nesse contexto, a etapa da produção relacionada a colheita é considerada uma das mais relevantes do processo produtivo da cana-de-açúcar, devido aos fatos mencionados anteriormente e aos custos de produção (MARTINS et al., 2021)

Após cada corte, o canavial vai se exaurindo com redução gradativa da produtividade e das respostas aos tratamentos culturais da soqueira, sendo necessária a reforma do canavial para que haja a manutenção do fluxo contínuo de matéria-prima à indústria sucroenergética e a continuidade do ciclo de produção do açúcar e álcool (GOMES e BAJAY, 2017). Os valores de custo máximo e mínimo foram calculados por Amorim et al. (2020).

Embora haja grande agregação de valor na etapa industrial, aproximadamente 68% dos custos de produção da tonelada de cana, se concentram nas etapas agrícola e, diferenças no preparo do solo e estratégias de plantio entre os produtores e suas condições comerciais para aquisição de insumos geram considerável volatilidade nos custos dos sistemas, influenciando na viabilidade econômica. (JUNQUEIRA e MORABITO, 2017; AMORIM et al., 2021)

Com base nos fatos expostos, a produção da cana exerce função importante na cadeia produtiva energética e necessita de constantes esforços para que o seu desenvolvimento ocorra de forma adequada e sem que prejudique o fornecimento de matéria prima para a indústria.

ANAIS

Neste sentido, observando a dinâmica do setor, faz-se necessário novos estudos sobre o gerenciamento do setor de produção da cana-de-açúcar, em especial ao preparo do solo e plantio para que complementem e deem suporte para a tomada de decisão nesse setor. Desta forma, com base na problematização evidenciada supracitada pelo setor sucroenergético em especial considerando que a gestão de custos de produção da cana é uma das etapas primordiais para que o setor continue nessa crescente, este trabalho tem como objetivo analisar artigos publicados no período de 2011 a 2020 que estudaram os custos de produção nas etapas do plantio até a colheita da cana-de-açúcar.

O artigo está estruturado da seguinte forma: inicialmente, são feitas considerações gerais sobre o setor sucroalcooleiro. Em seguida, detalha-se a metodologia utilizada, demonstrando que o levantamento da literatura foi efetuado via Portal de Periódicos CAPES e Base de dados SCOPUS para um período pesquisado compreendido entre 2011 e 2020. E, finalizando, são apresentados os resultados e as conclusões.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A revisão de literatura realizada foi do tipo integrativa que é dada por uma revisão rigorosa acerca das pesquisas que abordam metodologias diversas e integram os resultados (SOUZA; SILVA; CARVALHO, 2010).

Rabelo e Pinto (2019) consideram a Revisão Bibliográfica Integrativa (RBI) como uma inovação da revisão bibliográfica e possível de ser utilizada em estudos interdisciplinares possibilitando a construção de um esquema de conhecimento que venha a auxiliar na tomada de decisão e também a contribuir para o desenvolvimento de novos estudos baseando-se nas temáticas presentes nas publicações científicas.

A RBI é uma abordagem metodológica ampla, que permite a inclusão de estudos experimentais e não-experimentais para uma compreensão completa do fenômeno analisado provenientes das pesquisas utilizadas no método. Pode ser realizada em outras áreas do saber e não somente na área da saúde e educação sendo utilizada quando se quer realizar uma síntese e análise do conhecimento científico já produzido sobre o tema investigado (ROCHA; PINTO; DAVID, 2020).

A questão norteadora deste trabalho é apurar de que modo os custos da cana foram investigados nos artigos científicos que permeiam o setor canavieiro. A pesquisa foi realizada para encontrar os trabalhos publicados sobre custos de produção da cana-de-açúcar desde a etapa de plantio à colheita.

Para reunir os diversos trabalhos que estudaram os custos da produção da cana nas etapas de plantio a colheita, foi executada uma consulta prévia às bases de dados acessíveis via Portal de Periódicos CAPES para verificar a existência de tal material e também determinar as palavras adequadas para formar os termos de busca. Os termos utilizados para verificação na etapa prévia foram: “custo” e “cana de açúcar” inseridos nos campos de pesquisa para qualquer que fosse o campo de registro (*Qualquer “custo” AND qualquer “cana de açúcar”*), utilizando o operador booleano “AND” que retornou um total de 209 artigos revisados por pares.

Para a realização de uma busca robusta de material bibliográfico, foram efetuadas duas novas buscas sendo; a primeira com a inserção dos termos “custo” e “cana-de-açúcar” com o operador booleano “OR” conectando os campos “Qualquer contém” em ambos os termos.

ANAIS

(Qualquer contém “custo” OR qualquer contém “cana-de-açúcar”) que retornou um total de 1.329 artigos via busca Portal de periódicos CAPES. A segunda busca foi realizada diretamente na base de dados *Scopus* por meio dos campos de pesquisa “Title, Abstract Keywords” inserindo os termos de busca “costs” e “sugarcane” conectados pelo operador “AND” (Title, Abstract Keywords “costs” AND Title, Abstract Keywords “sugarcane”), esta busca obteve o retorno de 1.850 artigos.

Os critérios de seleção contemplaram artigos científicos publicados no período de 2011 a 2020, que foram revisados por pares, escritos em inglês, português ou espanhol, com acesso livre e gratuito que estudaram os custos de produção da cana desde o plantio até a colheita realizados no Brasil. A seleção contemplou 25 artigos retornados na primeira busca (Periódicos CAPES) e outros 31 oriundos da segunda busca (base *Scopus*).

É importante mencionar que foram excluídos artigos que não contemplavam todas as etapas do plantio à colheita. Também foram retornados pelas buscas um grande volume de artigos agrônômicos que estudavam a viabilidade técnica da produção de cana. Este material agrônômico além de possuir teor específico, inviabilizaria a produção deste trabalho devido a grande quantidade de artigos encontrados.

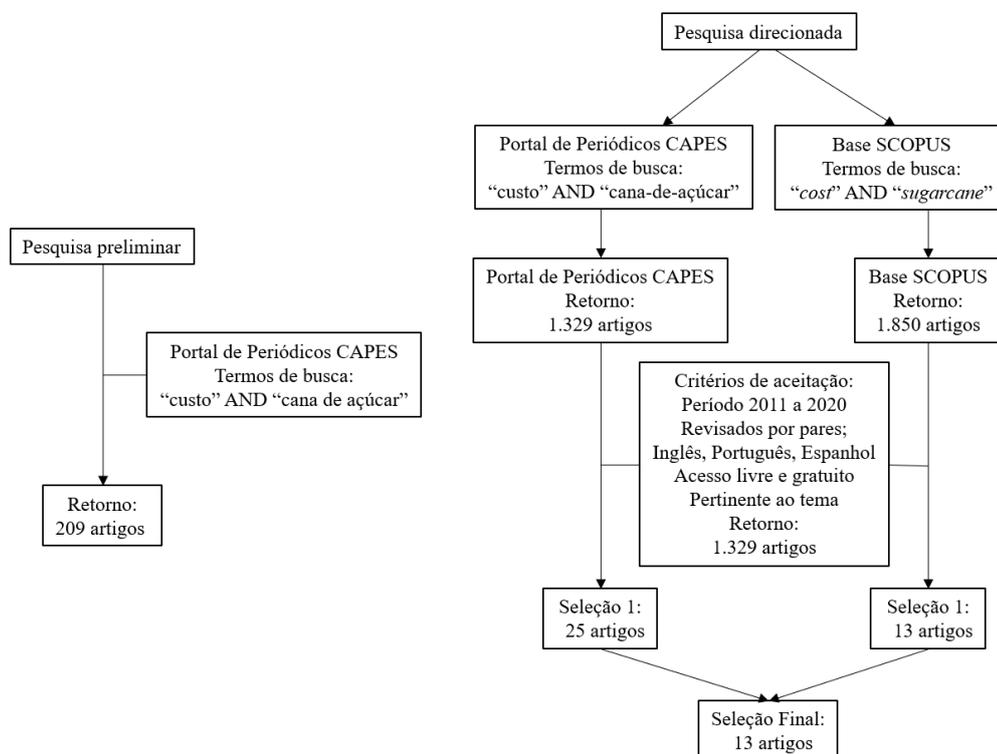


Figura 1. Fluxogramas das etapas da pesquisa de material bibliográfico.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O acervo estudado neste trabalho contém 13 artigos que foram filtrados primeiramente pelos critérios acima descritos e após a leitura específica dos resumos e dos textos, foram organizados cronologicamente e discutidos na próxima seção.

ANAIS

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 1 apresenta os dados de identificação dos artigos recuperados para este trabalho.

Tabela 1 - Lista dos artigos selecionados.

	TÍTULO	AUTORES	PERIÓDICO	ANO
1	Custos operacionais do plantio mecanizado e semimecanizado de cana-de-açúcar	Zacharias, R.; Santos, F. L.; Jesus, V. A. M.	Engenharia na agricultura	2011
2	Análise comparativa dos custos de cana-de-açúcar: produção independente x usina de açúcar e álcool	Moreira, M. G.; Bonizio, R. C.	Custos e Agronegócio	2012
3	Análise de custos e eficiência de fazendas produtoras de cana-de-açúcar por meio da análise envoltória de dados	Oliveira, T. B. A.; Bornia, A. C.; Silveira, S. F. R.; Drumond, A. M.; Oliveira, M. W.	Custos e Agronegócio	2014
4	<i>Economic analysis for sizing of sugarcane (Saccharum spp.) Mechanized harvesting</i>	Santos, N. B.; Silva, R. P.; Gadanha Junior, C. D.	Revista Engenharia Agrícola	2014
5	Custo de produção de cana-de-açúcar no Estado do Mato Grosso do Sul	Pereira, G. G. S.; Albrecht, A. J. P.; Fausto, D. A.; Migliavacca, R. A.	Revista iPecege	2015
6	Viabilidade econômica e financeira na produção de cana-de-açúcar em pequenas propriedades rurais	Santos, D. F. L.; Mandes, C. C.; Farinelli, J. B. M.; Farinelli, R.	Custos e Agronegócio	2016
7	Rentabilidade da produção da cana-de-açúcar em sistema de arrendamento e fornecimento em Chavantes/SP	Galindo, A. M.; Carvalho, M. E. A.	Revista iPecege	2016
8	Abordagens de otimização para a programação e sequenciamento das frentes de colheita de cana-de-açúcar	Junqueira, R. A. R.; Morabito, R.	Gestão & Produção	2017
9	Variáveis de custos de produção da cana-de-açúcar e suas diferenças entre as regiões produtoras	Pereira, N. A.	Revista em Agronegócio e Meio Ambiente	2017
10	<i>Economic feasibility of harvesting in the sector sugar-energy: a case study</i>	Mannarelli Filho, T.; Donadon, F. A. B.; Santos, D. F. L.	Científica	2018
11	<i>Operating cost of sugarcane harvester in function of agricultural productivity and harvester age</i>	Banchi, A. D.; Garcia, A. P.; Grespan, A.; Albiero, G.; Favarin, L. G. A.; Galvão, C. B.	Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental	2019
12	Análise estratégica da evolução dos custos de produção da cultura da cana-de-açúcar em Goiás	Rossi, R. M.; Fernandes, F. B.	Custos e Agronegócio	2020
13	<i>Economic Efficiency of Mechanized Harvesting of Sugarcane at Different Operating Speeds</i>	Martins, M. B.; Marques Filho, A. C.; Drudi, F. S.; Bortolheiro, F. P. A. P.; Vendruscolo, E. P.; Esperancini, M. S. T.	<i>Sugar Tech</i>	2020

Fonte: elaborado pelos autores.

ANAIS

Após a leitura dos resumos e textos referentes aos artigos recuperados, foi possível elaborar a síntese de cada trabalho apresentando os autores responsáveis juntamente com suas abordagens, objetivos e resultados.

Zacharias, Santos e Jesus (2011) realizaram levantamento das operações de plantio, considerando todos os aspectos referentes à sulcação da área (abertura mecanizada do solo para inserção do colmo de brota), distribuição de mudas, cobertura dos rebolos, repasse dos rebolos e aplicação de herbicida ao final do plantio, com o intuito de comparar os custos operacionais dos sistemas de plantio mecanizado e semimecanizado em experimento realizado durante a safra de 2008/2009. Para o plantio mecanizado os custos operacionais (CO) somam um total de R\$ 544,01 h⁻¹. Já para o plantio semimecanizado o CO obtido foi de R\$ 839,90 por hora (se acrescido com valor da mão de obra dos apontadores pode chegar a R\$ 1.385,58 por hora). O rendimento operacional do plantio mecanizado foi de 0,66 ha h⁻¹, enquanto o rendimento do plantio semimecanizado foi de 1,31 ha h⁻¹. Em relação aos custos e rendimento operacionais, a adição de um segundo conjunto ao sistema de plantio mecanizado implicaria aumento no rendimento operacional para 1,32 ha h⁻¹, ainda com economia, quando comparado com sistema semimecanizado.

Amorim et al. (2021) conseguiram mensurar os custos totais de estabelecimento da lavoura para fornecedores de cana nos seguintes valores: US\$ 2.874 (até 399 hectares de área plantada), US\$ 2.904 (até 799 hectares de área plantada) e; US\$ 2.762 para fornecedores acima de 799 hectares de área plantada. O resultado apontado por Amorim et al. (2021) é que os fornecedores de médio porte (estratificado) obtiveram custos em torno de 3,9% e 4,9% mais baixos, respectivamente, do que os de pequena e média escala.

Para as usinas os valores foram US\$ 2.844 (até 19.999 hectares de área plantada), US\$ 2.954 (até 39.999 hectares de área plantada) e US\$ 3.561 (até 800 hectares de área plantada). Ainda conforme os autores, as usinas menores obtiveram resultados mais baixos que a maior por melhores práticas na aplicação e reaproveitamento dos resíduos (vinhaça e torta) uma diferença que chega a 23% e 18% respectivamente para a menor e médio porte.

Moreira e Bonizio (2012) utilizaram dados de uma amostra estratificada fornecida por instituições do setor sucroenergético, tais como UNICA, ORPLANA de fornecedores entre as safras 2007/2008 à 2008/2009 para comparar os resultados referentes aos custos de produção da matéria prima entre pequenos e grandes produtores (usinas de açúcar e álcool), mapeando os principais custos de produção da cana, do plantio até a colheita.

Os autores comparam que o COE do grande produtor varia entre R\$ 2.471/ha e R\$ 2.875/ha, para as três regiões consideradas (Tradicionais, Expansão e Nordeste), o COE do pequeno produtor seja três vezes superior (R\$ 6.333/ha) os autores atribuem esse resultado ao ganho de escala. Para o COT do pequeno produtor (R\$ 7.575/ha) encontra-se acima do que para todas as regiões analisadas, sendo um saldo final para a região Tradicional, Expansão e Nordeste de R\$ 2.953/ha, R\$ 3.075/ha e R\$ 3.169/ha. E o custo total soma-se ao COT a terra e do capital. Portanto, para ao pequeno produtor foi considerada a taxa Selic do ano de 2008 como custo de oportunidade do capital para o custo de oportunidade da terra foi considerado o preço de arrendamento do hectare de terra na região de Ribeirão Preto-SP. O resultado encontrado foi R\$ 10925/ha para o pequeno produtor, para a região Tradicional R\$ 3.368/ha, para Expansão R\$ 3.479/ha e para o Nordeste R\$ 3.455/ha. A produtividade obtida pelo grande produtor foi

ANAIS

de 82.103 kg/hectare, e a produtividade do produtor independente ficou em torno de R\$ 83.150 kg/ha.

A quantidade de ATR para o mercado sucroalcooleiro foi de 142,77; 144,93 e 137,5 para as regiões Centro-Sul Tradicional, Centro-sul Expansão e Nordeste, respectivamente para ATR Médio. O ATR padrão os valores encontrados para as mesmas regiões foram 121,97; 121,97 e 116,55 respectivamente. Neste parâmetro o produtor pequeno obteve êxito com 150 Kg de ATR por tonelada de cana produzida frente aos grandes produtores de todo o país (MOREIRA e BONIZIO, 2012)

Oliveira et al (2014) utilizaram formulários preenchidos por produtores (20) localizados no noroeste de Minas Gerais, que continham informações sobre dados de análise de solo; calcário; adubo químico; adubo orgânico; muda de cana; inseticida; herbicida; mecanização; recursos humanos na implantação e condução do canavial e do corte, carregamento e transporte da cana (CCT) à destilaria; depreciação de equipamentos e benfeitorias; bem como os custos de oportunidade relativos à remuneração dos equipamentos, benfeitorias e do terreno. Esses dados foram complementados com outros fornecidos pelo Sebrae/MG sobre as safras de cana-de-açúcar realizadas entre 2006 e 2011. Os custos com aluguel da terra foi o mesmo para todos as propriedades: R\$ 455,40/ha. Os custos mais relevantes foram os de recursos humanos na implantação e condução do canavial, incluindo corte, carregamento e transporte dos colmos industrializáveis por tonelada de cana, oscilou de R\$ 1.135,27/ha a R\$ 1.679,30/ha. O COE variou de R\$ 1.949,06/ha a R\$ 2.670,79/ha (custo médio operacional de R\$ 2.354,20/ha). O lucro médio totalizou R\$ 732,15/ha.

Os autores avaliaram a eficiência produtiva de propriedades canaveiras com uso da Análise Envoltória de Dados (DEA) e utilizando os custos de produção da cana. Chegaram ao resultado do score de eficiência e *ranking* de 20 fazendas canaveiras em que 5 delas ocupam o primeiro lugar em eficiência com score 1 e 15 outras fazendas estão com score abaixo de 0,978 podendo chegar até 0,860 para a última da tabela. A aplicação da modelagem DEA apontou a existência de fazendas consideradas eficientes na relação insumo-produto que podem ser estudadas com maior profundidade a fim de espelhar sua forma de produção e ser utilizada para o desenvolvimento das demais fazendas produtoras.

Santos, Silva e Gadanha Junior (2014) realizaram testes utilizando diferentes espaçamentos de plantio e máquinas de dimensões distintas para examinar, de forma sistêmica, a influência das variáveis operacionais e do desempenho econômico do processo de colheita mecanizada para o dimensionamento das máquinas. Concluíram, que no processo de colheita mecanizada, a colhedora causa mais impacto nos custos. A mudança no espaçamento da colheita, reduz o número de máquinas e a distância percorrida na colheita e, que o aumento na velocidade de operação envolve desempenho operacional positivo, mas aumenta a perda de matéria-prima e o custo de produção.

Pereira et al. (2015) analisou a viabilidade de produção de cana em áreas mais distantes da planta industrial de usina para novas áreas aferindo o custo de produção e viabilidade econômica da implantação da cultura em uma propriedade rural localizada no município de Caarapó, Mato Grosso do Sul durante a safra 2012/2013. No cenário apresentado no trabalho, a produção de cana-de-açúcar em sistema de fornecimento é favorável, pois o custo de produção apurado foi favorável e os valores apresentados de valor presente líquido (VPL) e Taxa interna

ANAIS

de retorno (TIR) na análise deste investimento foram positivos. Ao simularem as pequenas variações nos índices de produtividade do canavial, teor de ATR e preço de ATR, poderiam levar a inviabilidade do projeto ou melhora significativa nos lucros. Nas análises realizadas observou-se que a produtividade, o teor de ATR e o preço do ATR são os fatores mais impactantes na rentabilidade do sistema. Estes resultados são relevantes, pois no sistema já implantado os custos fixos não deverão sofrer grandes variações e, com aumento da área de plantio, estes custos serão diluídos ao longo do tempo.

Galindo e Carvalho (2016) realizaram estudos de cenários para avaliação da viabilidade de produção e fornecimento de matéria-prima em sistemas de arrendamento para comparar a rentabilidade da produção por meio dos sistemas de arrendamento e fornecimento próprio, visando auxiliar o proprietário da terra na tomada de decisão quanto a alternativa mais viável diante da atual situação de mercado. Para tanto, utilizou dados obtidos de uma associação de plantadores e fornecedores localizada em Chavantes, região centro-oeste do estado de São Paulo, com base em seus associados e nas usinas da região durante a safra 2014/2015. Os resultados apontaram que a produção se torna inviável em todos os sistemas de produção, arrendamento ou fornecimento de cana “na esteira” e “spot” quando considerados os valores médios praticados na região de Chavantes/SP, em 100 ha de áreas cultivadas selecionadas. No entanto, cada caso deve ser analisado individualmente por suas particularidades, visto que a viabilidade ou não dos projetos depende da negociação realizada e das condições peculiares de cada canavial.

Santos et al. (2016) indagaram quais os limites de produção, em pequenas propriedades rurais sob a perspectiva econômico financeira? Por meio de estudos sobre a viabilidade econômica e financeira na produção de cana em pequenas propriedades rurais (15 ha) na região de Jaboticabal-SP, utilizando o modelo de análise Custo-Volume-Lucro (CVL) com Fluxo de Caixa Descontado (FCD). Os resultados reportam que há margem de contribuição positiva no cultivo, porém a viabilidade operacional, financeira e econômica só é alcançada com 16 ha, 21 ha e 70 ha respectivamente. O que não foi adequado ao estudo de caso em detrimento da variabilidade dos cenários de simulação.

Junqueira e Morabito (2017) estudaram a otimização para a programação e sequenciamento das frentes de colheita de cana em planejamento multi períodos baseados em programação inteira mista, para apoiar as decisões de plantio, reforma de canaviais e colheita. Por meio de simulação computacional alimentada por dados reais foi possível verificar a relevância econômica para redução de excesso de recursos e buscar janelas de tempo que permitam operar com uma quantidade mínima de recursos. O modelo minimizou o deslocamento das frentes de colheita ao longo da safra, para garantir o cumprimento da necessidade de suprimento, equalizando as capacidades de colheita e transporte, coordenando as janelas de tempo, bem como as premissas de setorização das frentes, quando necessárias. Quando existe falta de suprimento as usinas precisam bancar os custos de ociosidade que neste caso poderia ter alcançado até R\$ 514.944 por perda de moagem/hora.

Pereira (2017) realizou uma comparação de custos (gerais) em diferentes regiões para identificar as diferenças dos custos de produção da cana-de-açúcar das regiões Nordeste, Centro-Sul tradicional e Centro-Sul expansão, no que diz respeito às safras 2007/2008 a 2011/2012 no Brasil. Para tanto, foram utilizados relatórios de dados das safras coletados e

ANAIS

estudados pelo CEPEA. Nordeste, o maior custo médio (R\$ 823,52/ha) é referente à mão de obra e, em seguida, a mecanização (R\$ 745,3/ha). Os custos com insumos e mão de obra foram os fatores que mais contribuíram depois da mecanização, no custo de produção da cana na região Centro-Sul tradicional e expansão. Os insumos variaram entre as médias de R\$530,52/ha e R\$571,99/ha. O preço médio da região Centro-Sul expansão (R\$ 239,27/ha) não apresenta tanta diferença daquele da Centro-Sul tradicional (R\$ 282,21/ha) pelo aumento do arrendamento de terras nos Estados da região Centro-Oeste e de Minas Gerais resultante da instalação de usinas naquelas áreas. Os custos com as despesas administrativas têm comportamento mais homogêneo entre as três regiões, pois apresentam valores de desvio-padrão menores, sendo R\$ 50,11/ha para a região Centro-Sul expansão, R\$ 60,02/ha, para a região Nordeste, e R\$ 92,78/ha, para a região Centro-Sul tradicional, apontando menor dispersão. Os resultados mostram que o maior custo médio da atividade se refere à mecanização nas regiões Centro-Sul tradicional e Centro-Sul expansão, enquanto na região Nordeste se relaciona à mão de obra. Das variáveis analisadas apenas mecanização, arrendamento da terra e mão de obra apresentaram diferenças estatisticamente significativas.

Mannarelli Filho, Donadon e Santos (2018) analisaram a decisão de compra ou locação de máquinas para colheita de cana-de-açúcar para usina no estado de São Paulo. A viabilidade econômica da estratégia de terceirização de colhedoras diante da decisão de aquisição destes equipamentos, pois esta é uma decisão empresarial estratégica que envolve a atividade agrícola da cultura da cana mais intensiva em máquinas. Constataram que a estratégia de terceirização das colhedoras mostrou ser a decisão que proporciona maior valor à empresa, pois além de não impactar a necessidade de investimentos, permitiu a dedutibilidade fiscal das despesas com o serviço terceirizado. O VPL incremental da decisão de terceirizar foi de R\$ 396000/máquina, e a TIR incremental foi negativa, sinalizando que, para qualquer taxa de desconto, a decisão de terceirizar é economicamente superior à aquisição das colhedoras.

Banchi et al. (2019) realizaram estudo da variação do custo de colheita da cana de açúcar em relação ao tempo de vida útil da colhedora. Utilizaram dados coletados a partir de um sistema informatizado de gestão e manutenção de frotas utilizado por unidades produtivas da região Centro-Sul do Brasil. Conseguiram desenvolver um modelo matemático que representasse o custo operacional da colhedora em função de sua vida útil e da produtividade agrícola, parâmetros esses associados à capacidade operacional da colhedora. Verificou-se que o custo operacional é inversamente proporcional e não linear à produtividade e também diretamente proporcional e não linear à idade da colhedora quando o equipamento é novo, tem um potencial de uso de 3.200 h ano^{-1} , e, este potencial diminui para 2.120 h ano^{-1} após seis anos de uso conforme mostra a tabela 2 retirada de Banchi et al (2019).

ANAIS

Tabela 2 – Matriz custo de operação de colheita (CO) de acordo com cada combinação diferente de produtividade e vida útil.

Operating life (h)		Operating cost (R\$ Mg ⁻¹)									
		Agricultural productivity (Mg ha ⁻¹)									
Range	Average	50	60	70	80	90	100	110	120	130	Average
0 - 3,200	1,600	10.75	9.50	8.77	8.29	7.96	7.71	7.51	7.36	7.23	8.34
3,201 - 6,182	4,691.5	13.82	12.01	10.99	10.32	9.86	9.52	9.26	9.05	8.88	10.41
6,183 - 8,907	7,545	16.57	14.24	12.94	12.11	11.53	11.11	10.79	10.53	10.33	12.24
8,908 - 11,414	10,161	19.17	16.32	14.76	13.76	13.08	12.58	12.20	11.90	11.66	13.94
11,415 - 13,720	12,567.5	21.67	18.30	16.47	15.32	14.54	13.96	13.52	13.18	12.90	15.54
13,721 - 15,841	14,781	24.07	20.19	18.10	16.80	15.91	15.26	14.77	14.39	14.07	17.06
15,842 - 17,900	16,871	26.43	22.03	19.68	18.23	17.24	16.52	15.98	15.55	15.20	18.54
Average		18.93	16.08	14.53	13.55	12.87	12.38	12.00	11.71	11.47	14.93
S.D.		5.19	4.15	3.61	3.29	3.07	2.92	2.80	2.71	2.64	3.85
C.V.		27.40	25.80	24.90	24.30	23.90	23.60	23.30	23.20	23.00	25.80

Fonte: Retirado de Banchi et al. 2019.

*Operating life (h) – Vida Útil (h). Range = Alcance. Avarage = Média. S.D. = desvio padrão C.V. = Coeficiente de Variação. Operating Cost (R\$/Mg⁻¹) = Custo de Operação. Agricultural productivity = Produtividade Agrícola (Mg ha⁻¹)

Martins et al. (2021) estudaram a relação custos de produção/velocidade de operação de colhedoras de cana para estimar o custo de uma máquina em função de seu desempenho operacional. A velocidade média de 7 km h⁻¹ foi a que apresentou o melhor desempenho econômico na colheita. As velocidades de viagem afetaram significativamente o desempenho operacional da colhedora e mostrou uma correlação positiva com o consumo volumétrico de combustível. A capacidade de campo e os custos variáveis eram proporcionais às velocidades de trabalho. O maior impacto em custos da máquina foram o consumo de combustível volumétrico, o de depreciação e os custos com reparos e manutenção da colhedora.

Rossi e Fernandes (2020) desenvolveram pesquisa descritiva, com abordagem qualitativa por meio de um estudo de caso com os custos de produção de fornecedores independentes da região de Quirinópolis (GO) para analisar a evolução dos custos de produção no estado de Goiás no período de 2010 a 2018 (oito safras). Utilizaram para os cálculos de custos os dados fornecidos pela Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), pelo Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas (Pecege) e pela Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás (Faeg) obtidos por meio de formulários aplicados aos produtores da Associação dos Fornecedores de Cana Goiás – “Marcelo Rezende Calil” – (APROCANA). O COE, COT e CT aumentaram, respectivamente, a taxas reais médias de 3,88%, 3,41% e 2,96% a.a. os resultados da atividade foram afetados pelos aumentos reais em custo. A margem bruta (MB) e margem líquida (ML) reduziram, respectivamente, em termos reais, a taxas médias de 4,65% e 14,87% a.a. enquanto o COE, COT e CT apresentam uma discreta alteração em dólares quando são comparados os valores da safra 2010/11 com os valores da safra 2017/18 (4,63%, 0,89% e -2,58%, para COE, COT e CT, respectivamente), a cotação do dólar Ptax aumenta 87,90% (R\$1,7171 na safra 2010/11 para R\$3,2264 na safra 2017/18). Assim, nota-se que o aumento dos custos de produção, em reais, acompanhou de certa forma a evolução da cotação do dólar americano. Os valores da MB, ML, L e do quilograma de ATR também foram convertidos em dólares americanos. Comparando o valor da safra 2017/18 com a safra 2010/11 têm-se os seguintes aumentos percentuais de custo por hectare: CTT (53,44%); fertilizantes 67,15%); plantio (19,55%); inseticidas (103,45%);

ANAIS

herbicidas (226,36%). Os itens relacionados com a mecanização (CTT e plantio) são bastante influenciados pelo preço do óleo diesel. Os itens relacionados com insumos (fertilizantes, inseticidas e herbicidas) são influenciados pelas variações cambiais do dólar americano.

Operacionalmente, o estudo analisa a evolução do Custo Operacional Efetivo (COE), do Custo Operacional Total (COT) e do Custo Total (CT) e as suas implicações estratégicas. Concluíram que o houve aumento real médio do COE, COT e CT, no período estudado. Neste mesmo período, a MB e ML reduziram e a atividade de produção independente de cana resultou em prejuízo financeiro (lucro negativo) nas últimas sete safras analisadas.

Esta revisão possibilitou recuperar e estudar as pesquisas desenvolvidas no período analisado quanto as etapas de produção de cana do plantio até a colheita, com vistas nos estudos dos custos envolvidos em cada atividade bem como as abordagens utilizadas.

Pode-se verificar a realização de estudos que utilizaram o método do Custo Operacional para avaliar os custos de plantio mecanizado *versus* semimecanizado (ZACHARIAS, SANTOS e JESUS, 2011). Este tipo de análise também foi utilizado para verificar a influência das variáveis de dimensionamento, distância e mecanização de colheita nas etapas de plantio e colheita (SANTOS, SILVA e GADANHA JUNIOR, 2014). O custo operacional efetivo, que nada mais é que uma relação do CO com a unidade a ser estudada (hectares, toneladas, etc.), foi também utilizado em um dos trabalhos que analisou o resultado operacional de um grupo de produtores considerando o valor da ATR (MOREIRA e BONIZIO, 2012). Esse método de avaliação normalmente é realizado após o fato permitindo avaliar ocorridos sobre a atividade em determinado período por meio dos valores dos itens de produção praticados anteriormente (ROSSI e FERNANDES, 2020; MARTINS et al. 2021) além de possibilitar criar arcabouço adequado para análises de situações futuras e para determinar os pontos que podem ser aprimorados.

Outro método de análise de custos verificada com a revisão de literatura é a análise de viabilidade econômica que normalmente é executada anteriormente à realização do investimento como forma de prever o retorno do investimento após a realização de determinada atividade como produção de matéria-prima em áreas de plantio mais distantes da planta industrial (PEREIRA et al., 2015); comparação de sistemas de fornecimento entre arrendamento e produção própria (GALINDO e CARVALHO, 2016), produção e fornecimento de cana por pequenos produtores (SANTOS et al., 2016); ainda pode influenciar decisões de compra ou aluguel de máquinas para colheita da cana (MANNARELLI FILHO, DONADON E SANTOS, 2018).

Foram observados ainda, a utilização de estudos estatísticos para comparação de custos de produção entre diferentes regiões (PEREIRA, 2017) e análise envoltória de dados para determinação de escore de eficiência produtiva destacando os custos mais relevantes para o período como o valor do aluguel da terra e custos com recursos (OLIVEIRA et al, 2014).

Por fim, foram também encontrados, entre os materiais recuperados, mecanismos mais sofisticados de tratamento dos custos como a modelagem matemática para avaliar variação do custo de colheita da cana de açúcar em relação ao tempo de vida útil da colhedora (BANCHI et al., 2019) e a simulação computacional que utilizou programação inteira mista para sequenciamento das frentes de colheita para redução do custo e não interrupção de fornecimento de matéria prima para a indústria (JUNQUEIRA e MORABITO, 2017).

ANAIS

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da busca organizada foi possível localizar e estudar os trabalhos publicados no período de 2011 a 2020 envolvendo custos de produção da cana-de-açúcar desde o plantio até a colheita. Foram localizados 13 artigos que perfazem as exigências de seleção.

Os artigos encontrados trabalham os custos de produção utilizando diferentes abordagens, como análises de viabilidade envolvendo COT, CT, VPL, TIR. Outra forma apresentada de uso do custo foi para alimentar com valores, modelos matemáticos específicos que visaram desde controle e decisão de frotas a possibilidades de expansão de lavouras e aumento de oferta de matéria-prima para as indústrias (destilarias).

Para entender melhor a complexidade da cadeia produtiva sucroenergética é necessário conhecer os custos envolvidos e saber trabalhá-los como recurso produtivo. Para tanto, é requerido atenção, preparo, planejamento e meios de mensuração para auxílio à tomada de decisões.

Como se pôde constatar, foram trabalhados nesses artigos diversos fatores que contribuem para a complexidade do tema como: as comparações entre sistemas de plantio e colheita (mecanizado x manual); a viabilidade de produção e oferta de matéria prima por pequenos produtores; a aplicação de análise envoltória de dados para medir desempenho econômico e eficiência produtiva das propriedades; o dimensionamento de máquinas e desempenho econômico de colheita; a viabilidade de expansão da fronteira produtiva; a produção em sistemas de fornecimento de matéria por arrendamento; os modelos de análise Custo-Volume-Lucro (CVL) e Fluxo de caixa descontado; a programação e sequenciamento de frentes de colheita; o auxílio para tomada de decisão de compras de maquinários com base no desempenho em colheita ao longo da vida útil do equipamento.

Estes trabalhos mostraram a importância da execução de pesquisas voltadas a examinar os custos de produção da cana, não apenas no sentido de apontamentos para possíveis cortes, mas sim, como critérios para estabelecer novas oportunidades de ganhos com o aperfeiçoamento dos processos produtivos, bem como de suas formas de análise.

Pode-se ainda, aprimorar a abordagem como são analisados os custos de maneira a aproveitá-los como oportunidade competitiva.

Para tanto, faz-se necessário a realização de futuros estudos mais sofisticados e que permitam respostas em tempo mais próximo ao real, visando modelos matemáticos mais precisos e com maior poder computacional, aportando todas as etapas de produção da matéria prima de forma a apresentar uma visão mais completa e dinâmica da atividade.

ANAIS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, F. R.; PATINO, M. T. O.; SANTOS, D. F. L.. Preparo do solo e plantio de cana-de-açúcar: uma avaliação de custo e viabilidade econômica. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)*, Piracicaba, v. 79, n. 1, e20190317, 2022. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162022000100101&lng=en&nrm=iso>. acesso em 14 de abril de 2021. Epub 18 de janeiro de 2021. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2019-0317> .

BANCHI, A. D., GARCIA, A. P., GRESPLAN, A., ALBIERO, D., FAVARIN, L. G. A., & GALVAO, C. B. Operating cost of sugarcane harvester in function of agricultural productivity and harvester age/ Custo operacional da colhedora de cana-de-açúcar em função da produtividade agrícola e idade da colhedora. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 23(7), 552, 2019. <https://link.gale.com/apps/doc/A598827160/AONE?u=capex&sid=AONE&xid=bb16974a>

CARDOSO, T. F., WATANABE, M. D., SOUZA, A., CHAGAS, M. F., CAVALETT, O., MORAIS, E. R., NOGUEIRA, L. A., LEAL, M. R. L., BRAUNBECK, O. A., CORTEZ, L. A. E. BONOMI, A. Impactos econômicos, ambientais e sociais de diferentes sistemas de produção da cana-de-açúcar. **Biofuels, Bioprod. Bioref.**, 12: 68-82, 2018. <https://doi.org/10.1002/bbb.1829>

GALINDO, A. M.; CARVALHO, M. E. A. Comparativo de rentabilidade da produção da cana-de-açúcar em sistema de arrendamento e fornecimento em Chavantes/SP. **Revista Ipecege**, [S. l.], v. 2, n. 3, p. 7–26, 2016. DOI: 10.22167/r.ipecege.2016.3.7. Disponível em: <https://revista.ipecege.org.br/Revista/article/view/53>. Acesso em: 28 mar. 2021.

GOMES, J.; BAJAY, M. M. Economicidade da idade de reforma de canaviais. **Revista Ipecege**, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 9–22, 2017. DOI: 10.22167/r.ipecege.2017.3.9. Disponível em: <https://revista.ipecege.org.br/Revista/article/view/124>. Acesso em: 14 abr. 2021.

JUNQUEIRA, R. A. R.; MORABITO, R. Abordagens de otimização para a programação e sequenciamento das frentes de colheita de cana-de-açúcar. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 24, n. 2, p. 407-422, jun. 2017. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2017000200407&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 04 abr. 2021. Epub 01-Jun-2017. <https://doi.org/10.1590/0104-530x1882-16>.

MANNARELLI FILHO, T.; DONADON, F. A. B.; SANTOS, D.F. L. *Economic feasibility of harvesting in the sector sugar-energy: a case study*. **Científica**, Jaboticabal v.46, n.4, p.329–336, 2018

MARTINS, M. B., FILHO, A. C. M., DRUDI, F. S. et al. Economic Efficiency of Mechanized Harvesting of Sugarcane at Different Operating Speeds. **Sugar Tech** 23, 428–432 2021. <https://doi.org/10.1007/s12355-020-00910-2>

MORAES, E. R.; DOMINGUES, L. A. S.; MEDEIROS, M. H.; PEIXOTO, J. V. M.; LANA, R. M. Q. Produtividade e características agrônômicas da cana-de-açúcar em diferentes sistemas de preparo do solo. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 3, n. 1, p. 27–32, 2016.

MOREIRA, M. G.; BONIZIO, R. C. Análise comparativa dos custos de cana-de-açúcar: produção independente x usina de açúcar e álcool. **Custos e Agronegócio on line** - v. 8, n. 2, 2012.

NOVA CANA. Cana-de-açúcar deu origem à 17% de toda energia do Brasil em 2015. 2016. Disponível em: <www.novacana.com/n/cana/meio-ambiente/cana-de-acucarorigem-17-energia-brasil-2015-280716/>. Acesso em: 21 março 2021.

ANAIS

OLIVEIRA, T. B. A.; BORNIA, A. C.; SILVEIRA, S. F. R.; DRUMOND, A. M.; OLIVEIRA, M. W. Análise de custos e eficiência de fazendas produtoras de cana-de-açúcar por meio da análise envoltória de dados. **Custos e Agronegócio on line** - v. 10, n. 1, 2014.

PEREIRA, G. G. de S.; ALBRECHT, A. J. P.; FAUSTO, D. A.; MIGLIAVACCA, R. A. Custo de produção de cana-de-açúcar no Estado do Mato Grosso do Sul. **Revista Ipecege**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 81–102, 2014. DOI: 10.22167/r.ipecege.2015.1.81. Disponível em: <https://revista.ipecege.org.br/Revista/article/view/5>. Acesso em: 28 mar. 2021.

PEREIRA, N. A. Variáveis de custos de produção da cana-de-açúcar e suas diferenças entre as regiões produtoras. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 10 n. 3, 2017 DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2017v10n3p757-774>

RABELO, C. R. O.; PINTO, V. B.. Tendências nos estudos de representação temática da informação: uma revisão integrativa dos artigos científicos indexados na Brapci. Em *Questão*, Porto Alegre, v. 25, n. 2, p. 66-88, maio/ago. 2019 doi: <http://dx.doi.org/10.19132/1808-5245252.66-88>

ROCHA, C. C.; PINTO, V. B.; DAVID, P. B.. Arquitetura da informação: revisão integrativa em bases de dados de ciência da informação. *Informação & Informação*, [S.l.], v. 25, n. 2, p. 49-73, jul. 2020. ISSN 1981-8920. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/informacao/article/view/38061>>. Acesso em: 26 maio 2021. doi:<http://dx.doi.org/10.5433/1981-8920.2020v25n2p49>.

ROSSI, R. M.; FERNANDES, F. B. Análise estratégica da evolução dos custos de produção da cultura da cana-de-açúcar em Goiás. **Custos e Agronegócio on line** - v. 16, n. 3, 2020.

SANTOS, D. F. L.; MANDES, C. C.; FARINELLI, J. B. M.; FARINELLI, R. Viabilidade econômica e financeira na produção de cana-de-açúcar em pequenas propriedades rurais. **Custos e Agronegócio on line** - v. 12, n. 4, 2016.

SANTOS, N. B.; SILVA, R. P.; GADANHA JUNIOR, C. D. Economic analysis for sizing of sugarcane (*Saccharum spp.*) Mechanized harvesting. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.34, n.5, p. 945-954, 2014.

SILVA-OLAYA, AM, CERRI, CEP, WILLIAMS, S. et al. Modelagem da resposta do SOC às mudanças no uso da terra e práticas de manejo no cultivo da cana-de-açúcar no Centro-Sul do Brasil. **Plant Soil** 410, 483–498 2017. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-3030-y>

SOUZA, M. T.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R. de. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein**, v. 8, p. 102-106, 2010.

ZACHARIAS, R.; SANTOS, F. L.; JESUS, V. A. M. de. Nota técnica: custos operacionais do plantio mecanizado e semimecanizado de cana-de-açúcar. **Revista Engenharia na Agricultura - Reveng**, [S. l.], v. 19, n. 2, p. 118-124, 2011. DOI: 10.13083/reveng.v19i2.216. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/197>. Acesso em: 28 mar. 2021.