

Pecly, Marcelo Guedes; Igrejas, Rafael

Working Paper

Flexibilidade entre plantio e arrendamento rural no Brasil

Texto para Discussão, No. 2766

Provided in Cooperation with:

Institute of Applied Economic Research (ipea), Brasília

Suggested Citation: Pecly, Marcelo Guedes; Igrejas, Rafael (2022) : Flexibilidade entre plantio e arrendamento rural no Brasil, Texto para Discussão, No. 2766, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília,
<https://doi.org/10.38116/td2766>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/265286>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

TEXTO PARA DISCUSSÃO

2766

**FLEXIBILIDADE ENTRE PLANTIO E
ARRENDAMENTO RURAL
NO BRASIL**

**MARCELO GUEDES PECLY
RAFAEL IGREJAS**



**FLEXIBILIDADE ENTRE PLANTIO E
ARRENDAMENTO RURAL NO BRASIL**

MARCELO GUEDES PECLY¹

RAFAEL IGREJAS²

1. Pesquisador do Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diretoria de Estudos e Políticas Macroeconômicas (Dimac) do Ipea. *E-mail*: <marcelo.pecly@ipea.gov.br>.

2. Pesquisador do PNPD na Dimac/Ipea; e professor titular dos programas de mestrado em economia e administração do Centro Universitário Ibmecc no Rio de Janeiro. *E-mail*: <rafael.silva@ipea.gov.br>.

Governo Federal

Ministério da Economia

Ministro Paulo Guedes

ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério da Economia, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidente

ERIK ALENCAR DE FIGUEIREDO

Diretor de Desenvolvimento Institucional

ANDRÉ SAMPAIO ZUVANOV

**Diretor de Estudos e Políticas do Estado,
das Instituições e da Democracia**

FLAVIO LYRIO CARNEIRO

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas
MARCO ANTÔNIO FREITAS DE HOLLANDA CAVALCANTI

Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais
NILO LUIZ SACCARO JÚNIOR

**Diretor de Estudos e Políticas Setoriais de
Inovação e Infraestrutura**
JOÃO MARIA DE OLIVEIRA

Diretor de Estudos e Políticas Sociais
HERTON ELLERY ARAÚJO

**Diretor de Estudos e Relações Econômicas e
Políticas Internacionais (substituto)**
JOSÉ EDUARDO MALTA DE SÁ BRANDÃO

Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação
ANDRÉ REIS DINIZ

OUVIDORIA: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

URL: <http://www.ipea.gov.br>

Texto para Discussão

Publicação seriada que divulga resultados de estudos e pesquisas em desenvolvimento pelo Ipea com o objetivo de fomentar o debate e oferecer subsídios à formulação e avaliação de políticas públicas.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2022

Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea , 1990-

ISSN 1415-4765

1. Brasil. 2. Aspectos Econômicos. 3. Aspectos Sociais.
I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 330.908

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos).
Acesse: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério da Economia.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

JEL: G13; Q12; R14.

DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/td2766>

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	8
3 METODOLOGIA	20
4 ANÁLISE DE RESULTADOS.....	25
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIAS.....	43

SINOPSE

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, produto com histórico e importância na pauta comercial e industrial brasileira. O estado de São Paulo é responsável por cerca de 50% da produção brasileira, estimada em 4,25 milhões de hectares de área colhida na safra 2019/2020. A região metropolitana de Ribeirão Preto, em São Paulo, é a maior produtora de cana-de-açúcar do país, respondendo por cerca de 25% da produção paulista. No mercado interno, a rentabilidade da produção de cana-de-açúcar das usinas e o preço de mercado são impactados não só pelos custos de produção, mas também pelos custos de arrendamento da terra junto a proprietários locais. Os proprietários de terra para cultivo de cana-de-açúcar detêm a flexibilidade de produção, ou arrendamento agrícola. Em cenários de pressão sobre custos e queda de produtividade, como na safra 2018/2019, houve aumento na devolução de terras de arrendamento pelas usinas. Em safras anteriores, a demanda por arrendamentos se mostrou mais aquecida, quando houve aumento de produtividade e preços de arrendamento mais competitivos. A discussão entre produção e arrendamento em propriedades rurais, ainda que seja bastante conhecida pelos agentes do setor, demanda métodos apropriados para guiar o processo de decisão de forma otimizada. Este tipo de decisão sob incerteza pode ser adequadamente conduzido pela Teoria das Opções Reais. Assim, neste estudo é proposto um modelo para avaliar a flexibilidade gerencial de voltar a produção de cana-de-açúcar em terras que se encontravam arrendadas por usinas. No modelo, utiliza-se o preço do açúcar total recuperável (ATR) no mercado interno, como a principal incerteza do projeto. O modelo foi aplicado na avaliação de uma propriedade rural na região de Ribeirão Preto, em São Paulo. Os resultados demonstram que a opção de passar a produzir na terra, que anteriormente se encontrava arrendada, agrega 5,17% ao fluxo de caixa futuro do proprietário da terra em valor presente, o que representa um incremento de US\$ 1,7/t. A principal contribuição do estudo está concentrada no modelo de apoio à decisão, que permite avaliar o impacto da flexibilidade gerencial dos proprietários de terras nos agronegócios no Brasil. Uma vez que os proprietários de terra façam uso da Teoria das Opções Reais para tomada de decisão, tal abordagem permitirá a otimização de recursos e do uso da terra.

Palavras-chave: flexibilidade; opções reais; produção de cana-de-açúcar; arrendamento rural; economia agrícola.

ABSTRACT

Brazil is the world's largest producer of sugarcane, product with history and importance in the Brazilian agribusiness. The State of São Paulo is responsible for 50% of Brazilian production. Harvested area is estimated at 4.25 million hectares. The metropolitan region of Ribeirão Preto, in São Paulo, is the largest sugarcane producer in the country, accounting for 25% of São Paulo production. In the domestic market, the profitability of sugarcane production at the mills, as well as the market price, are impacted not only by production costs, but also by the costs of land leasing to local owners. The landowners of sugarcane farms have the flexibility of sugarcane production, or to lease the area to the mills. In scenarios of high costs and low productivity, such as 2018/2019 harvest, there was an increase in contract lease cancellation by the mills. In the previous harvests (2016/2017), the increased demand for

lease contract was correlated to an increase in land productivity and more competitive lease prices. The flexibility between production and leasing in rural properties is well known by the sector's agents, but it needs to be appropriately addressed using decision analysis methods. This type of decision under uncertainty can be properly conducted by Real Options Theory. Thus, in this study, is proposed a model to evaluate the managerial decision of sugarcane production by the landowners, using the land was previously leased to the mills. In the model, the sugarcane price in the domestic market of Brazil (*açúcar total recuperável* – ATR) is considered the main uncertainty of the project. The model was applied to the valuation of a rural property in Ribeirão Preto, in the state of São Paulo. The results show that the option to start the sugarcane production once the land was previously leased, adds 5.17% to the future cash flow of the landowner in present value, which represents an increase of US\$ 1.7/t. The main contribution of the study is the decision model, which allows evaluating the impact of managerial flexibility of landowners on agribusiness in Brazil. The landowners using real options approach for decision making, can optimize their resources.

Keywords: flexibility; Real Options; sugarcane production; land leasing; agricultural economy.

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio, em especial o cultivo de cana-de-açúcar, está inserido no contexto histórico e econômico do Brasil. A produção de cana-de-açúcar representa 9,6% do produto interno bruto (PIB) agropecuário, atrás apenas da produção de soja (26%) e bovinocultura de corte (13,3%), de acordo com o Ipea (2020). Segundo Dias *et al.* (2015), o país é produtor de açúcar desde o século XVII, enquanto o etanol tornou-se um produto importante para o setor de transporte na década de 1970 diante do lançamento do Programa Brasileiro de Álcool (Proálcool).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (mais de 40% da produção), segundo a FAOSTAT (2020). O estado de São Paulo responde por cerca de 50% da produção brasileira em 4,25 milhões de área colhida, segundo a Conab (2020b). A região metropolitana de Ribeirão Preto (RM de Ribeirão Preto), no estado de São Paulo, é a maior produtora de cana-de-açúcar do país, respondendo por cerca de 25% da produção paulista na safra 2018/2019, de acordo com a Unica (2020).

A rentabilidade média dos arrendamentos rurais no segmento de cana-de-açúcar foi de 7,44% na safra 2017/2018. No mesmo período, a rentabilidade média da produção de cana-de-açúcar ficou em 7,11%, segundo Lima Filho e Pila (2019). Na safra 2017/2018, usinas chegaram a pagar pelo arrendamento o proporcional a R\$ 1.900,0/ha.

Em uma primeira análise, os retornos semelhantes entre as atividades de produção e arrendamento na safra mencionada podem dificultar a análise sobre qual alternativa pode ser mais vantajosa para os proprietários de terra. Em cenários de incertezas sobre custos e produtividade, como na safra 2018/2019, na qual muitas usinas devolveram terras arrendadas, o processo de tomada de decisão dos proprietários de terras para produção ou arrendamento passa a ser ainda mais relevante para os investidores neste segmento (Vital, 2020).

Atualmente, ao optar pelo arrendamento, a legislação garante ao proprietário de terras a receita de arrendamento por um prazo mínimo de cinco anos. Ao final desse prazo, o proprietário tem opção de manter o contrato de arrendamento ou migrar para produção, estando sujeito aos riscos produtivos sobre o investimento na safra. A tomada de decisão no agronegócio é reconhecida em diversos estudos como sujeita a incertezas. Sant'Anna *et al.* (2015) avaliaram diversas incertezas ao cultivo agrícola, entre as quais destacam-se a demanda, as variações climáticas e os próprios custos da atividade. Por sua vez, Farinelli (2017) entende que os preços das *commodities* são as principais variáveis de incerteza da atividade agrícola.

Nesse contexto, este estudo tem como objetivo propor um modelo para precificar a flexibilidade de migração do arrendamento para a produção de cana-de-açúcar, pela ótica do

proprietário de terras. O modelo foi desenvolvido pela metodologia de opções reais, utilizando árvore binomial e considerando opções sequenciais europeias. Para fins de simplificação, a principal incerteza do modelo foi assumida como o valor do açúcar total recuperável (ATR). As projeções foram realizadas para o período de dez anos. Os resultados foram obtidos pela maximização entre o valor presente expandido da produção e a condição original de arrendamento da terra. O estudo contribui com um modelo alternativo para avaliação do uso de propriedades agrícolas para atividade canavieira, ao permitir o apreçamento das flexibilidades entre a produção e o arrendamento aos proprietários da terra.

Após a introdução, na seção 2 é detalhado o referencial teórico ligado a flexibilidades gerenciais e aplicação das opções reais em agronegócio, atividades florestais e bioenergia. Nessa seção, também foram descritas as análises e perspectivas do setor canavieiro no estado de São Paulo e RM de Ribeirão Preto. Na seção 3 explica-se a metodologia. Na seção 4 são abordadas as premissas aplicadas ao estudo, seguidas dos resultados e discussões. A seção 5 apresenta as conclusões do estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Os métodos tradicionais de avaliação econômico-financeira, que utilizam a metodologia do Fluxo de Caixa Descontado (FCD), são amplamente empregados para avaliar projetos, mas não incorporam o valor de mudanças estratégicas ao longo do tempo. De forma complementar, a Teoria das Opções Reais permite capturar o valor das flexibilidades gerenciais sob condições de incertezas para avaliações tradicionais de investimentos.

A base da teoria tem como referência inicial a Teoria das Opções Financeiras, desenvolvida por Black e Scholes (1973). Um passo importante foi dado por Cox, Ross e Rubinstein (1979), desenvolvendo um modelo binomial para precificação de opções, assumindo que o preço do ativo segue um processo binomial multiplicativo em tempo discreto. Trigeorgis (1993) e Dixit e Pindyck (1994) demonstraram aplicações de opções reais em diversos setores da economia, ampliando a disseminação da metodologia. Dixit e Pindyck (1994) consideram que existem três importantes características em decisões de investimento. Primeiro, o investimento é parcial ou completamente irreversível, sendo o custo inicial do investimento um pouco afundado. Além disso, existe incerteza sobre ganhos futuros. E, por último, a flexibilidade sobre o *timing* do investimento permite postergar decisões de forma a obter mais informações. A possibilidade de postergar investimentos irreversíveis pode afetar profundamente a decisão de investir.

TEXTO para DISCUSSÃO

Copeland e Tufano (2004) consideraram a possibilidade de um investidor aguardar n períodos, para que, de acordo com novas informações, uma melhor decisão sobre execução de um projeto seja tomada. Essa característica também seria equivalente a uma opção financeira de compra, possuindo o direito de investir quando conveniente, mas não tendo a obrigação de fazê-lo.

A Teoria das Opções Reais tem sido amplamente utilizada para analisar projetos diante de tomada de decisão sobre incerteza e flexibilidades em projetos agrícolas. Trigeorgis e Tsekrekos (2018) em sua revisão relatam que investimentos em infraestrutura, assim como no uso da terra e gerenciamento de recursos naturais, têm tido tópicos regulares de pesquisa aplicada com opções reais.

Di Corato e Brady (2019) estudaram o processo de negociação de aluguel de terras na União Europeia via opções reais. Analisaram a opção de adiamento de desenvolvimento de terras no futuro de acordo com as condições de mercado, com impactos positivos sobre o valor da terra e condições de contrato de aluguel. Di Corato e Zormpas (2019) analisaram a flexibilidade operacional de propriedades na União Europeia, via opções reais. No modelo, o proprietário da terra tem a opção de alternar entre a produção, quando as condições de mercado são atrativas, e a suspensão da produção em situações sem lucro, no caso de opção de suspensão e reinicialização da agricultura. Farinelli *et al.* (2018) modelaram uma opção de troca por árvore binomial, avaliando a flexibilidade gerencial de trocar cultivo de cana-de-açúcar por produção de soja no estado de São Paulo. Por sua vez, Di Corato e Ginbo (2020) estudaram a flexibilidade no uso da terra como estratégia adaptativa às mudanças climáticas em fazendas de café na Etiópia. Modelaram uma opção de compra, na qual o preço de exercício envolve os custos do estabelecimento e um pagamento pelo ganho marginal no retorno líquido da produção de café.

Em estudos relacionados a opções que envolvam atividades agrícolas e florestais, Schatzki (2003) modelou uma opção real de conversão de terras agrícolas para incentivo à plantação florestal na Geórgia, nos Estados Unidos, incorporando incertezas ligadas a custos afundados. Yemshanov *et al.* (2015) aplicaram o modelo de opções de adiamento para estimar conversão do uso da terra de agricultura convencional para atividade florestal. Hauer *et al.* (2017) estudaram o uso de opções reais em conversões da terra entre produção agrícola e florestal, com formulação do apreçamento da opção via Black-Scholes (1973). Já Work, Hauer e Luckert (2018) modelaram uma opção que permite ao proprietário da terra trocar sua produção agrícola por plantações de álamo, e apreçaram a opção de vender o álamo para produção de etanol ou celulose.

Na Austrália, Regan *et al.* (2015) analisaram a flexibilidade entre uma produção agrícola de trigo e a conversão para biomassa agroflorestal. Em 2017, os autores realizaram um estudo de flexibilidade entre agricultura e biomassa via opções, incluindo impactos climáticos nas variáveis de risco. Smith (2018) também aplicou opções reais para avaliar uma empresa agrícola de

cana-de-açúcar em Queensland, analisando a flexibilidade entre produzir ou não de acordo com o clima.

Musshoff (2012) avaliou por opções americanas a conversão de terras agrícolas para produção florestal na Alemanha, enquanto Wolbert-Haverkamp e Musshoff (2014a) examinaram a opção de os agricultores converterem seu cultivo agrícola de centeio em atividade florestal, buscando determinar o efeito da aversão ao risco nos gatilhos de conversão. Wolbert-Haverkamp e Musshoff (2014b) analisaram o subsídio concedido aos produtores, via uma opção de reconversão à produção de centeio, aplicando algoritmos genéticos e simulação estocástica.

Em estudo mais recente, Spiegel *et al.* (2018) analisaram a flexibilidade gerencial de o agricultor converter sua produção agrícola a atividades agroflorestais, modelando uma opção de adiamento por árvore binomial. Em Spiegel *et al.* (2020), os autores estudaram a flexibilidade gerencial em agroenergia, propondo uma combinação de simulação de Monte Carlo e árvore de cenários assimétrica que supera a dimensionalidade de uma árvore binomial.

Em pesquisas envolvendo bioenergia, Oliveira *et al.* (2014) analisaram a flexibilidade de cogeração de energia, a partir de resíduos de biomassa florestal, e a produção de painéis de madeira de fibras de média densidade (*medium density fiberboard* – MDF) no Brasil. Secor e Boland (2017) estudaram a viabilidade financeira de uma plantação de milho para produção de etanol via uma opção de adiamento, possibilitando entrada e saída da atividade. Hossiso e Ripplinger (2017) quantificaram o valor de uma biorrefinaria flexível com produção alternativa entre etanol e açúcar, proveniente de beterraba no norte dos Estados Unidos. Modelaram as incertezas dos preços do etanol e do açúcar de forma estocástica com movimento geométrico browniano (MGB). Zetterholm *et al.* (2019) avaliaram a opção de adiar investimentos na produção industrial integrada de biocombustíveis, em um estudo de caso utilizando uma fábrica de celulose na Suécia. O estudo demonstrou o valor agregado de considerar a flexibilidade do tomador de decisão diante de condições futuras incertas relacionadas ao preço do etanol.

A Teoria das Opções Reais tem sido utilizada para modelar flexibilidades em projetos agrícolas em diversos estudos recentes. No entanto, na literatura pesquisada, não foram encontrados estudos como o proposto neste trabalho que avaliem a opção de migrar do arrendamento para o cultivo de cana-de-açúcar.

2.1 Cana-de-açúcar no estado de São Paulo

De acordo com Pissinato (2014), a cultura de cana-de-açúcar em São Paulo se deu em substituição à cultura de café. Condições agroambientais, conjunturais e institucionais contribuíram

para o desenvolvimento da atividade. A crise mundial na década de 1930, em razão da quebra da Bolsa de Nova York em 1929, levou à retração na demanda mundial e à crise na produção cafeeira. Em paralelo, houve migração para a atividade canavieira. Em 1933, a criação do Instituto do Açúcar e Alcool (IAA) contribuiu para metas e diretrizes de produção definidas pelo governo, estabelecendo cotas de produção e fixação de preços de álcool e açúcar na indústria.

No período entre 1930 e 1965, o Centro-Sul, com posição vantajosa em relação ao mercado consumidor, tornou-se a região com maior importância no setor sucroalcooleiro, acompanhando o declínio da produção nordestina. Outras conjunturas internacionais, como conflitos no Oriente Médio e consequentes choques no preço do petróleo na década de 1970, estimularam a produção do álcool. Foram anexadas destilarias às usinas de açúcar e surgiram os primeiros veículos movidos a álcool, graças ao Programa Proálcool.

No período de 1986 a 1995, quedas expressivas no preço do petróleo prejudicaram a substituição dos combustíveis fósseis, e a oferta de álcool não acompanhou a demanda. De 1995 a 2000, a liberação do mercado contribuiu para equilibrar as condições de oferta e procura, voltando a viabilizar o combustível. Outros fatores que contribuíram para o desenvolvimento da atividade paulista foram a integração entre atividades rural e industrial (existiam conflitos entre agentes agrícolas e industriais no Nordeste), melhor adaptação climática, resistência das culturas associada à pesquisa agrônômica e políticas de estímulo à produção pelo estado de São Paulo.

O período de 2000 a 2010 apresentou uma rápida expansão na produção canavieira. Segundo *A Geografia da Cana-de-Açúcar* (IBGE, 2017b), houve expansão de 83,6% na produção entre as safras 2000/2001 e 2015/2016, quando a região Sudeste correspondia a 72% da produção nacional. A produção foi estimulada por expansão dos mercados mundiais e crescimento interno da demanda, relacionada ao consumo de etanol dos veículos *flex fuel*.

Santos, Garcia e Shikida (2015) descrevem que, em 2014, o setor sucroenergético viveu uma crise. Entre as causas centrais, estavam a política de controle estatal sobre o preço da gasolina e a baixa competitividade do preço do etanol, diante dos custos produtivos mais elevados dos biocombustíveis. A situação afetou toda a cadeia produtiva com impactos negativos na comercialização, consumo, preços e empregos. Empresas deixaram de investir na renovação de canaviais e insumos. Houve aumento do custo de produção do etanol em cerca de 70%, entre 2007 e 2012. Neste período, grandes produtores nacionais passaram parte do controle a grupos estrangeiros; mudança inclusive que aumentou a capacidade de produção nos anos seguintes em resposta ao cenário.

Atualmente a produção de São Paulo corresponde a mais de 50% da produção brasileira (Conab, 2020b). No censo agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o estado de São Paulo apresentava área colhida de 4,82 milhões de hectares e quantidade produzida de 347,68 milhões de toneladas (IBGE, 2017a). O perfil segmentado do produtor de cana da Organização de Associações de Produtores de Cana do Brasil (Orplana) aponta 162 unidades industriais e 88 grupos industriais no estado (Orplana, 2019). O perfil dos produtores segue a proporção:

- pequenos produtores – 90,27% (25,71% da produção);
- médios produtores – 8,78% (34,58% da produção); e
- grandes produtores – 0,95% (39,71% da produção).

2.2 Cana-de-açúcar na região de Ribeirão Preto

Desde o final do século XIX, a região de Ribeirão Preto passou a se destacar no setor agrário, sendo a principal área produtora de café do estado de São Paulo até a crise deflagrada em 1929. A cafeicultura dinamizou uma rede de cidades ao longo do eixo das ferrovias, como descreve Junqueira (2016). Segundo IBGE (2017b), na década de 1920 a atual rodovia BR-050 já ligava o município de Ribeirão Preto a São Paulo, estimulando a migração da atividade cafeeira para o desenvolvimento do eixo sucroenergético. Outras redes urbanas ganharam destaque, como o eixo Ribeirão Preto e São José do Rio Preto, desenvolvendo relações urbano-rurais essenciais para a dinâmica do setor canavieiro. A região de Ribeirão Preto antes do lançamento do Proálcool possuía dezoito usinas e nenhuma destilaria autônoma. Nesta fase, o governo passa a fomentar a expansão canavieira para a produção de álcool combustível, via linhas de crédito e subsídios. Os investimentos estatais permitiram a modernização das fazendas e usinas, estreitando a relação da produção agrícola e industrial. Em 1986, a região possuía 27 usinas e 21 destilarias autônomas.

Seguida das políticas de desregulamentação e liberalização econômica na década de 1990, a região de Ribeirão Preto passou também por investimento do capital privado. Nessa década, segundo o IEA (2007), a região apresentou uma variação anual média na área canavieira de 2,61%. No período de 2000 a 2007, ocorreu uma variação menor diante das áreas produtivas, uma vez que estavam saturadas. A variação média anual foi de 0,58%. No período, a produção apresentou maiores variações. Na década de 1990, a média das variações anuais foi de 2,81%. De 2000 a 2007, a variação média anual foi de 0,95%. Os resultados demonstram o ganho de produtividade durante os períodos. A tabela 1 apresenta a evolução da produção em toneladas no período de 2000 a 2010.

TABELA 1**Produção de cana-de-açúcar**

(Em t)

Produção em toneladas	2000	2005	2010
Brasil	326.121.011	422.957.366	717.148.531
Estado de São Paulo	189.040.000	254.809.756	426.056.499
Mesorregião de Ribeirão Preto	64.630.888	83.921.776	111.682.433

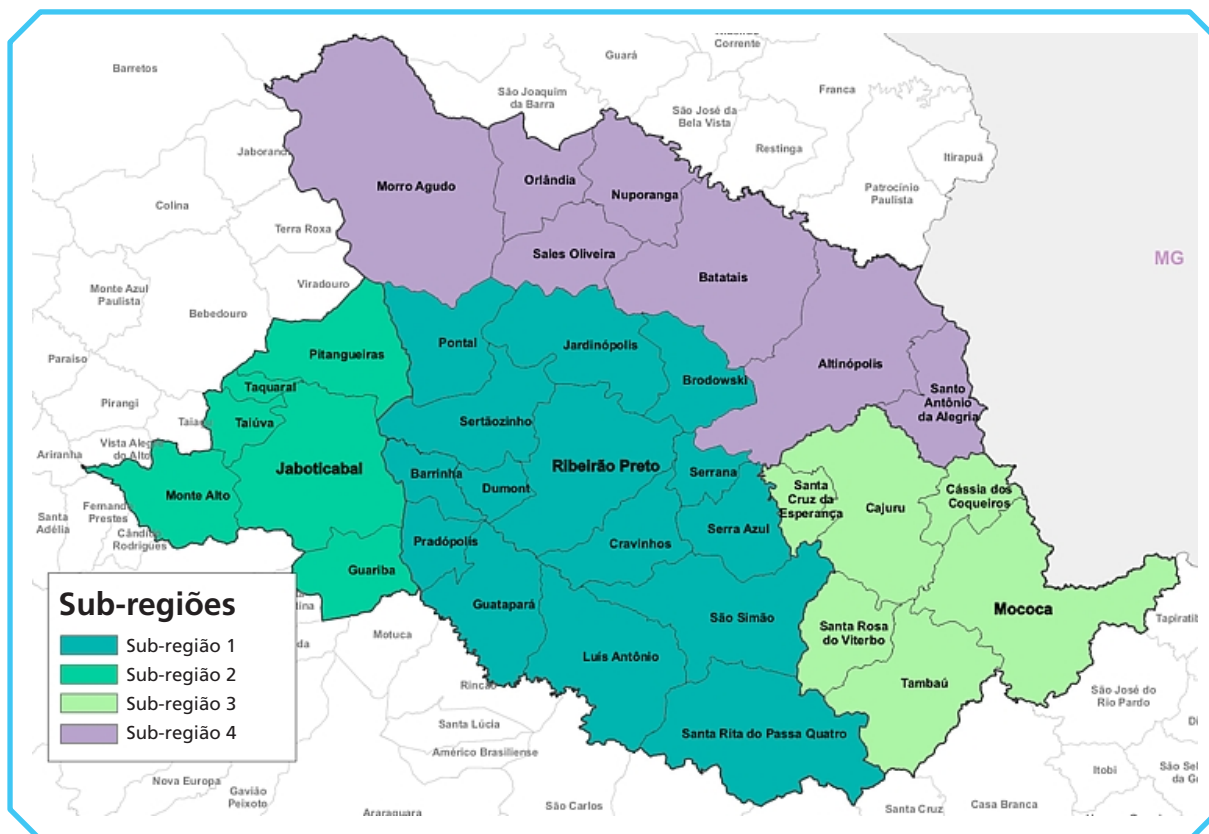
Fonte: Ipeadata (2020).

Segundo a Emplasa (2016), a RM de Ribeirão Preto foi institucionalizada em 2016 com 34 municípios, e é dividida em quatro sub-regiões:

- sub-região 1: Barrinha, Brodowski, Cravinhos, Dumont, Guatapar, Jardinópolis, Luís Antnio, Pontal, Pradópolis, Ribeirão Preto, Santa Rita do Passa Quatro, São Simão, Serrana, Serra Azul e Sertãozinho;
- sub-região 2: Guariba, Jaboticabal, Monte Alto, Pitangueiras, Taiva e Taquaral;
- sub-região 3: Cajuru, Cássia dos Coqueiros, Mococa, Santa Cruz da Esperança, Santa Rosa do Viterbo e Tambaú; e
- sub-região 4: Altinópolis, Batatais, Morro Agudo, Nuporanga, Orlândia, Sales Oliveira e Santo Antnio da Alegria.

A região apresentava mais de 1,7 milhão de habitantes e produziu 2,95% do PIB paulista em 2016. Está situada próxima às duas regiões metropolitanas mais importantes do estado (São Paulo e Campinas), via rodovia Anhanguera. No eixo viário direcionado ao norte, apresenta acesso ao Triângulo Mineiro e Distrito Federal. Na região ocorre conexão intermodal rodoviário-ferroviária, o que garante escoamento de baixo custo da produo local. Outro fator é a presença do etanol-duto projetado pela Transpetro e inaugurado em 2013, com 206 km de extensão e capacidade de transportar 4,3 bilhões de litros de etanol por ano. Está também conectada ao porto de Santos pela Imigrantes. A região conta com uma rede ferroviária ligada a Santos, sendo um importante modal para o transporte de auar e etanol. Houve um aumento gradativo da participao privada e estrangeira na região, onde há grandes grupos atuando, como Cosan, Guarani e São Martinho (Costa, 2011). A figura 1 apresenta a distribuio geográfica da RM de Ribeirão Preto.

FIGURA 1
RM de Ribeirão Preto



Fonte: Emplasa (2016).

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

A área plantada da região na safra 2018/2019 correspondia a cerca de 25,30% da produção paulista em um total de 1.405.783 ha (Unica, 2020). De modo a exemplificar o padrão produtivo da região, o perfil segmentado do produtor de cana da Orplana (2019) aponta os produtores da Associação dos Fornecedores de Cana de Guariba (Socicana). A cidade é uma das maiores produtoras de cana da região, com um padrão produtivo representado por:

- pequenos produtores – 89,04% (36,92% da produção);
- médios produtores – 10,54% (50,97% da produção); e
- grandes produtores – 0,42% (12,11% da produção).

TEXTO para DISCUSSÃO

O censo agropecuário do IBGE (2017a) aponta os dez maiores produtores de cana-de-açúcar na região de Ribeirão Preto, conforme a tabela 2. A tabela 3, de forma comparativa, demonstra as variáveis produtivas em outros estados e em outras cidades do estado de São Paulo.

TABELA 2

Os dez maiores municípios produtores de cana-de-açúcar na região de Ribeirão Preto

Município	Toneladas
Morro Agudo	6.953.580
Jaboticabal	3.719.451
Batatais	3.307.583
Pitangueiras	2.449.748
Jardinópolis	2.217.073
Luís Antônio	1.870.606
Ribeirão Preto	1.756.666
Guariba	1.716.706
Sertãozinho	1.663.210
Cravinhos	1.546.076

Fonte: Censo agropecuário de 2017.
Elaboração dos autores.

TABELA 3

Padrões produtivos em outros estados e cidades no estado de São Paulo

Cidade	Estado	Área média (ha)	Produtividade (t/ha)	Qualidade ATR (kg/t)
Rio Verde	Goiás	520	92	140
Uberaba	Minas Gerais	500	78	135
Dourados	Mato Grosso do Sul	1.000	85	130
Nova Olímpia	Mato Grosso	1.000	69	136
Cianorte	Paraná	50	70	130
Araraquara	São Paulo	70	70	137
Barretos	São Paulo	100	75	138
Piracicaba	São Paulo	100	76	134

Fonte: Orplana (2019).

2.3 Produção da safra de cana-de-açúcar em 2019/2020

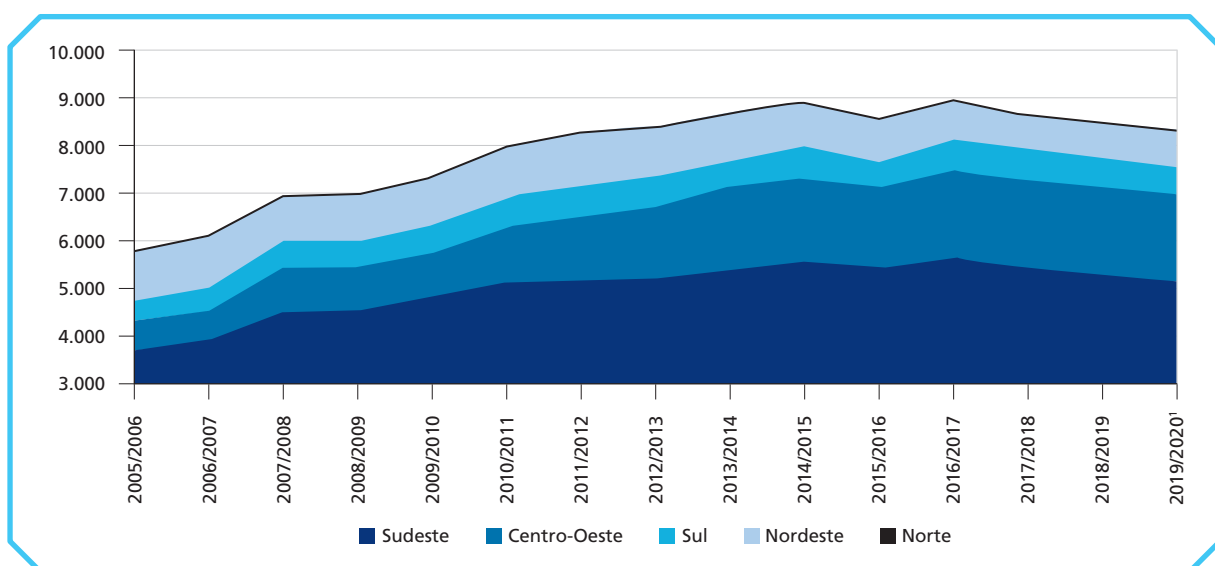
O levantamento de safra da Conab (2020a) apontou crescimento na produção da cana-de-açúcar em 2019/2020 comparado à temporada anterior. O valor de 642,7 milhões de toneladas colhidas representou aumento de 3,6% em relação a 2018/2019. A área colhida em hectares foi menor que no

ciclo anterior, com redução de 1,7%, em 8,4 milhões de hectares. A melhora das condições climáticas nas principais regiões produtoras favoreceu a cultura, incrementando o seu rendimento médio. A evolução da área colhida por região do Brasil pode ser observada no gráfico 1.

GRÁFICO 1

Evolução da área total colhida

(Em 1 mil hectares)



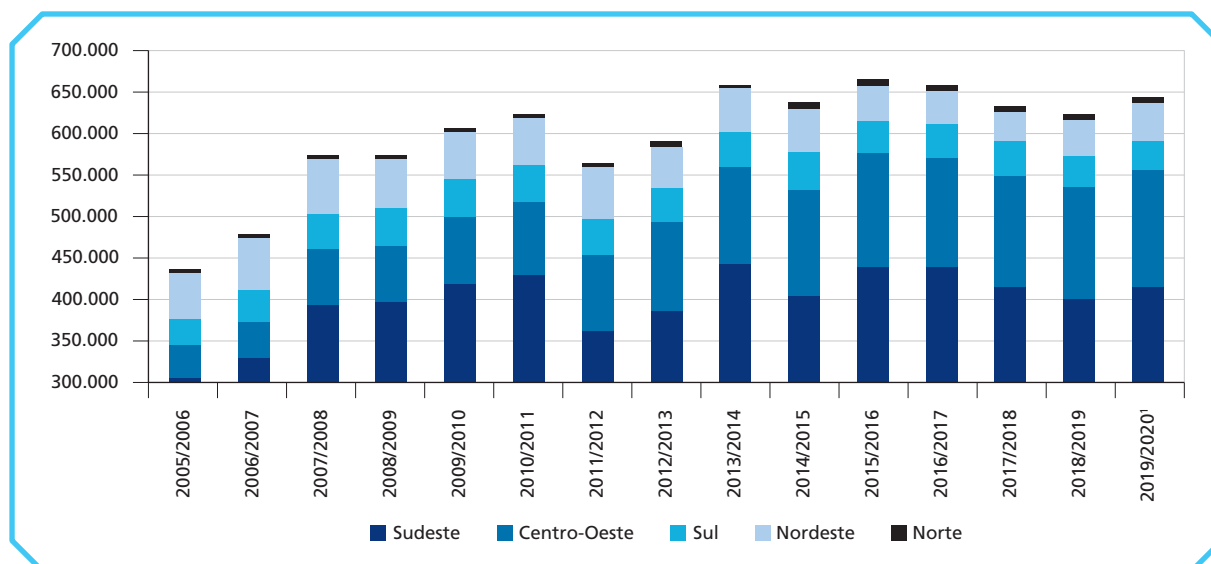
Fonte: Conab (2020a).

Nota: ¹ Estimativa de abril de 2020.

A produção canieira é dividida em duas macrorregiões – Centro-Sul e Norte-Nordeste. A região Centro-Sul apresenta um calendário específico de colheita, com maior concentração da atividade no período entre abril e dezembro, atingindo mais de 589 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, o proporcional a 92% da produção nacional. Os quatro principais produtores da região em sequência são: São Paulo, Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. A evolução da produção de cana-de-açúcar no Brasil pode ser observada no gráfico 2.

GRÁFICO 2**Evolução da produção de cana-de-açúcar**

(Em 1 mil toneladas)



Fonte: Conab (2020a).

Nota: ¹ Estimativa de abril de 2020.

No estado de São Paulo, o rendimento médio foi de 79,63 t/ha, 5,9% maior que a safra anterior. Em abril e maio de 2019, a ocorrência de chuvas e uma condição mais seca na maturação e ápice da colheita contribuíram para o incremento na produtividade. A produção paulista aumentou 2,9% em 2019/2020, chegando a 342,6 milhões de toneladas. A produção representou mais de 50% da produção nacional.

Estimativas da Conab (2020b) para a safra 2020/2021 apontam cerca de 8.406,7 ha de área colhida no país, diminuição de 0,4% comparada a 2019/2020. Para a região Sudeste, avaliações projetam redução de 0,3% na área colhida em relação a 2019/2020. A projeção para a próxima safra destina à região Sudeste 5.183 ha. No estado de São Paulo, o fim do verão em março de 2020 com chuvas em níveis mais baixos e solo com boa umidade gerou expectativas otimistas para a safra. Porém, incertezas relacionadas à pandemia, oscilações no preço do petróleo e etanol diminuíram as perspectivas produtivas. Projeta-se uma redução de 1,2% na área destinada à moagem, para cerca de 4.250 ha. A produção tem projeção de 337,05 milhões de toneladas, 1,6% menor que a safra anterior.

2.4 ATR

O ATR da cana-de-açúcar representa a qualidade da cana. A mensuração é feita em quilograma de ATR por tonelada de cana-de-açúcar. O regulamento do Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Etanol do Estado de São Paulo (Consecana-SP) considera o ATR como a concentração total de açúcares (sacarose e açúcares redutores) recuperáveis no processo industrial (Consecana, 2020). O preço médio do quilograma do ATR é calculado por uma média ponderada dos preços médios dos produtos derivados da cana-de-açúcar durante o ano-safra, sendo divulgado mensalmente.

Os produtos derivados são: açúcar branco mercado interno (ABMI), açúcar branco mercado externo (ABME), açúcar de mercado externo (*very high polarization* – VHP/AVHP), etanol anidro combustível (EAC), etanol anidro industrial (EAI), etanol anidro de exportação (EAE), etanol hidratado combustível (EHC), etanol hidratado industrial (EHI) e etanol hidratado de exportação (EHE).

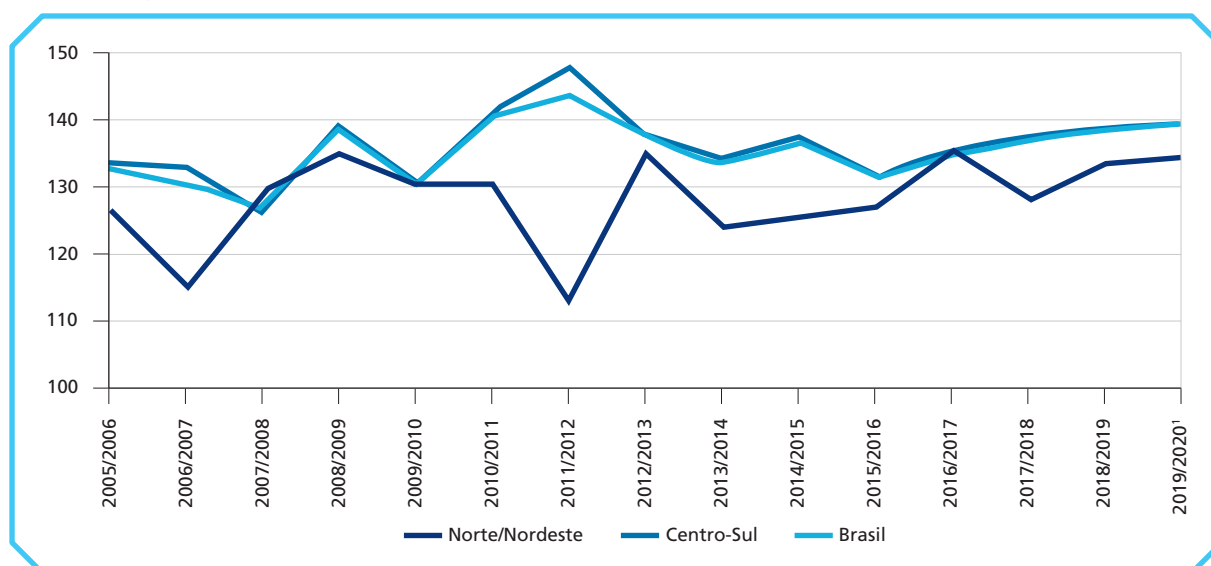
Como aponta o levantamento de safra da Conab (2020b), o ATR cresceu entre as safras 2005/2006 e 2011/2012, saindo de 132,61 kg/t para 143,51 kg/t. Houve uma redução da trajetória até a safra 2017/2018, mantendo uma estabilidade. O clima, idade das lavouras e forma de colheita foram fatores influenciadores. A colheita mecanizada carrega impurezas vegetais, como palhas ao processo de moagem, o qual reduz a eficiência na extração do ATR, além do surgimento de pragas e doenças.

As boas condições climáticas e investimentos feitos nas lavouras levaram a um aumento de 139,3 kg/t de ATR, contra 138,4 kg/t no ciclo passado. O resultado médio foi o maior das últimas oito safras. Na região Centro-Sul, a renovação das lavouras nas últimas safras vem crescendo após períodos com baixas taxas. A região obteve 139,7 kg/t, 0,6% acima dos 138,9 kg/t da safra 2018/2019. Em São Paulo, o ATR atingiu 139,1 kg/t em 2019/2020, praticamente semelhante aos 139,5 kg/t de 2018/2019 (gráfico 3).

TEXTO para DISCUSSÃO

GRÁFICO 3

Evolução do preço do ATR
(Em kg/t de cana-de-açúcar)



Fonte: Conab (2020a).

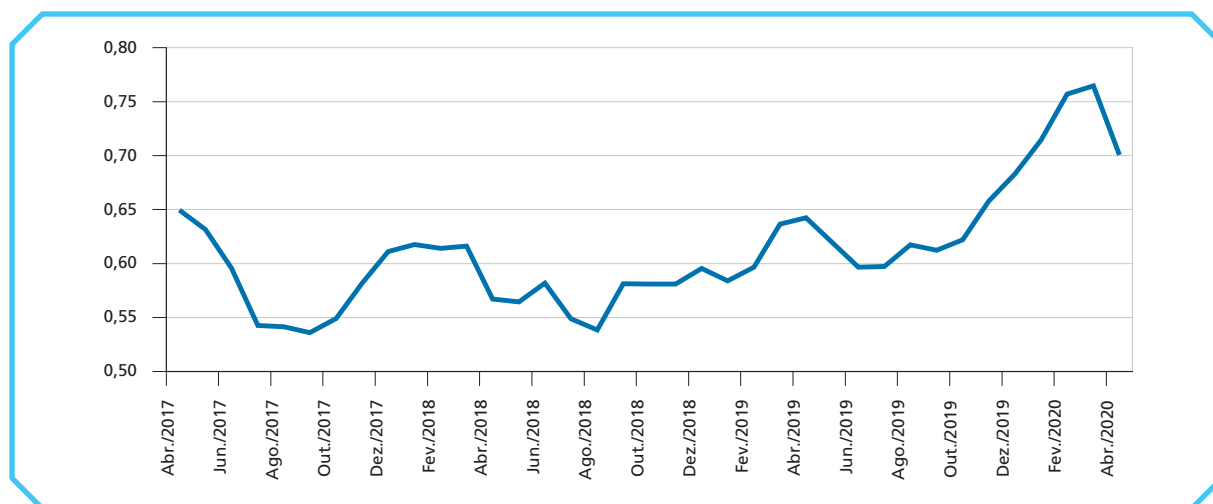
Nota: ¹ Estimativa de abril de 2020.

Para a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), na safra 2019/2020 e de acordo com modelo da Consecana-SP, em média 40,83% do preço do ATR foi proveniente do açúcar (ABMI + ABME + AVHP) e 59,17% do etanol (EAC + EHC + EAI + EHI + EAE + EHE) (CNA, 2020b).

A estimativa da Conab (2020b) para a safra 2020/2021 indica que cerca de 80,3 milhões de toneladas de ATR estarão disponíveis na região Centro-Sul. Os valores estimados para a região Centro-Sul e São Paulo são 139,7 kg/t (0,6% menor que 2018/2019) e 138,9 kg/t (0,1% menor), respectivamente. A CNA (2020b) projeta um *mix* para o preço do ATR, em que o preço do açúcar responde em média por 55,78% (aumento de 14,95%) da formação do preço, com consequente 44,22% vindo do etanol. O cenário reflete boas remunerações do açúcar, compensando a queda no preço do etanol. Para o preço do ATR, em reais por quilograma de ATR, a CNA (2020b) estima um valor de R\$ 0,719/kg de ATR para a safra 2020/2021 (gráfico 4).

GRÁFICO 4**Preço do ATR**

(Em R\$/kg de ATR)



Fonte: Udop (2021).

Elaboração dos autores.

3 METODOLOGIA

A finalidade do trabalho foi uma pesquisa exploratória e quantitativa, visando proporcionar maior familiaridade com o problema, trazendo hipóteses para sua solução e tornando-o explícito. A unidade de observação foram propriedades rurais produtoras de cana-de-açúcar de médio a grande porte na RM de Ribeirão Preto. A unidade de análise foram os critérios dos proprietários de terra aplicados sobre a tomada de decisão sobre incerteza, diante da flexibilidade entre arrendamento e plantio de cana.

O estudo selecionou dados e projeções de associações e centros de pesquisa do setor com base na última safra (2019/2020). As instituições pesquisadas foram: Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea), CNA, Socicana, Orplana e União Nacional da Bioenergia (Udop).

Foram analisadas séries históricas mensais do preço da cana (ATR) nos últimos dez anos (120 observações) e séries anuais do custo de produção no mesmo período. Para avaliação do arrendamento foram analisadas séries anuais dos preços dos imóveis rurais, também nos últimos dez anos. A partir da pesquisa obtida, buscou-se modelar as incertezas dos fluxos de caixa da produção e arrendamento em uma propriedade rural, voltada para plantio de cana-de-açúcar. Observaram-se assim os efeitos da incerteza nos *outputs* sobre a avaliação por opções reais.

Dados relacionados à safra da cana-de-açúcar, no período 2018-2019 e 2019-2020, e projeções para a próxima safra foram coletados nos boletins atualizados da Conab. Variáveis relacionadas à produção nos últimos dez anos foram obtidas via informativos do Cepea, CNA e Udop, além das associações Socicana, Orplana e União da Indústria de Cana-de-Açúcar (Unica). Dados referentes ao preço da terra agrícola foram coletados no IEA. Dados complementares foram encontrados nas seguintes fontes: Agroanalysis da Fundação Getulio Vargas (FGV), Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (Food and Agriculture Organization – FAO) e IBGE.

Os dados foram utilizados na composição das premissas de produção de cana-de-açúcar e arrendamento. Na primeira etapa, analisando aspectos e perspectivas da produção de cana-de-açúcar na região; na segunda, foram organizados dados para embasar premissas dos modelos de precificação da produção de cana-de-açúcar e arrendamento.

A principal incerteza do modelo está relacionada ao fluxo de caixa futuro de produção. Os dados produtivos foram organizados de forma a estruturar o argumento das premissas adotadas para cada componente do fluxo de produção, envolvendo valor recebido por tonelada de cana e o custo operacional efetivo (COE), com seus respectivos componentes. O fluxo produtivo foi projetado no período 2021-2031, utilizando o método do FCD para estimar o valor presente da produção canieira.

Ao passo que os dados provenientes da área agrícola em conjunto com análises e perspectivas do setor foram organizados para gerar o fluxo de arrendamento (aluguel) projetado para o período 2021-2031, também estimando seu valor presente.

De maneira a padronizar a avaliação do estudo, as variáveis analisadas foram convertidas em dólares americanos, baseados no valor da Ptax (taxa de câmbio de referência) de venda divulgada pelo Banco Central do Brasil (BCB). A taxa de câmbio utilizada foi referente ao último dia útil do mês de março de 2021.

3.1 Processo estocástico e apreçamento

O modelo binomial de Cox, Ross e Rubinstein (1979) permite a modelagem de opções em tempo discreto. O método utiliza uma árvore com distribuição binomial recombinante com abordagem neutra ao risco, assumindo que o ativo subjacente segue um processo estocástico. A abordagem é aplicada a variáveis aleatórias que sigam um MGB, sendo base para o modelo de avaliação dos *outputs* no estudo. Apesar da escolha pelo MGB, outros estudos já modelaram incertezas de preços de *commodities* por movimentos de reversão à média (MRMs), como a análise dos comportamentos dos preços de etanol e açúcar em Pinto (2009).

A modelagem da árvore por Cox, Ross e Rubinstein (1979) segue um processo estocástico do tipo MGB, com taxa de crescimento μ (*drift*) e taxa de volatilidade (σ) conforme a equação diferencial (1).

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz \quad (1)$$

Em que dz é a representação do processo de Wiener em tempo contínuo. Se $z(t)$ é um processo de Wiener, as alterações em z , definidas como Δz no intervalo de tempo discreto Δt , devem respeitar as seguintes condições: i) Δz e Δt têm como relação dada por $\Delta z = \varepsilon_t \cdot \sqrt{\Delta t}$, na qual a variável aleatória $\varepsilon_t \sim N(0,1)$, ou seja, mudanças no processo durante um intervalo de tempo são normalmente distribuídas; e ii) a variável aleatória ε_t é descorrelacionada, ou seja, $E[\varepsilon_t \varepsilon_s] = 0$ para $t \neq s$, o que em outras palavras significa que os valores Δz de para dois intervalos de tempo diferentes são independentes, e portanto não apresentando correlação serial. Além disso, cabe mencionar que em função de o processo de Wiener ser um processo de Markov, para projeção do valor futuro da variável, apenas é necessário o valor atual e a sua distribuição de probabilidade (Dixit e Pindyck, 1994).

O incremento de Wiener é um processo não estacionário. A partir da variação no tempo Δt , o incremento pode ser representado em tempo contínuo como: $dz = \varepsilon_t \cdot \sqrt{dt}$, do $E(dz)=0$, $Var(dz)=dt \Leftrightarrow dz \sim N(0, \sqrt{dt})$ e $\sigma(dz) = \sqrt{dt}$.

Na árvore binomial, as distribuições de probabilidades são utilizadas para estimar o preço da opção, partindo do princípio básico de que o valor do ativo (V_0) em questão é conhecido em t_0 . A partir de t_0 , a trajetória do preço poderá ser ascendente ou descendente, atingindo dois novos estados. O parâmetro de volatilidade (σ) considera o desvio-padrão dos retornos. A partir do valor do ativo V_0 conhecido, os próximos valores V_s podem ser calculados multiplicando V_0 por um fator de alta u (*up*), sendo $V_+ = u \cdot V$ para trajetória ascendente, e o fator de baixa δ (*down*), sendo $V_- = \delta \cdot V$ para trajetória descendente. Tem-se como condição necessária que $u > 1 > \delta$ com probabilidades p e $(1-p)$, respectivamente. A binomial apresenta os parâmetros u , δ e p conforme as equações (2) a (4).

$$u = e^{\sigma \sqrt{\Delta t}} \quad (2)$$

$$\delta = e^{-\sigma \sqrt{\Delta t}} \quad (3)$$

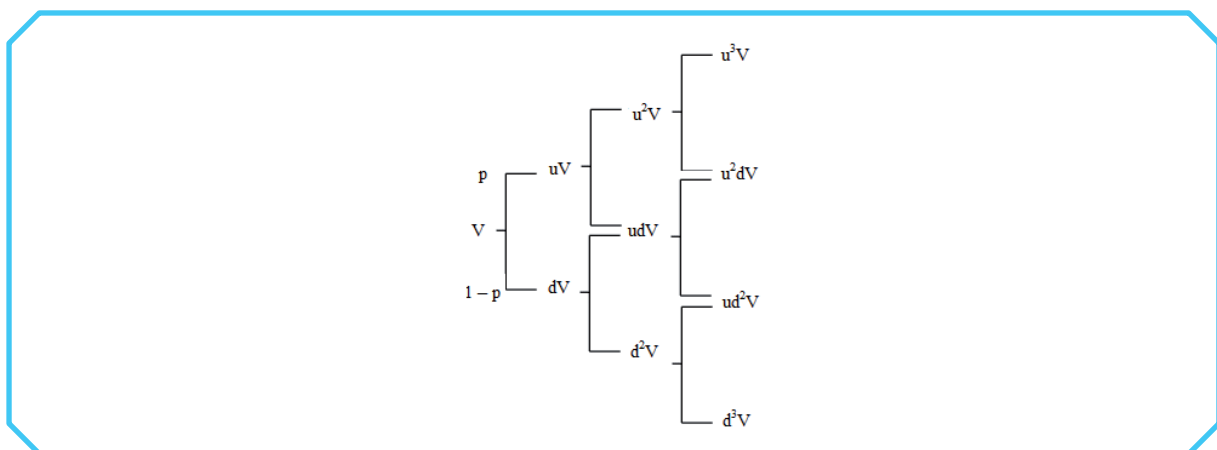
$$p = \frac{(1+r) - \delta}{u - \delta} \quad (4)$$

TEXTO para DISCUSSÃO

Em que u é a taxa de variação de subida do fluxo de caixa, d é a taxa de variação de queda, σ é a volatilidade do valor do projeto e r a taxa neutra ao risco. Cox, Ross e Rubinstein (1979) relatam que a taxa de juros neutra ao risco exige que $u > r > d$. Caso tais desigualdades não se sustentem, poderiam ser observados possíveis ganhos por arbitragem. O valor de p é sempre maior que zero e menor que um, conservando propriedades da teoria de probabilidade. A variação das probabilidades de ocorrência dos fluxos de caixa do projeto é definida como sendo p a probabilidade de subida de preços e $(1-p)$ a probabilidade de queda. A propriedade $d = 1/u$ permite que a árvore torne-se recombinante. Tal propriedade diminui o número de nós binomiais da projeção, tendendo a ser geométrica, multiplicativa e a apresentar uma distribuição log-normal.

Na árvore binomial, representada na figura 2, em t_1 o valor do projeto pode assumir os valores V_{11} (tempo₁, estado₁) ou V_{12} (tempo₁, estado₂). Em t_1 , os estados V_{11} e V_{12} podem tomar duas direções, atingindo V_{21} , V_{22} , V_{23} ou V_{24} em t_2 . Cada estado, ou nó, origina duas novas possibilidades de trajetórias para o preço do ativo, caracterizando a chamada árvore binomial. O prazo de maturação da opção fica de acordo com os passos repetidos até $t = n$, sendo no caso o horizonte do projeto de investimento. Em $t = n$ existirão $2n$ nós finais. A seguir, um exemplo de árvore em três períodos é apresentado na figura 2.

FIGURA 2
Árvore binomial em três períodos



Fonte: Cox, Ross e Rubinstein (1979).

Elaboração dos autores.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

Com a árvore disponível, o cálculo do valor da opção no período t_0 é distinto das análises que consideram opções europeias ou americanas. A partir dos movimentos ascendentes e descendentes do valor inicial do ativo V_0 , modela-se a árvore binomial em passos de tamanho Δt , até o período final t . A partir do último passo t , em cada nó, são exercidas as opções, calculando o valor máximo. Por indução retroativa, cada nó em $t-1$, calcula-se o valor máximo entre exercer a opção ou aguardar. O valor presente em cada nó é calculado por meio dos valores nos nós posteriores, ponderados por p e $(1-p)$ e descontados à taxa livre de risco (r), representando uma abordagem neutra ao risco conforme a equação (5).

$$V_t = \frac{p.V_t \cdot u + (1-p).V_t \cdot \delta}{1+r} \quad (5)$$

3.2 Modelo proposto

Neste trabalho foi desenvolvida uma estrutura binomial que calcula o valor da flexibilidade de migração do arrendamento para a produção agrícola de cana-de-açúcar. As incertezas do setor foram simplificadas entre as alternativas dos fluxos de caixa de arrendamento, passando ao cultivo. Os agricultores consideram tanto a renda potencial da produção quanto o retorno do arrendamento no processo de tomada de decisão.

O ativo base é o valor presente do arrendamento. No modelo são projetadas duas árvores de decisão, conforme o valor presente de cada possibilidade (se manter no arrendamento ou migrar para a produção, subtraída por seu custo de troca) no período de 2021 (t_0) até 2031 (t_{10}). Os resultados são obtidos pela maximização do valor entre as atividades.

A análise da árvore é iniciada nos nós terminais do modelo binomial. Em cada nó, compara-se o maior valor entre o valor presente do arrendamento (VP_{Arr}) e o valor presente da produção (VP_{pr}) sendo este subtraído pelo custo de troca para produção (C_{pr}). O resultado gera um valor presente expandido, em que o maior valor é a melhor decisão em nós terminais. A decisão que maximiza o valor para o proprietário pode ser descrita pela equação (6).

$$VP_{Exp} = \max(VP_{Arr}; VP_{pr} - C_{pr}) \quad (6)$$

Os nós intermediários de cada árvore são avaliados por indução reversa ou *backward*. Pela indução, para cada nó em $t-1$ calcula-se o valor máximo entre exercer a opção ou não. O valor presente neste nó é calculado por meio de valores dos nós posteriores, ponderados por p e $(1-p)$ e descontados à taxa livre de risco (rf). Em cada nó, avalia-se o valor da flexibilidade (opção).

TEXTO para DISCUSSÃO

Os cálculos são feitos em todos os nós de cada árvore, do período t_{10} até t_0 , em que o valor da oportunidade de investimento é calculado.

A maximização envolve o valor presente das atividades ($VP_{Arr}; VP_{Pr} - C_{Pr}$) ou o valor presente ponderado nos nós posteriores da própria árvore e o valor presente ponderado nos nós posteriores da árvore de produção, subtraído por C_{Pr} , de acordo com a equação (7).

$$VP_{Exp} = \max \left(\left(\frac{VP_{Arr}; VP_{Pr} - C_{Pr}}{1+r_f} \right); \left(\frac{p \cdot VP_{Pr, t+1, u} + (1-p) \cdot VP_{Pr, t+1, d}}{1+r_f} \right) - C_{Pr} \right) \quad (7)$$

Com o valor presente tradicional estimado e o valor presente expandido em t_0 é possível chegar ao valor da opção real de migração para a produção, em contrapartida ao arrendamento, conforme equação (8).

$$Opção Real = VP_{Exp} - VP_{Arr} \quad (8)$$

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 A produção de cana-de-açúcar

O ativo base, no caso o fluxo de caixa da produção da cana-de-açúcar, foi modelado estocasticamente. O resultado da produção se baseou no valor recebido pela produção de cana menos o COE, ambos em dólares por tonelada, com premissas relacionadas à safra 2019/2020.

Para Socicana (2019) o preço da cana-de-açúcar (P_{Cana}) em reais por tonelada é definido por dois parâmetros: pela qualidade da cana (Q_{Cana}), quantificado em quilograma de ATR por tonelada de cana, e pelo preço de mercado do ATR (P_{ATR}) em reais por quilograma de ATR. O preço do ATR foi convertido para dólares por quilograma de ATR. A conversão foi feita pela Ptax de venda, considerando a cotação de R\$/US\$ 5,70 de 31 de março de 2021. O preço da cana é resultado assim da multiplicação dos dois fatores, conforme a equação (9).

$$P_{Cana} = Q_{Cana} \times P_{ATR} \quad (9)$$

O valor presente da produção de cana (VP_{Pr}) considera o preço da cana (P_{Cana}) menos o COE, ambos em dólares por tonelada. O VP_{Pr} obtido via FCD foi modelado conforme a equação (10).

$$VP_{Pr} = \sum_{n=1}^t \frac{P_{Cana} - COE}{(1+k)^n} \quad (10)$$

Para a produção de cana-de-açúcar foram obtidos dados para premissas produtivas de três associações de plantadores da região, em concordância com o perfil segmentado do produtor de cana da Orplana da safra 2018/2019. A área média produtiva da região foi de 140 ha e produtividade agrícola média de 79 t/ha. Por sua vez, a qualidade média da cana-de-açúcar obtida na região foi de 140 kg de ATR por tonelada de cana. A tabela 4 apresenta os valores obtidos.

TABELA 4
Padrões produtivos na região de Ribeirão Preto

Cidade	Associação	Área média (ha)	Produtividade (t/ha)	Qualidade ATR (kg/t)
Guariba	Socicana	70	86	136
Ribeirão Preto	Assovale	250	75	142
Sertãozinho	Canaoeste	100	75	142
Média da região		140	79	140

Fonte: Orplana (2019).

Obs.: Assovale – Associação Rural Vale do Rio Pardo; e Canaoeste – Associação dos Plantadores de Cana do Oeste do Estado de São Paulo.

Para o preço do ATR em dólares por quilograma de ATR, o estudo teve como referência o valor de ajuste final de safra, divulgado pela Udop (2021). O valor foi estimado em R\$ 0,6579/kg de ATR para a safra 2019/2020, sendo convertido para dólares por quilograma de ATR e resultando no preço ajustado do ATR para US\$ 0,1155/kg de ATR. Partindo-se do valor médio da qualidade da cana (Q_{Cana}) na região e do preço do ATR (P_{ATR}), foi obtido o valor de US\$ 16,17/t para o preço da cana (P_{Cana}). O resultado foi utilizado como premissa para receita da produção. As premissas adotadas pela Socicana (2019) quantificam que um produtor com produtividade média de 79 t/ha consegue entregar uma produção em torno de 9.216 t de cana por safra (tabela 5).

TABELA 5
Premissas produtivas

Premissas produtivas	Valor	Unidade
Área média	140	ha
Produtividade média	79	t/ha
Qualidade média de ATR	140	kg/t
Produção de cana própria	9216	t
Preço do ATR	0,1155	US\$/kg ATR
Valor recebido pela cana	16,17	US\$/t

Fonte: Orplana (2019), Socicana (2019) e Udop (2021).

Elaboração dos autores.

TEXTO para DISCUSSÃO

A formação do canavial passa pelas etapas de preparo do solo, plantio, tratos culturais de cana planta, tratos culturais soca (primeira muda de cana) e colheita (corte, transbordo e transporte). A implantação do canavial é a base para o ciclo de cultivo. Parte da estrutura de custos de produção pode ser organizada nas respectivas etapas. Os componentes de custos envolvidos na formação do canavial são maquinário, mão de obra, insumos e capital de giro. As premissas de custos foram baseadas em Socicana (2019) e também ajustadas para dólares por tonelada.

Analisando de forma segmentada, os custos com maquinário foram divididos em próprio e serviços (terceirização). Mais de 90% dos custos com maquinário foram de serviços que envolvem a colheita. No maquinário próprio, 27,88% dos custos se destinaram ao preparo do solo e 57,19% aos tratos culturais soca. Os valores encontram-se na tabela 6.

Em relação aos insumos (tabela 7), eles podem ser divididos por estágio ou classe. Por estágio, mais de 60% destinaram-se aos tratos soca, seguidos de 27,82% aplicados ao plantio. Por classe, maior parte dos custos veio do uso de fertilizantes (cerca de 50%), seguidos dos custos com mudas (15,23%) e herbicidas (13,28%).

TABELA 6
Custo segmentado com maquinário

	Valor (US\$/t)	%
Total maquinário	5,29	
Serviços	4,94	93,43
Preparo de solo	0,09	1,85
Plantio	0,00	0,00
Tratos culturais planta	0,00	0,00
Tratos culturais soca	0,10	1,93
Colheita	4,76	96,22
Próprio	0,35	6,57
Preparo de solo	0,10	27,88
Plantio	0,03	9,30
Tratos culturais planta	0,02	5,64
Tratos culturais soca	0,20	57,19
Colheita	0,00	0,00

Fonte: Socicana (2019).
Elaboração dos autores.

TABELA 7
Custo com insumos por estágio e classe

	Valor (US\$/t)	%
Total insumos	4,57	
Por estágio		
Preparo de solo	0,29	6,26
Plantio	1,27	27,82
Tratos culturais planta	0,14	3,03
Tratos culturais soca	2,87	62,89
Colheita	0,00	0,00
Por classe		
<i>Diesel</i>	0,31	6,82
Lubrificantes	0,03	0,68
Corretivos	0,27	6,00
Fertilizantes	2,28	49,93
Herbicidas	0,61	13,28
Inseticidas	0,32	7,07
Mudas	0,70	15,23
Nematicidas	0,00	0,00
Outros	0,04	0,98

Fonte: Socicana (2019).

Elaboração dos autores.

A mão de obra divide-se em temporária e fixa. A temporária representou 61,10% do custo, sendo 84,65% destinados ao plantio (tabela 8), enquanto na mão de obra fixa, mais de 60% foram destinados aos tratos culturais soca e 23,17% ao preparo do solo. Para os custos com capital de giro, mais de 65% são destinados a tratos culturais soca e colheita (40,61% e 27,56%, respectivamente), segundo premissas da Socicana (2019), que podem ser observados na tabela 9.

TABELA 8
Custo com mão de obra da produção

	Valor (US\$/t)	%
Total mão de obra	1,33	
Temporária	0,81	61,10
Preparo de solo	0,00	0,00
Plantio	0,69	84,65
Tratos culturais planta	0,00	0,00
Tratos culturais soca	0,12	15,35
Colheita	0,00	0,00

(Continua)

TEXTO para DISCUSSÃO

(Continuação)

	Valor (US\$/t)	%
Fixa	0,52	38,90
Preparo de solo	0,12	23,17
Plantio	0,05	9,92
Tratos culturais planta	0,03	5,77
Tratos culturais soca	0,32	61,14
Colheita	0,00	0,00

Fonte: Socicana (2019).
Elaboração dos autores.

TABELA 9
Capital de giro

	Valor (US\$/t)	%
Total capital de giro	0,09	
Preparo de solo	0,01	6,36
Plantio	0,02	23,41
Tratos culturais planta	0,00	2,06
Tratos culturais soca	0,04	40,61
Colheita	0,03	27,56

Fonte: Socicana (2019).
Elaboração dos autores.

Os últimos componentes do COE são as despesas administrativas, não inseridas nos estágios de formação do canavial. São compostas por impostos, taxas, seguro, manutenção e outras despesas (contador, água, luz). Entre elas, mais de 60% destinaram-se aos pagamentos de impostos e taxas.

Dentro da composição de impostos e taxas, 0,65% da taxa associativa e 2,85% (pessoa jurídica) do Fundo de Assistência ao Trabalhador Rural (Funrural) incidem sobre o faturamento, enquanto o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR) incide sobre o valor da terra nua, a uma alíquota de 0,07%, sobre a área produtiva em hectares. A tabela 10 demonstra as despesas administrativas.

TABELA 10
Despesas administrativas

	Valor (US\$/t)	%
Total despesas administrativas	0,95	
Impostos, taxas, contribuições	0,62	65,11
Taxa associativa	0,11	17,02
ITR	0,05	8,49
Funrural	0,46	74,48
Seguro e manutenção predial	0,11	12,04
Seguro	0,01	12,27
Manutenção	0,10	85,51
Outros	0,22	22,71
Contador	0,07	31,58
Contas (água, luz, telefone etc.)	0,14	63,16
Outros	0,01	5,26

Fonte: Socicana (2019).
Elaboração dos autores.

Ao consolidar os componentes e premissas adotadas, o COE utilizado para a safra 2019/2020 atingiu um valor total de US\$ 12,23/t (tabela 11).

TABELA 11
COE
(Em US\$/t)

COE	12,23
(-) Maquinário	5,29
(-) Mão de obra	1,33
(-) Insumos	4,57
(-) Despesas administrativas	0,95
(-) Capital de giro	0,09

Fonte: Socicana (2019).
Elaboração dos autores.

4.2 O arrendamento rural

Segundo o Estatuto da Terra (Lei nº 4.504/1964), o arrendamento rural é um contrato de direito agrário, permitindo a atividade produtiva agrária a quem não possui uma propriedade rural própria, enquanto possibilita ao proprietário, possuidor ou administrador da terra rural torná-la

TEXTO para DISCUSSÃO

produtiva de forma rentável. Deve existir efetivamente uma relação entre as partes que caracterize o arrendamento. Na maioria dos contratos, o preço do arrendamento é fixado a partir do valor do produto a ser cultivado, e existe um grande número de contratos informais. Isso se encontra tanto nas lavouras de grãos quanto nas agroindústrias canavieiras e cítricas. O prazo de arrendamento atualmente é estabelecido entre as partes mediante contrato, que pode ser prorrogado ou não após o final, desde que respeite o período mínimo de cinco anos para lavoura permanente ou semipermanente, como é o caso da cana-de-açúcar no Brasil. Este prazo mínimo está previsto no Decreto nº 59.566/1966.

Na região canavieira em São Paulo, os pagamentos costumam ser mensais, ou anuais, a depender da safra. O período dos contratos de arrendamento para lavoura permanente em São Paulo tem sido em média de sete a dez anos (Lima Filho, Silva e Aguiar, 2017).

Neste estudo, os fluxos de caixa projetados para o arrendamento rural contemplam os anos de 2021 a 2031. Para obtenção desses fluxos, a receita do arrendamento é formada a partir da quantidade média de referência de cana-de-açúcar em tonelada por hectare ($Qt_{Cana\ Arr}$), multiplicada pelo preço pago em reais por tonelada de cana ao arrendador ($P_{Cana\ Arr}$). Ainda neste estudo, o preço pago também foi convertido para dólares por tonelada. Ao multiplicar as duas variáveis pela razão entre a área de colheita (AC) e a área total da produção (AP) em hectares, obtém-se o valor pago por unidade de área (VUA) em dólares por hectares pela equação (11).

$$VUA = Qt_{Cana\ Arr} \times P_{Cana\ Arr} \times \frac{AC}{AP} \quad (11)$$

Para calcular o fluxo de arrendamento (A_{rr}) em dólares por tonelada, multiplica-se o VUA em dólares por hectares pela razão entre área de produção (AP) e produção de cana em tonelada (Pr_{Cana}), observada na equação (12).

$$Arr = VUA \times \frac{AP}{Pr_{Cana}} \quad (12)$$

A partir da variável do arrendamento (A_{rr}), é obtido o FCD do arrendamento (VP_{Arr}), definido na equação (13).

$$VP_{Arr} = \sum_{n=1}^t \frac{Arr}{(1+k)^n} \quad (13)$$

O arrendamento obteve resultados expressivos na região de Ribeirão Preto. Existe grande concentração de usinas na região pressionando a competição por terras e matéria-prima. Geralmente os arrendatários são também proprietários de usinas, apresentando boas condições produtivas, financeiras e poder de barganha em negociações contratuais (Orplana, 2019).

Segundo Agroanalysis (2019), a região apresentou 28,93 t/ha (70 toneladas/alqueire) negociadas para quantidade praticada ($Qt_{CanaArr}$) em 2018, enquanto no arrendamento as negociações foram em média de 121,97 kg de ATR/t, conforme dados da Socicana (2019). O valor do ATR por tonelada foi multiplicado pelo preço do ATR, estimado em R\$ 0,6579/kg de ATR para a safra 2019/2020, segundo a Udop (2021). O resultado do preço pago por tonelada de cana ao arrendador ($P_{CanaArr}$) foi R\$ 80,24/t. O preço convertido em dólar passou a ser de US\$ 14,08/t.

Para a razão entre a área de colheita e a área total da produção (AC/AP), a metodologia da Socicana (2019) quantificou 117 ha para área de colheita (AC), valor dividido pelos 140 ha definidos como área de produção (AP). Obtidas as três variáveis e aplicando a equação (11), o VUA obtido foi US\$ 339,46/ha. Ao multiplicar os 117 ha da área de colheita (AC) pela produtividade média da região (79 t/ha), a produção de cana (Pr_{Cana}) gera um valor de 9.216 t. Para o fluxo de arrendamento (A_{rr}), diante dos 140 ha de área produtiva (AP) e aplicação da equação (13), o resultado obtido foi US\$ 5,16/t, valor adotado como premissa de arrendamento em t_0 (2021).

TABELA 12
Premissas para o fluxo de caixa do arrendamento

Itens	Valores	Unidade
Quantidade praticada média	28,93	t/ha
Qualidade praticada (padrão)	121,97	kg ATR/t
Valor pago por tonelada de cana	14,08	US\$/t
Razão AC/AP	117/140	ha
Valor pago por unidade de área	339,46	US\$/ha
Produção de cana	9.216	t
Valor do arrendamento	5,16	US\$/t

Fonte: Orplana (2019) e Socicana (2019).
Elaboração dos autores.

4.3 Taxa de desconto

Para obtenção da taxa de desconto aplicada aos fluxos de caixa de produção e arrendamento, foi calculado o custo médio ponderado de capital (*weight averaged cost of capital* – WACC) e ajustado ao setor agrícola. Primeiramente, o beta desalavancado (β_U) para agricultura foi obtido com base em Damodaran (2021). Ao β_U foi aplicada a relação entre dívida e patrimônio líquido *debt/equity* (D/E), proposta por Farinelli (2017), na qual a estrutura de capital corresponde a 80% do capital de terceiros e 20% do capital próprio. O beta alavancado (β_L) final ficou em 2,22. A alíquota de imposto (t) utilizada considera o lucro real (25%) e a contribuição social sobre lucro líquido (9%). As variáveis geram um beta alavancado de acordo com a fórmula (14):

TEXTO para DISCUSSÃO

$$\beta_L = B_U \left[1 + (1-t) \cdot \frac{D}{E} \right] \quad (14)$$

O custo do capital próprio (K_e) foi calculado via *capital asset pricing modelling* (CAPM). A taxa livre de risco (R_f) foi obtida pela expectativa do BCB para retornos dos títulos do Tesouro vinculados à taxa Selic, estimada em 4,25% ao ano (a.a.) (BCB, 2021). O prêmio de risco de mercado (ERP) foi obtido pela diferença entre o retorno anual do Índice Ibovespa para 2021 (como referência de taxa de risco de mercado no Brasil) e a taxa livre de risco (retornos dos títulos do Tesouro vinculados à taxa Selic), resultando em 6,3% a.a. O custo de capital próprio (K_e) resultante é de 18,24% (nominal em reais), calculado pela equação (15).

$$K_e = R_f + \beta_L \cdot (ERP) \quad (15)$$

O custo de capital de terceiros ou custo de dívida (K_d) foi calculado considerando a disponibilidade de linhas de crédito para captação de recursos via Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). A linha BNDES Agro apresenta custo de captação formado pela Taxa de Longo Prazo (TLP) de 2,87% (para o ano de 2021), somado ao Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) estimado do ano de captação (5,97% a.a.), à taxa de financiamento BNDES (Tx_{BNDES}) de 1,25% a.a. e à taxa do agente financeiro (Tx_{AF}) de 2,45% a.a. (BNDES, 2021). O custo de capital de terceiros resultante é de 12,54% a.a. (nominal em reais), calculado pela equação (16).

$$K_d = TLP + IPCA + Tx_{BNDES} + Tx_{AF} \quad (16)$$

A partir dos custos de capital próprio e de terceiros calculados em termos nominais em reais, foi possível calcular o $WACC_{US\$}$ em 9,75% a.a., conforme equação (17).¹

$$WACC = K_e \cdot \frac{E}{(D+E)} + K_d \cdot \frac{D}{(D+E)} \cdot (1-T) \quad (17)$$

Em que $(D+E)$ é a representação do valor contábil do projeto (V), considerando dívida (D) somada ao patrimônio líquido (E). Após calcular os percentuais de custos de capital próprio e de terceiros, eles foram convertidos para dólar americano para trazer consistência à projeção de

1. O WACC foi calculado tendo como base os parâmetros mais recentes, que seriam mais adequados para estimar projeções futuras. Para fins de cálculo do WACC neste estudo, pressupõe-se que a empresa apresenta condições de capturar o benefício tributário da dívida no Brasil. Esta abordagem geral para obtenção de dívida por meio de financiamento bancário também pode ser observada na *Metodologia de Cálculo do WACC* de 2018, disponível em: <<https://www.gov.br/fazenda/pt-br/centrais-de-conteudos/publicacoes/guias-e-manuais/metodologia-de-calculo-do-wacc2018.pdf>>.

fluxos de caixa de arrendamento, que também se encontra em dólar americano. O resultado do cálculo da taxa de desconto (WACC) encontra-se resumido na tabela 13.

TABELA 13
Detalhamento da taxa de desconto (WACC)

<i>Bu agricultura</i>	0,61
<i>Debt/equity</i>	4,00
<i>Alíquota efetiva de imposto</i>	34,00%
<i>B_i agricultura</i>	2,22
<i>Rf (Selic 2021 – nominal BRL)</i>	4,25%
<i>Risco de mercado nominal (Ibovespa)</i>	10,55%
<i>Prêmio de risco nominal – ERP (BRL)</i>	6,30%
Ke	18,24%
<i>BNDES Agro (TLP(IPCA+2,87%)+1,25% taxa BNDES+2,45% agente financeiro)</i>	12,54%
Kd	12,54%
<i>Debt/value</i>	0,80
<i>Equity/value</i>	0,20
WACC nominal R\$	10,27%
<i>Inflação US</i>	0,60%
<i>Inflação Brasil (IPCA 2021)</i>	5,97%
WACC nominal US\$	9,75%

Fonte: Damodaran (2007).
Elaboração dos autores.

4.4 FCD da produção

O fluxo de caixa da produção foi calculado como o cenário determinístico projetado, a partir do qual pode ser estimada a migração do arrendamento. O valor estimado para recebimento pelo produtor de cana de US\$ 16,17/t, diminuído pelo COE de US\$ 12,23/t em 2021, pode gerar um lucro operacional de US\$ 3,94/t.

Para mensurar a rentabilidade da produção, foi utilizado o critério de cálculo para rentabilidades agropecuárias anuais praticado pela Scot Consultoria (Aguiar, 2015). Para o cálculo, divide-se o lucro operacional da atividade pelo valor da terra. O lucro operacional foi convertido para dólares por hectare (US\$ 259,36/ha) e dividido pelo valor da terra, segundo estimativa da Socicana (2019). A associação considerou o valor da terra em R\$ 25.100/ha (US\$ 4.403,50/ha ajustado ao dólar). Os valores obtidos geraram uma rentabilidade para produção canavieira de 5,9%.

TEXTO para DISCUSSÃO

Para obtenção do fluxo de caixa, aplicou-se a alíquota de imposto de renda com base no lucro real (25%) e na Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL) (9%). A premissa de depreciação aplicada ao fluxo se baseou no valor médio destinado à depreciação, conforme dados das associações de Ribeirão Preto, divulgados na Orplana (2019). Os valores são relacionados à perda de valor dos maquinários e benfeitorias direcionados à produção de cana-de-açúcar (tabela 14). O valor médio resultante foi US\$ 0,38/t. Portanto, o fluxo de caixa da produção foi estimado em US\$ 2,98/t para 2021 (tabela 15).

TABELA 14

Depreciação média na região de Ribeirão Preto

(Em US\$/t)

Cidade	Associação	Depreciação (US\$/t)
Guariba	Socicana	0,41
Ribeirão Preto	Assovale	0,36
Sertãozinho	Canaoeste	0,37
Média da região		0,38

Fonte: Orplana (2019).

Elaboração dos autores.

TABELA 15

Fluxo de caixa estimado da produção de cana

(Em US\$/t)

Valor recebido por tonelada de cana	16,17
(-) COE	12,23
Lucro operacional	3,94
(-) Imposto de renda (IR)	1,34
(+) Depreciação	0,38
Fluxo de caixa da produção	2,98

Fonte: Socicana (2019), Orplana (2019) e Udop (2021).

Elaboração dos autores.

Para projeção do fluxo durante o período 2021-2031 foram adotados os critérios descritos a seguir.

- Valor recebido por tonelada de cana: para a correção anual da produção foi utilizado o *upside* referente à estimativa de preço do ATR para 2020/2021 (US\$ 0,1262/kg de ATR) da CNA (2020b), em relação ao valor de ajuste final na safra 2019/2020 (US\$ 0,1155/kg de ATR) da Udop (2021). O valor foi estimado em 9,29%.
- COE e depreciação: para correção anual do COE e depreciação durante a projeção foi considerada a variação anual média dos custos produtivos, durante as safras 2008/2009 a 2018/2019. O valor foi baseado na análise de custos de produção da cana-de-açúcar da CNA (2020a). Segundo a análise, a variação média anual dos custos foi de 9,01%.
- Taxa de desconto (WACC): 9,75% a.a.

Os fluxos projetados geraram um valor presente para produção (ativo base) de US\$ 30,13/t, como descrito na tabela 16. O valor foi aplicado à projeção da árvore binomial. Ao multiplicar o valor unitário pela premissa produtiva de 9.216 t, o resultado do valor presente da produção foi US\$ 277 mil.

TABELA 16

Valor presente para produção (2021-2031)

(Em US\$/t)

Produção (US\$/t)	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
(+) Valor recebido	16,17	17,67	19,31	21,10	23,06	25,20	27,54	30,10	32,90	35,95	39,29
(-) COE	12,23	13,33	14,53	15,84	17,27	18,82	20,52	22,37	24,38	26,58	28,97
Lucro operacional	3,94	4,34	4,78	5,26	5,80	6,38	7,03	7,74	8,52	9,37	10,32
(-) IR	1,34	1,48	1,62	1,79	1,97	2,17	2,39	2,63	2,90	3,19	3,51
Depreciação (+)	0,38	0,41	0,45	0,49	0,53	0,58	0,63	0,69	0,75	0,82	0,89
Fluxo de caixa	2,98	3,27	3,60	3,96	4,36	4,79	5,27	5,80	6,37	7,01	7,70
Fluxo descontado		2,98	2,99	3,00	3,00	3,01	3,02	3,02	3,03	3,03	3,04
Valor presente (US\$/t)											30,13
Valor presente (US\$)											277.626,8

Elaboração dos autores.

4.5 FCD do arrendamento

De acordo com as premissas adotadas, o valor para o arrendamento foi US\$ 5,16/t para 2021. De forma a calcular a rentabilidade do arrendamento em relação à terra, considerou-se o valor pago por unidade de área (VUA) de US\$ 339,46/ha. O valor foi dividido pelo valor da terra em dólar (US\$ 4.403,50/ha), baseado na Socicana (2019), obtendo rentabilidade de 7,71%.

Os fluxos projetados para o período 2021-2031 também foram corrigidos anualmente pelo *upside* utilizado para o valor recebido por tonelada de cana (9,29%). A alíquota de IR aplicada considerou o lucro real (25%) e CSLL (9%). O arrendamento líquido de imposto também foi descontado pela taxa obtida via WACC (9,75%). O valor presente do arrendamento foi US\$ 33,26/t, resultado aplicado à projeção da árvore binomial. O valor unitário multiplicado à premissa produtiva de 9.216 t resultou em um valor presente de US\$ 306 mil para o arrendamento.

TABELA 17

Valor presente do arrendamento (2021-2031)

(Em US\$/t)

Arrendamento (US\$/t)	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
(+) Valor recebido	5,16	5,64	6,16	6,73	7,36	8,04	8,79	9,60	10,49	11,47	12,53
(-) IR	1,75	1,92	2,09	2,29	2,50	2,73	2,99	3,26	3,57	3,90	4,26
Valor líquido	3,40	3,72	4,07	4,44	4,86	5,31	5,80	6,34	6,93	7,57	8,27
Fluxo descontado		3,39	3,38	3,36	3,35	3,33	3,32	3,30	3,29	3,28	3,26
Valor presente (US\$/t)											33,26
Valor presente (US\$)											306.502,33

Elaboração dos autores.

4.6 Modelo com opções

Na modelagem da opção de migração para produção, foram adotadas as premissas destacadas a seguir.

- *Taxa livre de risco*: taxa média dos retornos anuais dos últimos dez anos do *US ten year bond*, com base em Damodaran (2021), calculada em 2,8%.
- *Volatilidade da produção*: desvio-padrão da variação dos *log* retornos passados no preço mensal do ATR dos últimos dez anos (120 observações) calculada em 21,72% a.a., ajustado para dólares por quilograma de ATR, baseado na Udop (2021). Valor aplicado às fórmulas (2) e (3) para estimar o fator ascendente (*u*) e descendente (*d*), conforme a tabela 18.

- *Volatilidade do arrendamento*: desvio-padrão da variação dos *log* retornos nos preços médios anuais dos imóveis rurais com benfeitorias dos últimos dez anos (valor obtido de 16,44% a.a.), ajustados para dólares por hectare, baseado no IEA (2021). Valor aplicado às fórmulas (2) e (3) para estimativa do fator ascendente (u) e descendente (d), respectivamente (tabela 19).

TABELA 18**Parâmetros calculados para a árvore binomial**

rf	2,80%
σ	21,72%
u	1,24
d	0,80
p	0,51
$1-p$	0,49

Fonte: Damodaran (2021) e Udop (2021).
Elaboração dos autores.

TABELA 19**Premissas de arrendamento da árvore binomial**

rf	2,80%
σ	16,44%
u	1,18
d	0,85
p	0,54
$1-p$	0,46

Fonte: Damodaran (2021) e IEA (2021).
Elaboração dos autores.

Para cálculo do custo de transição do arrendamento para a produção, foram considerados os valores classificados como implantação do canavial. Seguindo premissas da Socicana (2019), o custo operacional unitário total para implantar o canavial foi equivalente a US\$ 6,43/t (tabela 20). Com base nas premissas adotadas obtemos a árvore binomial, conforme a tabela 21.

TEXTO para DISCUSSÃO

TABELA 20

Custos com migração e implantação da produção

(Em US\$/t)

Implantação do canavial	US\$/t
Preparo de solo	0,59
Plantio	2,04
Tratos culturais planta	0,19
Tratos culturais soca	3,61
Total	6,43

Fonte: Socicana (2019).

Elaboração dos autores.

TABELA 21

Árvore binomial do valor presente expandido da produção

(Em US\$/t)

Árvore binomial de migração para produção										
2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
34,97	41,92	50,50	61,14	74,42	91,06	111,91	137,92	170,10	209,55	257,91
	28,82	34,28	40,92	49,06	59,15	71,80	87,77	108,02	133,52	164,78
		24,08	28,47	33,72	40,04	47,72	57,17	69,03	84,27	104,46
			20,32	23,96	28,27	33,35	39,38	46,54	55,10	65,39
				17,23	20,31	23,94	28,22	33,26	39,20	46,21
					14,62	17,23	20,31	23,94	28,22	33,26
						12,40	14,62	17,23	20,31	23,94
							10,52	12,40	14,62	17,23
								8,93	10,52	12,40
									7,57	8,93
										6,42

Elaboração dos autores.

A tabela 22 descreve os resultados do trabalho. Sob a ótica do FCD, ambos os fluxos de caixa (arrendamento e produção) apresentaram viabilidade econômica, mas não capturaram a flexibilidade sobre o uso da terra. O valor presente expandido com opção de migração do arrendamento para a produção foi US\$ 34,97/t (US\$ 322 mil). O valor da opção de migrar foi estimado em US\$ 1,71/t (US\$ 15,7 mil).

TABELA 22
Resumo dos resultados

Resultado	Valor presente (US\$/t)	Valor presente expandido (US\$/t)	Opção (US\$/t)	Incremento (%)
Arrendamento para produção	33,26	34,97	1,71	5,13

Elaboração dos autores.

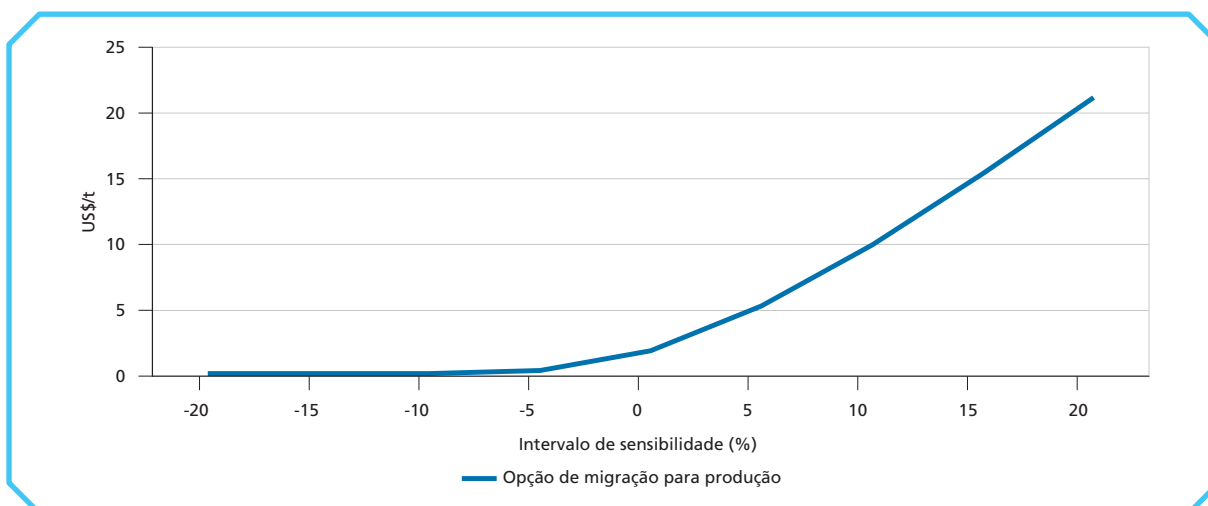
Ao analisar o valor da opção em relação a possíveis variações no preço do ATR (dólares por quilograma de ATR), a opção real de migrar do arrendamento para produção canavieira pode passar a ter um incremento de até US\$ 20,98/t, caso o ATR se eleve em até 20% (US\$ 193.314,37), o que representa um aumento de 63,07% do valor da opção. No caso de redução no preço do ATR em 20% (US\$ 0,0924/kg), a opção real de migrar do arrendamento para produção não teria valor. A análise de sensibilidade pode ser observada na tabela 23 e no gráfico 5.

TABELA 23
Sensibilidade ao preço do ATR

Resultado	Valor presente (US\$/t)	Valor presente expandido (US\$/t)	Opção (US\$/t)	Incremento (%)
Aumento de 20% no preço do ATR				
Valor	33,26	54,24	20,98	63,07
Diminuição de 20% no preço do ATR				
Valor	33,26	33,26	0,00	0,00

Elaboração dos autores.

GRÁFICO 5
Sensibilidade ao preço do ATR



Elaboração dos autores.

TEXTO para DISCUSSÃO

Ao analisar o impacto de variações de 20% na quantidade praticada média para fins de migração do arrendamento para a produção canavieira, observa-se que uma redução em até 20% nesta variável aumenta o valor da opção de migrar do arrendamento para a produção. Este aumento corresponde a US\$ 5,23/t (US\$ 48.165,79) e incremento de 19,64%. A tabela 24 e o gráfico 6 apresentam os resultados da análise de sensibilidade sobre o valor da opção.

TABELA 24

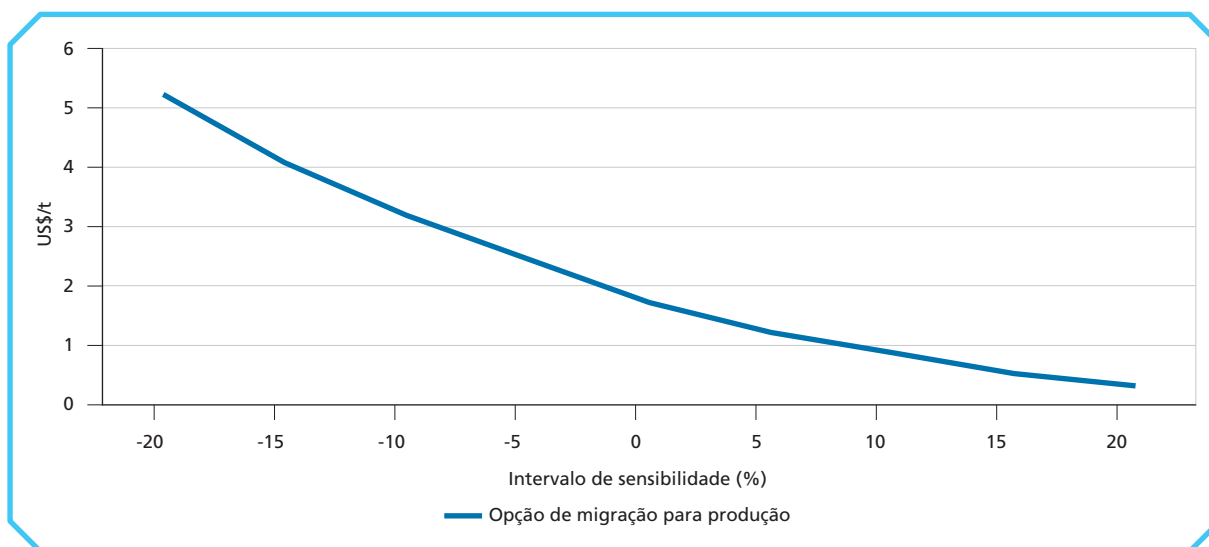
Sensibilidade à quantidade praticada média de cana-de-açúcar

Resultado	Valor presente (US\$/t)	Valor presente expandido (US\$/t)	Opção (US\$/t)	Incremento (%)
Aumento de 20% na quantidade praticada média				
Valor	39,91	40,23	0,32	0,80
Diminuição de 20% na quantidade praticada média				
Valor	26,61	31,83	5,23	19,64

Elaboração dos autores.

GRÁFICO 6

Sensibilidade à quantidade praticada média de cana-de-açúcar



Elaboração dos autores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa foi motivada a analisar o valor da flexibilidade de migração entre o arrendamento de propriedades canaveiras e o seu uso para plantio de cana-de-açúcar, diante da dificuldade de o proprietário apreçar tais flexibilidades em sua propriedade rural. O estudo utilizou a abordagem de opções reais para modelar a incerteza relacionada à decisão de produção e arrendamento em uma propriedade rural no Brasil. A opção foi calculada por árvore binomial.

O modelo foi aplicado em um estudo de caso direcionado a propriedades de médio a grande porte na região de Ribeirão Preto, no estado de São Paulo. O caso base foi uma propriedade arrendada, com área média produtiva de 140 ha. O modelo buscou avaliar a opção que o proprietário possui em migrar para a produção agrícola. A análise de premissas teve como base a safra 2019/2020. No processo de tomada de decisão considerou-se a projeção de fluxos de caixa no período de 2021 a 2031.

O resultado positivo do apreçamento da opção de migrar do arrendamento para a produção canaveira, em meio a condições de incerteza, permite observar que esta tomada de decisão pode ser vantajosa para os proprietários de terra da região do estudo. Ainda que o valor da opção seja muito sensível ao preço do ATR e à quantidade praticada média de cana-de-açúcar, este estudo pode contribuir para que empreendedores rurais explorem métodos de apoio à decisão robustos, em meio a suas pesquisas de viabilidade econômico-financeira de uso das propriedades agrícolas.

O estudo, no entanto, apresenta limitações passíveis de serem endereçadas a trabalhos futuros. A incerteza do preço do ATR foi modelada seguindo um processo de difusão do tipo MGB, mas a série histórica de retornos poderia ser testada quanto à presença de raiz unitária, o que poderia alterar os parâmetros obtidos para cálculo da opção. As incertezas do modelo final de apreçamento da opção foram simplificadas e concentradas na incerteza do fluxo de caixa da produção canaveira.

Outros estudos já haviam modelado projetos no setor canavieiro pela Teoria das Opções Reais. Zilio e Lima (2015) avaliaram projetos de investimento em cana-de-açúcar nas regiões de Piracicaba e Sertãozinho, utilizando opções reais. Os resultados do trabalho também permitiram observar valor incremental em 40% nos empreendimentos. Smith (2018) já havia modelado projetos no setor canavieiro na Austrália, utilizando opções reais, determinando faixas de preço da cana para tomada de decisão ótima sobre o abandono da produção canaveira.

Do ponto de vista econômico, a análise e a modelagem proposta neste estudo podem influenciar os tomadores de decisão para o setor agrícola no Brasil. Conforme análise da CNA (2021), em cenários de elevada volatilidade dos preços de itens formadores do custo agrícola, tais

como fertilizantes e óleo *diesel*, o momento ótimo para aquisição de insumos e venda torna-se fundamental na avaliação de mecanismos de incentivo para o setor. Cabe destacar que diversas cadeias produtivas de insumos agrícolas sofreram com escassez de oferta e desvalorização da moeda brasileira. Em contrapartida, o efeito cambial, conjugado com a recuperação dos preços do açúcar no mercado externo e a elevação do preço do barril de petróleo, beneficia o preço ATR. Uma vez sendo o direcionador da receita dos produtores, o aumento do ATR tende a impactar mais a receita que os custos de produção, melhorando relativamente a rentabilidade do produtor.

Para fins de desenvolvimento de estudos futuros, o impacto do câmbio sobre o setor poderia ser avaliado, possibilitando a mensuração de risco de forma ampliada ao observar empreendimentos agrícolas. Outros fatores de incerteza, tais como variáveis climáticas, os volumes colhidos por safra e o próprio valor do arrendamento na região, também poderiam ser analisados com mais profundidade. Outra possibilidade de aprimoramento futuro seria a otimização de áreas de propriedades, avaliando a distribuição ótima percentual entre produzir e arrendar na mesma propriedade. Dessa forma, o modelo permitiria maximizar os fluxos de caixa futuros do proprietário e elevar o retorno financeiro sobre a área disponível.

Cabe ressaltar que a metodologia proposta neste estudo também pode ser empregada em diferentes contextos e estruturas produtivas do agronegócio, existindo um grande espaço à pesquisa e à aplicação das opções reais. A modelagem ampliada pode contribuir e dinamizar avaliações voltadas para aquisições e vendas de terras agrícolas.

Em relação às políticas públicas, o estudo pode ajudar na definição de projetos prioritários, otimizando recursos a serem destinados ao setor automotivo, como o desenvolvimento de veículos híbridos. Destaca-se, também, a possibilidade de destinação de linhas de financiamento específicas administradas pelo BNDES para o setor canavieiro. Santos, Garcia e Shikida (2015) já haviam observado estímulos ao setor, como direcionadores do aumento da produção sucroalcooleira brasileira.

REFERÊNCIAS

AGROANALYSIS. Em região de cana-de-açúcar, arrendar a terra é a melhor opção. **Agroanalysis**, v. 39, n. 7, p. 18-19, 2019. Disponível em: <<https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/article/view/80187>>. Acesso em: 20 dez. 2019.

AGUIAR, G. Carta gestor: rentabilidade – como calcular e analisar? **Scot Consultoria**, 2015. Disponível em: <<https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/cartas/39018/carta-gestor---rentabilidade:-como-calcular-e-analisar>>. Acesso em: 20 dez. 2020.

BCB – BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Cotação dólar dia**. Brasília: BCB, 2021. Disponível em: <<https://olinda.bcb.gov.br/olinda/servico/PTAX/versao/v1/aplicacao#!/recursos>>. Acesso em: 20 jul. 2021.

_____. **Focus**: relatório de mercado. Brasília: BCB, 2021. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/publicacoes/focus/25062021>>. Acesso em: 25 jun. 2021.

_____. **Taxa Selic**. Brasília: BCB, 2021. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/taxaselic>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

BLACK, F.; SCHOLLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. **The Journal of Political Economy**, v. 81, n. 3, p. 637-654, 1973.

BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **BNDES Agro**. [s.l.]: BNDES, 2021. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-agro>>. Acesso em: 3 maio 2021.

BRASIL. Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964. Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 nov. 1964.

_____. Decreto nº 59.566, de 14 de novembro de 1966. Regulamenta as seções I, II e III do capítulo IV do título III da Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964, Estatuto da Terra, o capítulo III da Lei nº 4.947, de 6 de abril de 1966, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 nov. 1966.

CNA – CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Custos de produção e produtividade da cana-de-açúcar na safra 2019/2020**. Brasília: CNA, 2020a. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/boletins/custos-de-producao-e-productividade-da-cana-de-acucar-na-safra-2019-2020>>. Acesso em: 25 ago. 2020.

_____. **Avaliação econômica do andamento da safra 2020/2021**. Brasília: CNA, 2020b. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/images/04.06.2020_Apresentação-Custos-Cana-compactado-1.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2020.

_____. **Safra 2021/2022 de cana-de-açúcar iniciará com expectativas de alta nos custos de produção**. Brasília: CNA, 2021. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/boletins/ativos_cana_campo_futuro_Marco2021.pdf>. Acesso em: 5 dez. 2021.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar**. Brasília: Conab, 2020a. v. 6, n. 4. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>>. Acesso em: 18 abr. 2020.

_____. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar**. Brasília: Conab, 2020b. v. 7, n. 1. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>>. Acesso em: 14 ago. 2020.

CONSECANA – CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ETANOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Regulamento do Consecana**. São Paulo: Consecana, 2020. Disponível em: <<http://www.consecana.com.br/regulamento.asp>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

COPELAND, T. E.; TUFANO, P. A real-world way to manage real options. **Harvard Business Review**, Boston, v. 82, n. 3, p. 90-99, 2004.

COSTA, G. F. **Caracterização do setor sucroalcooleiro na mesorregião de Ribeirão Preto**. Piracicaba: Esalq-USP, 2011. p. 21.

COX, J. C.; ROSS, S. A.; RUBINSTEIN, M. Option pricing: a simplified approach. **Journal of Financial Economics**, v. 7, n. 3, p. 229-263, 1979.

DAMODARAN, A. **Avaliação de empresas**. 2. ed. São Paulo: Pearson, 2007.

_____. **Damodaran online**, 2021. Disponível em: <<http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

DIAS, M. O. de S. *et al.* Sugarcane processing for ethanol and sugar in Brazil. **Environmental Development**, v. 15, p. 35-51, 2015.

DI CORATO, L.; BRADY, M. V. Passive farming and land development: a real options approach. **Land Use Policy**, v. 80, p. 32-46, 2019.

DI CORATO, L.; GINBO, T. **Climate change and coffee farm relocation in Ethiopia**: a real-options approach. Venice: Department of Economics/University of Venice, 2020. (Working Papers, n. 2).

DI CORATO, L.; ZORMPAS, D. **Investment in farming under uncertainty and decoupled support**: a real options approach. Venice: Department of Economics/University of Venice, 2019. (Working Paper, n. 6).

DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. **Investment under uncertainty**. New Jersey: Princeton University Press, 1994.

EMPLASA – EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO. **Região metropolitana de Ribeirão Preto**. São Paulo: Emplasa, 2016. (Estudo Técnico). Disponível em: <https://consultapublicarmrp.intelekto.org/dados_all.php>. Acesso em: 20 ago. 2020.

FAOSTAT – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Countries by commodity**. Rome: FAOSTAT, 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity>. Acesso em: 18 abr. 2020.

FARINELLI, J. B. de M. **Flexibilidade gerencial e diversificação de culturas na propriedade rural canavieira**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2017. p. 135.

FARINELLI, J. B. de M. *et al.* Crop diversification strategy to improve economic value in Brazilian sugarcane production. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 4, p. 1402-1411, 2018.

FERREIRA, F.; LI, J.; UNGARETTI, M. **Raio-XP da Bolsa**: revisando o target do Ibovespa para 145.000 pontos. São Paulo: Expert XP, 2021. Disponível em: <<https://conteudos.xpi.com.br/acoes/relatorios/raio-xp-da-bolsa-revisando-o-target-do-ibovespa-para-145-000-pontos/>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

HAUER, G. *et al.* A spatial real options approach for modeling land use change: assessing the potential for poplar energy plantations in Alberta. **Canadian Journal of Agricultural Economics**, v. 65, n. 6, p. 271-292, 2017.

HOSSISO, K. W.; RIPPLINGER, D. The value of switching production options in a flexible biorefinery. **Agricultural and Resource Economics Review**, v. 46, n. 1, p. 146-173, 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 2017**. [s.l.]: IBGE, 2017a. Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>>. Acesso em: 30 ago. 2020.

_____. **A geografia da cana-de-açúcar**: dinâmica territorial da produção agropecuária. [s.l.]: IBGE, 2017b. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/analises-do-territorio/18939-a-geografia-da-cana-de-acucar>>. Acesso em: 25 ago. 2020.

IEA – INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Cana-de-açúcar na região de Ribeirão Preto**. São Paulo: IEA, 2007. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=8911>>. Acesso em: 25 ago. 2020.

_____. **Preços de terras agrícolas**. São Paulo: IEA, 2021. Disponível em: <<http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/precosdeterraagricolas.php>>. Acesso em: 21 jul. 2021.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Economia agrícola**. Rio de Janeiro: Ipea, 2020. (Carta de Conjuntura, n. 47). Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/conjuntura/200526_economia_agricola.pdf>. Acesso em: 25 maio 2020.

IPEADATA. **Produção**: cana-de-açúcar. Brasília: Ipeadata, 2020. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br>>. Acesso em: 1º set. 2020.

JUNQUEIRA, V. H. O papel do Estado na expansão do setor sucroalcooleiro na região de Ribeirão Preto-SP. **Revista Nera**, n. 31, p. 51-71, 2016.

LIMA FILHO, R. R. de; PILA, J. Rentabilidade do agro: resultado de 2018 e expectativas para 2019. **Agroanalysis**, v. 39, n. 3, p. 24-26, 2019.

LIMA FILHO, R. R. de; SILVA, A. S. L. da; AGUIAR, G. A. M. Cenário favorável para o arrendamento. **Agroanalysis**, v. 37, n. 4, p. 25-26, 2017.

MUSSHOFF, O. Growing short rotation coppice on agricultural land in Germany: a real options approach. **Biomass and Bioenergy**, v. 41, n. 6, p. 73-85, 2012.

OLIVEIRA, D. L. *et al.* Switching outputs in a bioenergy cogeneration project: a real options approach. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 36, p. 74-82, 2014.

ORPLANA – ORGANIZAÇÃO DE ASSOCIAÇÕES DE PRODUTORES DE CANA DO BRASIL. **Perfil segmentado do produtor de cana safra 2018/2019**. Ribeirão Preto: Orplana, 2019. Disponível em: <<https://www.orplana.com.br/lp-segmenta-obrigado.php>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

PINTO, C. L. B. **Modelagem de opções reais com processos de reversão à média em tempo discreto**: uma aplicação na indústria brasileira de etanol. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. p. 164.

PISSINATO, B. **A cultura da cana-de-açúcar no estado de São Paulo entre 1950 e 2010**: evolução histórica da área e da produtividade. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014. p. 162.

REGAN, C. M. *et al.* Real options analysis for land use management: methods, application, and implications for policy. **Journal of Environmental Management**, v. 161, n. 9, p. 144-152, 2015.

REGAN, C. M. *et al.* Climate change and the economics of biomass energy feedstocks in semi-arid agricultural landscapes: a spatially explicit real options analysis. **Journal of Environmental Management**, v. 192, n. 5, p. 171-183, 2017.

SANT'ANNA, A. C. *et al.* Os desafios da expansão da cana-de-açúcar: como pensam e agem arrendatários e produtores? **Radar**, n. 39, p. 39-48, 2015.

SANTOS, G. R. dos; GARCIA, E. A.; SHIKIDA, P. F. A. A crise na produção do etanol e as interfaces com as políticas públicas. **Radar**, n. 39, p. 27-38, 2015.

SCHATZKI, T. Options, uncertainty and sunk costs: an empirical analysis of land use change. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 46, n. 1, p. 86-105, 2003.

SECOR, W. G.; BOLAND, M. A. Corn-ethanol plant investment: a real options case study. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 99, n. 2, p. 524-531, 2017.

SMITH, M. A real options approach to evaluating agricultural investments under uncertainty: when to get in and out of sugarcane production. **SocioEconomic Challenges**, v. 2, n. 1, 2018.

SOCICANA – ASSOCIAÇÃO DOS FORNECEDORES DE CANA DE GUARIBA. **Custos de produção**: painel de custos Pecege – safra 2018/2019. Guariba: Socicana, 2019. Disponível em: <<http://socicana.com.br/custos-de-producao/>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

SPIEGEL, A. *et al.* Policy analysis of perennial energy crop cultivation at the farm level: short rotation coppice (SRC) in Germany. **Biomass and Bioenergy**, v. 110, n. 3, p. 41-56, 2018.

SPIEGEL, A. *et al.* Stochastic-dynamic modelling of farm-level investments under uncertainty. **Environmental Modelling and Software**, v. 127, n. 5, 2020.

TRIGEORGIS, L. The nature of option interactions and the valuation of investments with multiple real options. **The Journal of Financial and Quantitative Analysis**, v. 28, n. 1, p. 1-20, 1993.

TRIGEORGIS, L.; TSEKREKOS, A. E. Real options in operations research: a review. **European Journal of Operational Research**, v. 270, n. 1, p. 1-24, 2018.

UDOP – UNIÃO NACIONAL DE BIOENERGIA. **Valores de ATR e preço da tonelada de cana-de-açúcar**: Consecana do estado de São Paulo. São Paulo: Udop, 2021. Disponível em: <https://www.udop.com.br/cana/tabela_consecana_saopaulo.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2021.

UNICA – UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Área cultivada com cana-de-açúcar**: mapeamento de área Centro-Sul. São Paulo: Unica, 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/382iYTK>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

U.S. BUREAU OF LABOR STATISTICS. **Consumer price index**. Washington: U.S. Bureau of Labor Statistics, 2021. Disponível em: <<https://www.bls.gov/cpi/>>. Acesso em: 25 jun. 2021.

VITAL, A. Devolução de terras onerosas de arrendamento pelas usinas vem crescendo. **JornalCana**, 16 jun. 2020. Disponível em: <<https://jornalcana.com.br/devolucao-de-terras-onerosas-de-arrendamento-pelas-usinas-vem-crescendo/>>. Acesso em: 1º abr. 2021.

WOLBERT-HAVERKAMP, M.; MUSSHOF, O. Is short rotation coppice economically interesting? An application to Germany. **Agroforestry Systems**, v. 88, n. 3, p. 413-426, 2014a.

_____. Are short rotation coppices an economically interesting form of land use? A real options analysis. **Land Use Policy**, v. 38, n. 5, p. 163-174, 2014b.

WORK, J.; HAUER, G.; LUCKERT, M. K. What ethanol prices would induce growers to switch from agriculture to poplar in Alberta? A multiple options approach. **Journal of Forest Economics**, v. 33, p. 51-62, 2018.

YEMSHANOV, D. *et al.* A real options-net present value approach to assessing land use change: a case study of afforestation in Canada. **Forest Policy and Economics**, v. 50, n. 1, p. 327-336, 2015.

ZETTERHOLM, J. *et al.* Evaluating investments in integrated biofuel production: factoring in uncertainty through real options analysis. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON EFFICIENCY, COST, OPTIMIZATION, SIMULATION AND ENVIRONMENTAL IMPACT OF ENERGY SYSTEMS, 32., 2019, Wrocław. **Proceedings**... Wrocław: Institute of Thermal Technology, 2019. p. 1911-1922.

ZILIO, L.; LIMA, R. 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, 2015.

EDITORIAL

Chefe do Editorial

Aeromilson Trajano de Mesquita

Assistentes da Chefia

Rafael Augusto Ferreira Cardoso

Samuel Elias de Souza

Supervisão

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Revisão

Bruna Oliveira Ranquine da Rocha

Carlos Eduardo Gonçalves de Melo

Elaine Oliveira Couto

Lis Silva Hall

Mariana Silva de Lima

Marlon Magno Abreu de Carvalho

Vivian Barros Volotão Santos

Débora Mello Lopes (estagiária)

Rebeca Raimundo Cardoso dos Santos (estagiária)

Editoração

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Mayana Mendes de Mattos

Mayara Barros da Mota (estagiária)

Capa

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Projeto Gráfico

Aline Cristine Torres da Silva Martins

*The manuscripts in languages other than Portuguese
published herein have not been proofread.*

Missão do Ipea

Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.



ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

MINISTÉRIO DA
ECONOMIA



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL