**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Atratividade de canaviais paulistas sob a ótica da Teoria das Opções Reais

Leonardo Botelho Zilio

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

**Piracicaba
2014**

Leonardo Botelho Zilio
Bacharel em Economia

Atratividade de canaviais paulistas sob a ótica da Teoria das Opções Reais

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **ROBERTO ARRUDA DE SOUZA LIMA**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

**Piracicaba
2014**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Zilio, Leonardo Botelho

Atratividade de canaviais paulistas sob a ótica da Teoria das Opções Reais /
Leonardo Botelho Zilio.- - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de
2011. - - Piracicaba, 2014.

121 p: il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2014.

1. Cana-de-açúcar 2. Fluxo de caixa descontado 3. São Paulo 4. Teoria das
Opções Reais 5. Viabilidade econômica I. Título

CDD 338.17361
Z69a

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte -O autor"

AGRADECIMENTOS

Agradeço, preponderantemente, à minha família; Silvia, Guilherme e Isabela, pelo apoio, compreensão e amor dedicados ao longo dos espetaculares últimos sete anos e de muitos outros que ainda virão.

Aos meus pais, Vital e Roselin; e irmãos, Mauricio e Gabriel, pela construção da base de apoio na qual se é possível desenvolver uma vida.

À todos os demais parentes e familiares, por compartilharem dos bons momentos juntos no Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Distrito Federal e Paraíba.

Ao Pedro e à Iara, por sua grande amizade e companheirismo. Ao Vinícius, Taine, Daniel Capitani, Daniel Amaral, Fabio, Aretha, Carolina, Tiago, Cesinha, Rafael, Rodolfo, Maria Alice, Matheus, Lucas, Mariângela, Guilherme, José Ricardo, Heidi, Lucimeire e demais amigos paulistanos, pelotenses, piracicabanos e brasilienses que tive o prazer de conviver ao longo dos últimos anos.

Aos colegas de PECEGE, Pedro, Daniel, Carlos, João, Patrícia, que de forma muito especial propiciaram ótimos momentos nos projetos, pesquisas e viagens realizados entre 2008 e 2011.

À Maielli, com muito carinho, por todo o apoio e solidariedade prestados ao longo do mestrado e doutorado.

Ao professor Roberto, pela orientação e dedicação sempre presentes em seu grande trabalho como docente da ESALQ.

Aos professores Lucílio Alves, Márcia Azanha, Maura Esperancini, pelas colaborações fundamentais para o encaminhamento da tese.

Aos amigos da CNA, Rosemeire, Renato, Marcos, Adriana e Bruno, e aos competentes profissionais do CTC, Luiz Antonio Paes, Daiane Diehl, Diego Ferres, Felipe Andrade; da AFOCAPI, José Rodolfo Penatti, Nelson Penatti, Arnaldo Bortoletto, Paulo Pinca, da CANAOESTE, Gustavo Nogueira, Thiago Silva, Almir, Manoel Ortolan e da ORPLANA, Geraldo Majela, Enio, Ismael Perina, sem os quais não seria possível a obtenção do conhecimento acerca da cana-de-açúcar no Brasil.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de doutorado.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da qual hoje sinto saudades, mas que guardarei lembranças com carinho para o resto da vida.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	9
1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos	13
1.2 Organização e estruturação do estudo	14
2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA	15
2.1 Histórico do setor sucroenergético brasileiro	15
2.2 Métodos convencionais de análise de projetos.....	19
2.3 Sobre a Teoria das Opções Reais - TOR	21
2.3.1 Conceito básico da TOR	21
2.3.2 As opções intrínsecas a projetos físicos de investimentos	23
2.3.3 Aplicações da TOR	26
3 METODOLOGIA	31
3.1 Fontes dos dados	31
3.2 Caracterização da produção canavieira típica	31
3.2.1 Características técnicas típicas da região de Piracicaba.....	31
3.2.2 Sistema de produção típico da região de Piracicaba	36
3.2.3 Características técnicas típicas da região de Sertãozinho	37
3.2.4 Sistema de produção típico da região de Sertãozinho.....	40
3.3 Estrutura financeira típica da região de Piracicaba	41
3.3.1 Custos de produção: Piracicaba	41
3.3.2 Investimentos: Piracicaba.....	44
3.3.3 Receitas: Piracicaba	46
3.4 Estrutura financeira típica da região de Sertãozinho.....	47
3.4.1 Custos de produção: Sertãozinho	47
3.4.2 Investimentos: Sertãozinho	49
3.4.3 Receitas: Sertãozinho	50
3.5 Taxa de desconto	51
3.6 Valor Presente Líquido, Valor Uniforme Líquido e Taxa Interna de Retorno.....	55
3.7 Teoria das Opções Reais	58
3.7.1 Árvore binomial	58

3.7.2 Determinação dos parâmetros do modelo binomial	68
3.8 Demais considerações sobre o modelo	70
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	71
4.1 Fluxo de caixa descontado	71
4.2 Rede binomial	75
4.3 Fluxo de caixa descontado vs TOR.....	82
4.4 Tópico adicional: cenários alternativos	84
4.4.1 Cenário alternativo <i>a</i>): inexistência de incentivos sobre o CCT	85
4.4.2 Cenário alternativo <i>b</i>): produção canavieira realizada em 100% de terras arrendadas ..	87
4.4.3 Cenário alternativo <i>c</i>): produção canavieira realizada em 100% de terras próprias	90
4.5 Discussões Complementares.....	92
5 CONCLUSÕES.....	97
REFERÊNCIAS	99
ANEXOS	107

RESUMO

Atratividade de canaviais paulistas sob a ótica da Teoria das Opções Reais

A típica produção de cana-de-açúcar por fornecedores autônomos no Estado de São Paulo dá-se em pequenas propriedades rurais. Nessa atividade, constatou-se prejuízo econômico entre as safras 2007/08 e 2011/12, fato este que leva ao objetivo do presente estudo: responder por que, então, tais produtores mantêm-se no fornecimento de cana-de-açúcar em detrimento de encerrarem seus projetos e direcionarem os recursos para outras atividades. Foram analisados dois projetos de investimento em cana-de-açúcar, tomando como base informações disponíveis das regiões de Piracicaba e Sertãozinho. Considerando-se o método do fluxo de caixa descontado, obtiveram-se estimativas que apontam para a atratividade econômica do plantio de cana em ambas as regiões, haja vista a resposta positiva dos Valores Presentes Líquidos calculados. Tais evidências foram corroboradas quando da utilização da Teoria das Opções Reais, proposta que incorpora no modelo de decisão a flexibilidade gerencial do investidor. Neste caso, mais expressivas foram as respostas obtidas em termos de atratividade financeira. Ressalta-se, ainda, para os principais parâmetros que impactam na viabilidade econômica de empreendimentos canavieiros, a saber, o preço e a qualidade da cana-de-açúcar e a produtividade agrícola. Adicionalmente, os resultados apontam para melhores condições financeiras quando a produção de cana é realizada em terras próprias – em detrimento de áreas arrendadas – além da necessidade de incentivos dados pelas usinas aos fornecedores da região de Sertãozinho. Medidas que visam ganhos de produtividade agrícola e a profissionalização da atividade são apontadas como fatores motivadores de ganhos financeiros, enquanto que em termos de políticas públicas cita-se a possibilidade de ajustes nos sistemas de precificação da gasolina C e na tributação dos derivados da cana-de-açúcar, ações que tendem a elevar a rentabilidade da atividade ora analisada.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar; Fluxo de caixa descontado; São Paulo; Teoria das Opções Reais; Viabilidade econômica

ABSTRACT

Attractiveness of Sao Paulo sugarcane fields from the perspective of the Real Options Theory

The typical production of sugarcane by independent suppliers in the São Paulo State gives up on small farms. In this activity, it was found that between crops 2007/08 and 2011/12 there was economic loss, a fact that leads to the goal of the present study: answer why these producers still remain providing sugarcane. Apart from the traditional viability analysis, the study incorporated the Real Options Theory analysis, which includes managerial flexibility on the investor decision model. Two sugarcane investment projects based on available information of Piracicaba and Sertãozinho regions were analyzed. Considering the discounted cash flow method, we obtained estimates pointing to the economic attractiveness of sugarcane planting in both regions, as shown by the positive response of the Net Present Values calculated. This evidence was corroborated when using the Real Options Theory, given the most significant were the responses in terms of financial attractiveness. Additionally, the results point to better financial conditions when the production of sugarcane is held in its own land, beyond the need for mills incentives to independent suppliers of Sertãozinho. Price and quality of sugarcane and agricultural productivity presented the higher impact on the financial viability of projects. Finally, actions focus on agricultural productivity gains are seen as motivating for financial gain, while in terms of public policy we mention the possibility of adjustments in C gasoline pricing systems and in the taxation on derived products from sugarcane.

Keywords: Discounted Cash Flow; Economic Viability; Real Option Theory; Sao Paulo; Sugarcane

1 INTRODUÇÃO

O Brasil posicionava-se, em 2010, como maior produtor mundial de açúcar e segundo colocado na produção de etanol, conforme apontam dados da União da Indústria de Cana-de-açúcar – UNICA (2012b) e da Renewable Fuels Association - RFA (2012). De fato, o setor sucroenergético brasileiro encontra-se, nesta segunda década do século XXI, numa posição de liderança em relação à produção de tais commodities.

Após a inserção do automóvel bicomcombustível no mercado brasileiro, no ano de 2003, o setor sucroenergético brasileiro experimentou um significativo crescimento. Entre as safras 2005/06 e 2009/10 foram inauguradas 103 novas usinas de açúcar e etanol, elevando a capacidade produtiva a patamares recordes. No entanto, como reflexo da crise mundial de 2008, observou-se uma diminuição natural no ritmo de investimentos voltados ao setor, seja na parte industrial – onde poucos projetos *Green Fields* foram registrados, seja na parte agrícola – onde se constatou o envelhecimento dos canaviais devido a falta de renovação dos mesmos e da prática dos corretos investimentos em tratos culturais da soqueira da cana, entre outros motivos (ETHANOL SUMMIT, 2011; UNICA, 2012a; PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM ECONOMIA E GESTÃO DE EMPRESAS – PECEGE, 2011).

Como consequência, a produção de açúcar, etanol e cana-de-açúcar passou por um período de estagnação, enquanto que sua demanda manteve o ritmo natural de crescimento. Prova disso foi observada no final da safra canavieira 2010/2011. Entre meados de novembro de 2010 e final de março de 2011, os preços do etanol hidratado subiram 64%, levando à falta de atratividade do etanol como combustível frente a gasolina no Estado de São Paulo, principal polo de produção do Brasil (CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA, 2012).

Em termos agrícolas vislumbrou-se em 2011 quedas acentuadas de produtividade agrícola, as quais contribuíram para a diminuição da produção brasileira de cana de 625 milhões de toneladas na safra 2010/2011 para 555 milhões na safra 2011/2012. Além das questões climáticas envolvidas, a falta de investimentos nas reformas dos canaviais e no correto manejo da soqueira (tratos culturais) são apontados como fatores determinantes para tal queda de produção (UNICA, 2011b; NEVES, 2011).

Levando em conta a realidade paulista, outros fatores vêm encarecendo os custos de se produzir cana, tais como os elevados preços de terras e da mão de obra, o que compromete a

atratividade da atividade no Estado. Isto posto, conclui-se que a atividade canavieira paulista, no nível do fornecedor de cana, passa por um período delicado em termos de sustentabilidade econômica. Segundo Marques (2009), Xavier et. al (2009) e PECEGE (2010; 2011; 2012), entre as safras 2007/2008 e 2011/2012 os custos totais de produção da cana-de-açúcar mantiveram-se em tal magnitude que os preços médios recebidos não foram suficientes para garantir o equilíbrio econômico. Apenas em algumas regiões, como em Assis/SP, foram encontradas margens médias positivas no decorrer do período analisado. Dessa forma, conclui-se que possivelmente o típico fornecedor de cana-de-açúcar paulista possa ter como comprometida a atratividade de sua atividade no longo prazo (Figura 1 e Tabela 1).

Figura 1 – Evolução dos custos totais de produção, preços recebidos e margens da produção de cana-de-açúcar na região Tradicional de produção: safras 2007/08 a 2011/12 – valores nominais

Nota: COE = Custo Operacional Efetivo; COT = Custo Operacional Total; CT = Custo Total

Fonte: Marques (2009); Xavier et. al (2009); PECEGE (2010; 2011; 2012)

Cabe, então, uma série de questionamentos, tais como: *i)* por que os fornecedores de cana seguem na atividade dada a situação de aparente prejuízo econômico? *ii)* qual o movimento produtivo esperado desses fornecedores a partir de então, ou seja, qual o destino das terras atualmente utilizadas na produção de cana (venda, arrendamento ou permanência do fornecimento de matéria-prima à usina)? *iii)* o que de fato impacta na atratividade da atividade e quais variáveis podem ser controladas a fim de se elevar a rentabilidade? *iv)* estariam esses fornecedores valorando de forma diferente sua realidade econômica, tal como

mantendo viva uma opção de aguardar maiores informações de preços e custos para, então, definir o rumo de sua atividade?

Tabela 1 – Custos de produção, preços e margens de canaviais paulistas – valores reais médios com base nas safras 2007/2008 à 2011/2012: regiões selecionadas

Região	COE (R\$/tc)	COT (R\$/tc)	CT (R\$/tc)	Preço (R\$/tc)	Margem (%)
Araçatuba	40,47	52,61	61,56	59,11	-4,0%
Assis	35,11	46,51	55,21	58,17	5,4%
Catanduva	38,98	56,16	75,39	60,24	-20,1%
Piracicaba	43,64	64,61	76,46	59,03	-22,8%
Sertãozinho	36,34	53,11	74,26	58,97	-20,6%
Média	38,91	54,60	68,58	59,10	-13,8%

Nota 1: Valores deflacionados pelo IPA-DI: base = 2012

Nota 2: COE = Custo Operacional Efetivo; COT = Custo Operacional Total; CT = Custo Total

Fonte: Marques (2009); Xavier et. al (2009); PECEGE (2010; 2011; 2012)

Resultados que consigam responder parte desses questionamentos justificam o desenvolvimento do presente estudo. Adicionalmente, a elaboração de modelos de fácil entendimento, tais como o da árvore binomial, possibilitam um uso menos restritivo por parte dos agentes ligados ao setor se comparado a modelos mais complexos, os quais serão abordados em capítulos posteriores. Finalmente, deseja-se que as informações extraídas da pesquisa possam colaborar estrategicamente para a tomada de decisão tanto dos atuais quanto dos potenciais fornecedores de cana-de-açúcar do Estado de São Paulo, de forma a propiciar embasamento para que o máximo lucro seja extraído da atividade.

1.1 Objetivos

O objetivo principal deste estudo é estimar a atratividade econômica da produção de cana-de-açúcar em duas regiões do Estado de São Paulo: Piracicaba e Sertãozinho.

Como objetivos secundários busca-se:

- Mensurar o valor da opção de prosseguir na atividade produtiva da cana-de-açúcar;
- Comparar os resultados obtidos via utilização da Teoria das Opções Reais – TOR com aqueles obtidos em análises convencionais de investimento;
- Estimar preço do quilograma de ATR, produtividades agrícolas, quantidades de ATR por tonelada de cana, preços de terras e preços de arrendamentos

mínimos que viabilizam os canaviais de ambas as regiões analisadas na ótica dos métodos convencionais de análise de projetos e da TOR.

1.2 Organização e estruturação do estudo

Além dessa Introdução, o presente estudo foi organizado em outros quatro capítulos. O capítulo 2 traz uma Revisão de Literatura acerca do tema abordado, evidenciando os aspectos históricos relevantes (tópico 2.1), as características produtivas regionais (tópico 3.2), os métodos tradicionalmente utilizados em análises de projetos de investimentos (tópico 2.2) e a Teoria das Opções Reais em si, foco de análise do estudo (tópico 2.3).

A Metodologia (capítulo 3) por sua vez foi dividida em seis partes. Inicialmente, apresentam-se as fontes dos dados utilizados na elaboração do modelo proposto (tópico 3.1). Os itens 3.2 e 3.4 dedicam-se a caracterizar as estruturas de entradas e saídas financeiras das regiões de Piracicaba e Sertãozinho, evidenciando informações de custos, investimentos e receitas vinculadas aos canaviais típicos analisados. Posteriormente são descritos os modelos utilizados no estudo, sendo apresentados inicialmente os métodos tradicionais do Valor Presente Líquido – VPL, Valor Uniforme Líquido – VUL e Taxa Interna de Retorno – TIR (tópico 3.6), chegando a abordagem da Teoria das Opções Reais (tópico 3.7). Finalmente algumas considerações metodológicas adicionais são tecidas no tópico 3.8.

Ademais, apresenta-se os Resultados obtidos, no capítulo 4, e encerra-se o estudo com as Considerações Finais, no capítulo 5.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 Histórico do setor sucroenergético brasileiro

Para entender a dinâmica de mercado na qual o fornecedor de cana-de-açúcar se insere atualmente, é de grande valia analisar a evolução histórica da atividade canavieira no Brasil. Isto porque, atualmente, o produtor de cana do Estado de São Paulo tem sua receita atrelada aos preços de venda dos produtos finais da cadeia, relação esta definida pelo sistema CONSECANA¹. Nesse sistema, o fornecedor recebe da usina um percentual ponderado dos preços comercializados do açúcar e do etanol, dependendo do mix de produção da unidade industrial para a qual ele entrega a matéria-prima. Entretanto, nem sempre o valor de venda da cana foi definido desta forma.

A partir de 1933 a produção e comercialização dos produtos da cadeia sucroalcooleira começaram a ser regulados pelo governo, via Instituto do Açúcar e do Alcool – IAA. Este órgão foi criado basicamente para: *i)* solucionar o problema de superprodução de açúcar ocorrido desde 1930; *ii)* reorganizar os mercados internos, e; *iii)* fomentar a produção de etanol carburante em território nacional. O IAA, que teve sua fundação apoiada pelos produtores de cana, assumia o papel de controlador das cotas de produção de cada unidade industrial, tabelava os preços do açúcar e do etanol e ainda era responsável pela comercialização interna e externa desses produtos. Consequentemente, observava-se uma relativa estabilidade econômica para os agentes atuantes no setor (MORAES, 2000; MORAES, 2007).

Em 1975, após a primeira crise do petróleo, surge o Programa Nacional do Alcool – PROALCOOL, o qual objetivava alavancar o nível tecnológico da produção sucroalcooleira brasileira e reduzir a dependência da matriz energética nacional ao petróleo, tornando o país menos susceptível a choques externos de oferta desse combustível. Após a segunda crise do petróleo, cumulativamente a acontecimentos das décadas de 1940 e 1970, consolida-se a forte migração das usinas para o Centro-Sul do país, especialmente para o Estado de São Paulo (MORAES, 2000; MORAES, 2007).

Já no final da década de 1980 o Brasil experimenta uma considerável crise interna de abastecimento, originando incertezas a respeito da credibilidade e sustentabilidade do

---

¹ CONSECANA é o Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Alcool. Trata-se de uma associação que tem como objetivo balizar algumas regras comerciais a serem seguidas pelos agentes do setor sucroenergético: usinas e fornecedores de cana (UNICA, 2012c).

PROALCOOL. Em 1988 entra em vigor a nova Constituição Federal, e se inicia o processo de afastamento estatal da economia. Por consequência, em 1990 o IAA é extinto, iniciando-se um período de conflito de interesses entre os agentes participantes da cadeia sucroalcooleira. É apenas em 1999 que o processo de desregulamentação do setor completa-se. Nesse período contava-se com a existência de diversos grupos de interesses, tais como a União da Indústria de Cana-de-açúcar – UNICA, a União dos Produtores de Bioenergia – UDOP, a Organização de Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil – ORPLANA, entre outros, cada qual defendendo os interesses de determinados agentes ou instaurados a nível governamental com o intuito de centralizar as decisões estratégicas que envolviam o futuro do setor como um todo (MORAES, 2000; MARTINS, 2003; BARROS; MORAES, 2007).

É também no final dos anos 1990 que o fornecedor de cana-de-açúcar tem sua receita atrelada ao supracitado sistema CONSECANA, o qual caracteriza-se por uma relação de parceria entre produtor rural e usina de forma que ambos sejam remunerados pela produção final da cadeia.

Em 2003 o advento dos veículos bicompostíveis fez com que a demanda por etanol crescesse vertiginosamente, levando a significativos investimentos na construção de novas destilarias e fábricas de açúcar em todo o Centro-Sul brasileiro. Conforme mostra a Figura 2, o que se observa é um grande crescimento na produção de cana-de-açúcar até a safra 2010/11, o qual foi interrompido na safra 2011/12 em virtude de questões climáticas e da cumulativa falta de investimentos em reforma dos canaviais (PECEGE, 2012, UNICA, 2012a). De 2008 em diante, em grande parte devido aos efeitos da crise mundial ocorrida no mesmo ano, verifica-se uma redução no número de novas usinas, bem como nos investimentos em renovação de canaviais em todo o Brasil. Consequência disso, bem como em virtude das condições climáticas desfavoráveis, foi a severa queda na produtividade agrícola constatada principalmente na safra 2011/12, na qual os níveis históricos de 85 tc/ha deram lugar a valores na faixa de 70 tc/ha no Centro-Sul, um dos piores desempenhos da década de 2000 (UNICA; 2011; CONAB; 2011; PECEGE; 2011).

Figura 2 – Produção total de cana-de-açúcar no Brasil: safras 1990/91 a 2011/12

Fonte: UNICA (2013)

Nos períodos mais recentes o que se nota é uma tentativa de reestruturação do setor, seja por parte das unidades industriais, as quais direcionam os bons resultados financeiros obtidos nas safras 2010/11 e 2011/12 à reforma dos canaviais; seja por parte do governo, o qual lançou em janeiro de 2012 a linha de crédito Prorenova. Esta linha, lançada num montante de R\$ 4 bilhões, tem como intuito financiar pessoas físicas e jurídicas que possuam investimentos no setor sucroenergético via plantio de cana-de-açúcar, tanto para formação quanto para renovação de canaviais. Tendo como órgão executor o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, libera até R\$ 4.350,00/ha e possui a flexibilidade quanto ao prazo de pagamento (BNDES, 2012).

Por fim, cabe salientar que a participação do fornecedor na produção total de cana-de-açúcar vem caindo ao longo das últimas três décadas. Conforme mostra a Figura 3 e a Figura 4, ao longo da década de 1980 os fornecedores respondiam por patamares entre 30% e 35% do total da cana moída no Centro-Sul brasileiro, ao passo que três décadas mais tarde, na safra 2011/12, esse percentual caiu para aproximadamente 25% (UDOP, 2012; ORPLANA, 2012b, 2012c, 2012d; UNICA, 2012a, 2012b, 2012d).

Figura 3 – Participação de fornecedores na produção total de cana-de-açúcar no Centro-Sul brasileiro: safras 1984/85 a 2011/12

Nota: Dados indisponíveis para o período entre as safras 2005/06 a 2008/09.

Fonte: UDOP (2012), ORPLANA (2012b, 2012c, 2012d), UNICA (2012a, 2012b, 2012d)

Figura 4 – Participação de fornecedores na produção total de cana-de-açúcar no Centro-Sul brasileiro: agregação em quinquênios – 1980-85 a 2010-15

Fonte: UDOP (2012), ORPLANA (2012b, 2012c, 2012d), UNICA (2012a, 2012b, 2012d)

2.2 Métodos convencionais de análise de projetos

A teoria encarregada pela análise de projetos de investimentos utiliza-se de uma gama de ferramentas para suportar a tomada de decisão dos agentes interessados em aplicar recursos financeiros, em geral limitados, em distintos tipos de empreendimentos. Dentre os métodos convencionais, salientam-se os do Valor Presente Líquido – VPL e da Taxa Interna de Retorno – TIR.

A aplicação dessas ferramentas na agroindústria brasileira é bastante difundida. Paranhos e Paranhos (2010) fazem uso de ambos os métodos, TIR e VPL, para analisar a atratividade econômica da produção de soja em terras arrendadas no município de Capão Bonito, Estado de São Paulo. Os autores concluem ser atrativa a produção dessa cultura dentro das premissas adotadas, sendo o risco mensurado apenas pelas análises de cenários desenvolvidas. Em seu estudo são comparadas três variáveis (preço da saca de soja, produtividade agrícola e TMA), cada qual contando com cinco valores discretos definidos arbitrariamente, ou seja, os riscos inerentes à produção são, na verdade, parcialmente medidos.

Em estudos relacionados diretamente ao setor canavieiro, Kaneko et al. (2009) e Zilio (2012) chegam a conclusões semelhantes quanto à viabilidade econômica da produção da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. Kaneko et al. (2009) desenvolveram um estudo de caso para uma pequena propriedade localizada no município de Sud Mennucci/SP. Segundo os resultados do VPL (- R\$ 278,48) e da TIR (2,54%), o fornecimento de cana-de-açúcar do produtor que terceiriza 100% de suas operações agrícolas não se trata de uma alternativa interessante para a região. Zilio (2012) estudou a atratividade econômica do setor canavieiro brasileiro, levando em consideração a realidade produtiva de fornecedores de cana-de-açúcar nas regiões Tradicional e de Expansão de cana no Brasil². A conclusão é que, segundo os métodos tradicionais de avaliação de projetos VPL e TIR, na primeira região vislumbra-se inviabilidade econômica, com VPL de - R\$ 400 mil e TIR de 5,89%, enquanto que na segunda região vê-se um cenário de viabilidade econômica, com VPL de R\$ 1,98 milhão e TIR de 12,55%. O risco do projeto não é explorado pelo autor, mas algumas alternativas para que a atratividade econômica seja atingida na região Tradicional de produção são evidenciadas, tais como maiores patamares de produtividade agrícola e da qualidade da cana-de-açúcar (kg ATR/tc), ou combinações de ambos os fatores. A escala de produção, utilização

---

² A definição dos conceitos de região Tradicional e de Expansão é amplamente abordada por Marques (2009), Xavier et al. (2009) e PECEGE (2010; 2011; 2012).

de corretos métodos de manejo e um boa estrutura de planejamento também são citadas como ações que poderiam auxiliar na sustentação do produtor típico de cana-de-açúcar em sua atividade.

Santos (2010) estudou a atratividade técnico-econômica da interação entre as culturas da cana-de-açúcar, soja e amendoim em um canavial localizado no Estado de São Paulo. De forma contrária ao exposto por Zilio (2012) e Kaneko et al. (2009), tal estudo aponta para a atratividade financeira tanto do projeto que leva em consideração o cultivo de cana com rotação de cultura com crotalária ($VPL = R\$ 6,2$ milhões e $TIR = 7,58\%$) como daquele que leva em conta a interação entre culturas ($VPL = R\$ 31,3$ milhões e $TIR = 14,72\%$). Entretanto, uma questão de suma relevância no sentido de explicar os diferentes resultados alcançados é o fator escala de produção, uma vez que as análises de Santos (2010) foram desenvolvidas para uma área de cultivo de cerca de 30 mil hectares, algo que maximiza a diluição dos custos fixos de produção (o que não acontece nas análises de Zilio (2012) e Kaneko et al. (2009)). Santos (2010) propõe-se ainda a dimensionar os riscos da atividade via análises de cenários, os quais consideram variações nos preços das culturas cana, soja e amendoim, e nos custos da cana-de-açúcar.

Zilio et al. (2010), que analisam a viabilidade econômico financeira da instalação de destilarias em duas regiões brasileiras, julgam serem estes investimentos atrativos dados os resultados determinísticos obtidos para o VPL e a TIR estimados. Em suas análises de riscos, os autores determinam quais dos parâmetros do modelo considerado são aqueles mais sensíveis a variações, ou seja, quais deles geram maiores impactos no VPL do projeto dadas oscilações marginais em seus valores de referência. De forma semelhante ao desenvolvido por Paranhos e Paranhos (2010), Zilio et al. (2010) estruturam análises de cenários entre a TMA e o horizonte do projeto, concluindo, conforme esperado pela teoria econômica, que quanto maior o horizonte e menor a TMA, mais atrativo mostra-se o projeto em questão.

Focando no setor de biocombustíveis brasileiro, Sarmiento (2010) analisa a atratividade da produção de biodiesel no Estado do Mato Grosso. Os indicadores de viabilidade econômico financeira apontam resultados positivos, no caso de integração da produção com o esmagamento da soja, e negativos, no caso da usina não integrada. Indo além das análises convencionais, o autor utiliza-se do Método de Monte Carlo para mensurar o risco de insucesso dos projetos, evidenciando que, no primeiro caso, existe uma probabilidade baixa de o VPL apresentar valores menores que zero. No caso das usinas não integradas este risco atinge patamares de até 62,4%.

O que se percebe é que, em muitos casos, os riscos intrínsecos à produção agroindustrial não são adequadamente mensurados. As respostas deduzidas dos indicadores tradicionais de atratividade dão subsídios admissíveis para a tomada de decisão do investidor, mas falham por se tratarem de medidas puramente determinísticas, deixando as probabilidades de ocorrência de sucesso e fracasso omitidas das análises.

Dadas as limitações existentes na teoria tradicional de análise de projetos, diversos autores propõem o uso de técnicas mais apuradas para análise de portfólios de investimentos, tais como o método da Teoria das Opções Reais (DIXIT; PINDYCK, 1994; TRIGEORGIS, 1996).

2.3 Sobre a Teoria das Opções Reais - TOR

2.3.1 Conceito básico da TOR

A teoria convencional que trata das decisões de investimentos, na maioria dos casos, entende como atrativo um investimento no qual o valor presente das receitas futuras supera o valor presente dos custos envolvidos no respectivo processo. Nesses casos, as decisões de aceitação ou não de um empreendimento são indicadas sob uma perspectiva de “agora ou nunca”, em $t = 0$, não sendo possível mensurar qual seria o valor do projeto caso a decisão fosse tomada em outro instante do tempo, por exemplo, no período $t + 1$. No entanto, em geral existe a possibilidade de o empreendedor aguardar n períodos para que, contando com novas informações, tome a melhor decisão quanto a execução do projeto. Nesse sentido, esse empreendedor (ou as firmas que investem seu capital) possui o equivalente ao que seria uma opção financeira de compra (*call*), na qual ele possui o direito, mas não a obrigação, de investir ou comprar o ativo físico quando lhe for conveniente. No caso, ele exerce a opção de compra previamente adquirida (ao decidir postergar o investimento), dando vida ao projeto.

Assim sendo, a regra do VPL deve ser modificada, uma vez que o investimento só será atrativo se o valor presente dos fluxos de caixa projetados for maior ou igual ao somatório do investimento inicial mais o custo de oportunidade de manter essa *call* ativa (DIXIT; PINDYCK, 1994). Segundo estes autores, tal custo de oportunidade, desconsiderado nas análises tradicionais, é de substancial importância na tomada de decisão de investimentos, tendo por vezes impacto sobre a atratividade superior a variações na taxa de desconto considerada.

De fato, segundo Dixit e Pindyck (1994), empiricamente observa-se que os investimentos são realizados apenas quando as taxas de retorno encontram-se consideravelmente acima daquelas indicadas como viáveis pelos estudos acadêmicos, revelando que intuitivamente os tomadores de decisão levam em consideração fatores adicionais àqueles considerados nas análises da TIR e do VPL, por exemplo. Por outro lado, em situações nas quais o empreendimento encontra-se em curso, observa-se resistência dos agentes quanto à saída ou a desinvestimentos, sendo que o projeto é mantido mesmo a preços significativamente inferiores aos custos variáveis médios³. De fato, esta é uma possibilidade plausível no atual cenário vivido pelos fornecedores paulistas de cana-de-açúcar.

No mesmo sentido, as incertezas intrínsecas a qualquer projeto não são devidamente tratadas nas análises tradicionais, uma vez que em geral assumem-se valores constantes de preços e despesas ao longo da vida útil do projeto. No entanto, sabe-se, *a priori*, que a maioria dos parâmetros que geram as estimativas dos VPL de projetos irá variar ao longo do horizonte do mesmo, em muitos casos, inviabilizando os empreendimentos.

Dixit e Pindyck (1994) dedicam-se a estudar tais decisões de investimentos sobre uma ótica diferenciada. Segundo os autores, em geral a decisão de investir ou não em um projeto deriva de três fatores básicos: *i*) ao menos em parte os investimentos são irreversíveis; *ii*) há determinado nível de incerteza em qualquer projeto de investimento, e; *iii*) existe uma escolha temporal nas decisões dos agentes inclinados a implementação de empreendimentos.

Rigolon (1999) aborda a questão da incerteza dentro de um projeto de investimento. Segundo o autor, algumas variáveis devem ser levadas em conta na avaliação de qualquer projeto, uma vez que eles representam fatores de riscos que podem, no limite, inviabilizar o investimento. As principais são o preço do produto vendido, os custos dos insumos utilizados no processo de fabricação dos bens, a taxa de juros, a taxa de câmbio e a oferta de crédito.

Brasil et al. (2011) sustentam o fato de que “*a implementação de um modelo baseado em opções reais inicia pela determinação do valor do ativo subjacente*”, ação que pode sofrer limitações no caso de ativos físicos que não possuam um mercado secundário formado para negociação. Nesse caso, comumente utiliza-se o VPL do investimento como preço do ativo na modelagem, pois se acredita que esta seja a melhor alternativa de precificação disponível para o ativo em questão.

---

³ Dixit e Pindyck (1994, p. 6).

2.3.2 As opções intrínsecas a projetos físicos de investimentos

Trigeorgis (1996), Dixit e Pindyck (1994), Celoto (2004) e De Zen (2005) detalham as principais alternativas ou opções intrínsecas em projetos físicos de investimentos. Dentre elas destacam-se:

2.3.2.1 Opção de adiar

Com importância vinculada principalmente a projetos nas áreas de indústria extrativista de recursos naturais, agropecuária, mercado imobiliário, indústria de papel e siderurgia, refere-se aos casos no qual o agente pode adiar, por algum período de tempo, o início da implantação/execução do projeto. Nesse caso, propõe-se que há valor em aguardar por novas informações para que as decisões sejam, então, tomadas. A opção de adiar perde valor a medida que eleva-se a probabilidade de novos entrantes no negócio, por exemplo. Outro caso aborda o caso das patentes, que após determinado período deixam de valer, possibilitando que concorrentes usufruam da mesma tecnologia e que a empresa detentora do direito perca valor de seu produto (DIXIT; PINDYCK, 1994).

2.3.2.2 Opção de alterar escala

A opção de alterar a escala do investimento refere-se basicamente as ações de expansão ou contração da produção.

No primeiro caso, exerce-se a opção de expandir caso as condições de mercado tenham evoluído de forma mais vantajosa do que aquelas previamente estabelecidas em projeto. Nesse caso, em muitos empreendimentos é necessário um investimento inicial maior que possibilite a flexibilização da produção no futuro, como é o caso de muitas unidades industriais sucroenergéticas.

No segundo caso, exerce-se a opção de contrair o investimento caso as condições tenham evoluído de forma contrária à atratividade da atividade. Citam-se exemplos onde se opta por projetos com investimentos iniciais menores, mas com maiores custos operacionais de manutenção. No caso de movimentos de mercado desinteressantes, reduz-se a escala de operação, reduzindo assim desembolsos em manutenções. Um caso extremo dá-se quando a

produção é totalmente interrompida e reiniciada períodos mais tarde (DE ZEN, 2005; CELOTO, 2004).

2.3.2.3 Opção de abandonar

A opção de abandonar o empreendimento pode ser exercida principalmente em projetos capital intensivos, tais como no ramo financeiro, de aviação, ferroviário ou na introdução de novos produtos em mercados incertos. Ocorrem caso as condições de mercado declinem severamente, sendo que o tomador de decisão escolhe pelo encerramento definitivo das atividades em troca do valor residual do investimento realizado no projeto (DE ZEN, 2005; CELOTO, 2004).

2.3.2.4 Opção de alternar uso

A opção de alternar o uso remete a uma dinâmica na utilização de insumos do processo produtivo ou na geração de produtos finais. Novamente citando o caso sucroenergético, uma usina pode escolher entre produzir mais açúcar ou mais etanol, de acordo com a tecnologia empregada na produção desses produtos. Por outro lado, uma empresa que gera eletricidade utilizando um gaseificador pode empregar o insumo mais atrativo do ponto de vista econômico, seja ele oriundo de biomassa, resíduo florestal, lixo, carvão ou qualquer outro passível de utilização (DE ZEN, 2005; CELOTO, 2004; HASSUANI, 2009).

2.3.2.5 Opção de crescimento

Segundo Celoto (2004), pode ser entendida como uma versão alternativa da opção de expandir. Nesse caso o entendimento dá-se numa visão futurista, em que o investimento atual em determinado projeto é realizado mesmo que seu VPL seja negativo. O intuito, na verdade, é destravar futuras oportunidades de crescimento que não existiriam sem o primeiro passo, ou seja, o investimento no projeto inviável. Tais opções destacam-se em indústrias de alta tecnologia, de infra estrutura, estratégicas, de pesquisa e desenvolvimento ou que possuem projetos interligados.

2.3.2.6 Opção de esperar a queda do custo de capital

Em projetos de longa maturação pode ser interessante aguardar momentos de menor volatilidade da taxa de juros para que o investimento seja realizado. Isto porque em alguns casos a incerteza quanto a taxa de juros pode gerar um VPL esperado, em alguma data posterior à $t = 0$, maior do que o VPL imediato, incentivando assim a decisão de postergar o investimento (DIXIT; PINDYCK, 1994; CELOTO, 2004).

De fato, em todas as atividades produtivas são encontradas situações nas quais se evidenciam múltiplas opções, ou seja, percebe-se combinações entre as opções anteriormente citadas (e outras) ao longo do horizonte do projeto. Segundo Trigeorgis (1996), essa flexibilidade gerencial existente faz com que a curva do VPL tome formato assimétrico, diferentemente do tradicionalmente representado pela distribuição Normal de probabilidades. Isto ocorre porque, modelando o projeto com base na TOR, as decisões são tomadas de forma a maximizar os retornos do projeto nos n instantes de tempo designados, e não apenas em $t = 0$. Ter-se-á, então, algo como o ilustrado na Figura 5.

Figura 5 – Distribuição de probabilidades do VPL na versão tradicional e considerando flexibilidade nas tomadas de decisão

Fonte: Trigeorgis (1996)

Tal distinção entre ambas as distribuições de probabilidades do VPL é lógica a medida que no caso “agora ou nunca” um projeto inviável assumirá um valor presente mais negativo

do que no caso flexível. Isto porque, caso fosse constatada a inviabilidade do projeto em um período $t = k$ qualquer, com $0 < k < T$, no cenário flexível o empreendedor poderia tomar a decisão (optar) por encerrar o projeto e ficar com o valor residual do investimento, gerando um VPL menos negativo do que no primeiro caso. O mesmo raciocínio aplica-se a casos viáveis nos quais a ampliação da produção traria resultados ainda mais significativos, o que não pode ser incorporado na versão tradicional.

2.3.3 Aplicações da TOR

Diversos são os estudos contemplando a TOR, voltados a setores como o farmacêutico (HARTMANN; HASSAN, 2006), de tecnologia da informação (TIWANA ET AL., 2007), o energético (KJÆRLAND, 2007; MADLENER ET AL., 2005; KUMBAROĞLU ET AL., 2006; BRASIL ET AL. 2011), de infraestrutura (MICHAILIDIS; MATTAS, 2006) e o agropecuário (DE ZEN, 2005; ZILLI, 2010).

Kjærland (2007) adota os conceitos de opções reais para explorar resultados de potenciais investimentos em geração hidrelétrica na Noruega. O autor identifica que, a despeito dos persistentes aumentos de preços da eletricidade na primeira metade da década de 2000, os investimentos em hidroeletricidade mantiveram níveis baixos entre 1993 e 2004. O objeto do estudo são empreendimentos de pequena escala em geração hidrelétrica. As análises de Kjærland focam ainda em responder por que tais investimentos não se iniciaram em períodos anteriores ao do estudo, levantando a hipótese de que incertezas quanto aos preços futuros da energia elétrica poderiam estar levando os empreendedores a aguardar para a tomada de decisão.

Além de buscar uma estimativa do valor do projeto com o uso da TOR, Kjærland (2007) propõe-se ainda a calcular o valor crítico do preço da eletricidade que induz o investidor a aplicar seus recursos na geração hidroelétrica. Nesta abordagem, faz-se uso da análise de ativos contingentes, tornando desnecessárias discussões acerca da: *i*) preferência ao risco do agente tomador de decisão; *ii*) taxa de desconto utilizada, e; *iii*) necessidade de projetar-se uma série de preços aleatórios para a eletricidade.

No cenário base proposto os resultados apontam para atratividade econômica da atividade, estimando um valor de EUR 1,4 milhão/GWh (aproximadamente R\$ 3,7

milhões/GWh, considerando uma taxa de câmbio de R\$ 2,66/EUR⁴) em oportunidades de investimentos em geração hidrelétrica de pequena escala. Ademais, o “preço de gatilho” ótimo calculado foi de EUR 40/MWh (cerca de R\$ 106/MWh nas mesmas condições cambiais), valor considerado historicamente alto pelo estudo. Segundo o autor, por este motivo, aliado ao fato do investimento em análise ser irreversível e considerando-se os elevados níveis de volatilidade dos preços, os investimentos potenciais existentes tendem a serem executados apenas em períodos futuros, quando novas informações estiverem à disposição dos agentes envolvidos no setor energético norueguês. Maior estabilidade de preços e condições de mercado mais previsíveis, por sua vez, fariam com que tais investimentos fossem executados com antecedência, reduzindo também o preço de equilíbrio.

Michailidis e Mattas (2006) estudam o setor infraestrutural de represas para irrigação na Grécia. Com uso do modelo binomial de precificação de opções, os autores analisam e comparam os resultados do VPL tradicional com aqueles obtidos via TOR. Em sua abordagem, estabelecem quatro opções gerenciais flexíveis que podem afetar a tomada de decisão nesse tipo de empreendimento, sendo elas: *i*) a opção de postergar o investimento; *ii*) a opção de aumentar a represa; *iii*) a opção de abandonar o negócio, e; *iv*) uma opção múltipla que considera todas as três opções anteriores conjuntamente.

Uma das premissas fundamentais da pesquisa é de que o preço da água segue um processo binomial multiplicativo. Além disso, os autores defendem a importância da utilização de mensuração de múltiplas opções em um mesmo projeto, análise que possui maior aderência ao mercado real do que quando realizadas estimativas individualizadas das possíveis opções intrínsecas aos projetos. Complementarmente a abordagem de Trigeorgis (1996) e Dixit e Pindyck (1994), o estudo também elucida para o fato de que o valor estimado para uma combinação de múltiplas opções reais tende a divergir da soma dos valores individualizados dessas opções, uma vez que existem interações entre as mesmas que terminam por afetar o valor total do conjunto de opções reais. Os resultados indicam que todas as opções analisadas possuem valor, elevando assim o valor do projeto em si (MICHAILIDIS; MATTAS, 2006).

Por outro lado, Madlener et al. (2005) e Kumbaroğlu et al. (2006) estudaram o setor de fornecimento de eletricidade turco, utilizando-se da TOR. No primeiro estudo (MADLENER ET AL., 2005) os autores desenvolvem um modelo de programação dinâmica para identificar a atratividade econômica da implantação de tecnologias de geração de eletricidade disponíveis

---

⁴ Taxa de câmbio média, em Reais por Euro (R\$/EUR), do ano de 2007, segundo dados do Banco Central do Brasil – BCB (2012).

no mercado turco. Suas conclusões deixam claro que a disseminação da tecnologia de queima de gás natural, apesar de limitar as emissões de poluentes, deu-se de forma contraditória em relação à perspectiva do investidor. Para eles, a alta volatilidade dos preços domésticos do gás natural reduz a atratividade do investimento, fato que seria minimizado, por exemplo, com a utilização de tecnologias baseadas no uso da lignina.

Kumbaroğlu et al. (2006), dando continuidade as análises de Madlener et al. (2005), desenvolveram um modelo baseado na TOR para prospecção e difusão de novas tecnologias renováveis de energia, também tomando como base o mercado turco. Os autores inserem em seu estudo informações de curvas de aprendizagem para as diferentes tecnologias atualmente disponíveis naquele mercado, tais como geração de eletricidade via “Turbinas a gás de ciclo combinado” e “Carvão” (denominadas fontes “sujas” de energia), e via fontes limpas, tais como “Nuclear”, “Hidroelétrica” e “Eólica”.

Dentre as premissas adotadas pelo estudo, nota-se que as taxas de aprendizagem das fontes limpas são significativamente superiores às fontes sujas, uma vez que os custos unitários de investimentos e operação encontram-se em patamares superiores no primeiro caso. Assim, espera-se que ao longo dos anos tais custos convirjam para valores mais próximos àqueles observados na geração suja de energia.

Outro ponto oportuno citado pelos autores trata-se dos chamados fatores de capacidade de geração das fontes sujas e limpas de energia. Nesse sentido, percebe-se que as fontes limpas possuem valores significativamente mais baixos do que as fontes sujas. A lógica desse fato dá-se por questões como aquelas observadas em campos de geração eólica (onde nem sempre se pode contar a quantidade ótima de vento), solar (já que em diversos momentos a intensidade solar não é suficientemente forte) e, inclusive, nos sistemas de geração via queima de biomassa (devido a sazonalidade da produção da respectiva biomassa), o que se aplica ao caso sucroenergético brasileiro.

Os resultados mostram que, devido aos altos custos relativos, a difusão de novas tecnologias renováveis ocorre apenas quando há leis de incentivo as mesmas, realidade semelhante à do biodiesel no Brasil (SARMENTO, 2010). Adicionalmente, essas fontes tornam-se competitivas somente após o chamado período de aprendizagem, além de necessitarem de incentivos financeiros para sua viabilização.

Brasil et al. (2011) valoram, via modelagem de opções reais, as opções de verticalizar e expandir a extração e produção de fertilizantes de uma mina de rocha fosfática. Dentre os resultados obtidos, vale ressaltar para o cálculo das volatilidades dos preços dos produtos vendidos pelo empreendimento. Por um lado, o preço do produto bruto extraído da mina, a

rocha fosfática, apresentou volatilidade de 17,05%, enquanto que os preços dos produtos quimicamente processados (fertilizantes) apresentaram volatilidades entre 21,51% e 52,01%. Ou seja, conclui-se que ao se analisar preços de commodities, tal como no caso do setor canavieiro, deve-se esperar altos patamares de volatilidade de preços, refletindo em maiores riscos para o projeto. Em sua conclusão, os autores afirmam que as opções de expandir e verticalizar a atividade na mina de rocha fosfática possuem significativo valor econômico.

De Zen (2005) analisa a atratividade financeira no setor de carnes, aplicando a TOR em um estudo de caso voltado a um frigorífico localizado no Estado do Mato Grosso. Como seu objetivo principal é incorporar o fator risco em projetos dessa natureza, valorando *“uma estratégia de proteção que assegure a criação de valor deste negócio ao acionista”* (DE ZEN, 2005, p. 10), a autora lista quatro classes principais de riscos associados à atividade frigorífica: *i)* riscos financeiros e contábeis; *ii)* risco de matéria-prima; *iii)* riscos ambientais e sanitários, e; *iv)* riscos sociais. O foco de seu estudo centra-se na classe *i)* supracitada, particularmente analisando riscos de preços de produtos e insumos e riscos cambiais. Em uma primeira instância, a estimativa de valor do projeto via métodos tradicionais indicou inviabilidade financeira, com VPL negativo de R\$ 908 mil para uma TMA de 16,4%. Em suas análises de sensibilidade, De Zen (2005) mostra que taxas de desconto menores ou iguais a 15,7% tornariam o VPL positivo. Por outro lado, a autora estima uma probabilidade de 46% de chances de sucesso do projeto via Simulação de Monte Carlo, valor compatível com os resultados anteriores. Finalmente a análise via modelo binomial evidencia que existe criação de valor quando considerada a flexibilidade gerencial do projeto. Nesse caso, o valor estimado da opção real foi de R\$ 5,5 milhões, montante que levaria a decisão de prosseguir com a execução do empreendimento.

Zilli (2010) propõe-se a estimar o valor de propriedades rurais nas regiões de Carazinho/RS e Cascavel/PR utilizando, complementarmente ao método do VPL, a TOR. O autor conclui que a flexibilidade gerencial de postergar a venda das terras gera valor adicional entre 50% e 118% com relação aos dados secundários considerados no estudo. Entretanto, quando comparados aos valores levantados junto à produtores rurais de ambas as regiões, nota-se que em Carazinho/RS existe comercialização de terras por valores superiores aqueles aferidos pelo modelo com base na TOR, enquanto que em Cascavel/PR esta relação é inversa. Isto leva o autor a conclusão que, na primeira região, as terras encontravam-se em patamares de preços supervalorizados, enquanto que na segunda possivelmente elas estariam sendo negociadas de forma subvalorizada.

3 METODOLOGIA

3.1 Fontes dos dados

Os dados utilizados no presente estudo foram coletados principalmente junto às associações de produtores de cana-de-açúcar das cidades de Piracicaba (Associação dos Fornecedores de Cana de Piracicaba – AFOCAPI) e de Sertãozinho (Associação dos Plantadores de Cana do Oeste do Estado de São Paulo – CANAOESTE). Estas disponibilizaram informações sobre produção de cana por estrato de produtor, qualidade da cana-de-açúcar entregue pelos fornecedores, preços médios pagos pelos principais insumos de produção utilizados no cultivo da cana-de-açúcar, perfil do ambiente de produção típico da região e taxas associativas.

Adicionalmente, como forma auxiliar na determinação da taxa de desconto do estudo, aplicou-se questionários junto a agentes envolvidos diretamente com o fornecimento de cana-de-açúcar no Brasil.

Também foram consideradas informações disponibilizadas pelo PECEGE; pelo Instituto de Economia Agrícola – IEA; pelo Centro de Tecnologia Canavieira – CTC; pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA; pela ORPLANA; pela UNICA; pela UDOP; pela Receita Federal do Brasil e por usinas pertencentes às duas regiões analisadas.

3.2 Caracterização da produção canavieira típica

3.2.1 Características técnicas típicas da região de Piracicaba

A região de Piracicaba considerada no presente estudo toma como base o critério de mesorregião definido pelo IBGE (2012b). Ao todo, contemplam essa mesorregião três microrregiões (Limeira, Piracicaba e Rio Claro) e 26 municípios, os quais são listados no Anexo A. A Figura 6 ilustra a zona de abrangência geográfica da região de Piracicaba.

Estima-se ainda que 31% dos cerca de 9 milhões de km² disponíveis na mesorregião de Piracicaba sejam destinados ao cultivo da cana-de-açúcar, o que equivale a 2,8 milhões de km² (UNICA, 2012d).

Figura 6 – Zona de abrangência da região de Piracicaba considerada no estudo

Fonte: IBGE (2012b)

Concomitantemente, obteve-se a relação das produções individualizadas dos fornecedores de cana-de-açúcar associados à AFOCAPI, tomando como base o ano-safra 2010/2011 (AFOCAPI, 2012).

Pela análise da Figura 7 verifica-se que a classe de produção mais representativa da região de Piracicaba é aquela que engloba quantidades entre 0 e 11 mil toneladas de cana (tc) por safra⁵. Em termos globais, estima-se que 60% da cana entregue às usinas pelos fornecedores piracicabanos pertencem aqueles contemplados nesta classe, seguida pela cana daqueles enquadrados no intervalo de produção entre 11 a 23 mil toneladas (14%) e de 23 a 35 mil toneladas (7%). Sendo assim, considerou-se no modelo de análise um fornecedor típico de 6.500 tc/safra para a região de Piracicaba, mantendo-se concordância com PECEGE (2012)⁶.

⁵ A definição do número de classes dos histogramas foi feita pela Regra de Scott: $\sqrt[3]{2n}$, onde n é o tamanho da amostra.

⁶ PECEGE (2012) determina a produção de cana-de-açúcar do fornecedor típico pelo método do painel. Este método consiste em reunir uma série de fornecedores de cana em uma reunião presencial, na qual se extraem valores representativos dos custos de produção regionais, bem como dos parâmetros modais que determinam tais custos. Assim, a produção de cana definida na pesquisa representa, na opinião dos agentes presentes no painel, aquela que melhor representa a realidade regional.

Figura 7 – Histograma de produção de cana-de-açúcar: perfil dos fornecedores da região de Piracicaba

Fonte: AFOCAPI (2012)

Com base nas informações de produção e nas séries históricas de produtividades médias agrícolas da região (Figura 8), calculou-se a área média da propriedade típica da região de Piracicaba (Tabela 2), a qual estima-se possuir 76 ha.

Figura 8 – Produtividade média dos canaviais da região de Piracicaba

Fonte: CTC (2012b)

Tabela 2 – Área típica delimitada para as análises: Piracicaba

Descrição	Valor	Unidade
Produção típica	6.500	tc
Produtividade média	85,51	tc/ha
Área útil	76	ha

Fonte: AFOCAPI (2012), PECEGE (2012)

A Figura 9 apresenta os dados relativos à qualidade da matéria-prima (cana-de-açúcar) produzida e entregue às usinas. As estimativas apontam para teores médios de ATR de 140,10 kg/tc para a cana cultivada em Piracicaba, considerando-se a série histórica das safras 1999/00 a 2011/12 (CTC, 2012b).

Figura 9 – Evolução da qualidade da matéria-prima entregue às usinas: teores de ATR por tonelada de cana para a região de Piracicaba entre as safras 1999/00 e 2011/12

Fonte: CTC (2012b)

Segundo Marques (2008), Xavier et al. (2009) e PECEGE (2010, 2011, 2012), estima-se que em Piracicaba e região 50% da produção dos fornecedores típicos seja realizada em áreas próprias e 50% em terras arrendadas. Nos contratos de arrendamento do Estado de São Paulo comumente estipula-se a quantidade fixa de 121,97 kg ATR/tc, que é o denominado ATR padrão para contratos de arrendamento. Ainda segundo os autores, na região de Piracicaba paga-se um preço físico médio de 16,70 tc/ha/ano nos arrendamentos firmados.

Tabela 3 – Premissas técnicas de produção para a região de Piracicaba

Premissa	Valor	Unidade
Cortes por ciclo	6	anos
Percentual de área própria	50	%
Percentual de área arrendada	50	%
Preço físico do arrendamento	16,70	tc/ha/ano
ATR padrão em contratos de arrendamento	121,97	kg/tc

Fonte: Marques (2008), Xavier et al. (2009) e PECEGE (2010, 2011, 2012)

Além disso, nota-se na mesma região uma distribuição relativamente homogênea quanto aos ambientes de produção edafoclimáticos⁷. Conforme ilustra a Figura 10, 48% das terras da região de Piracicaba podem ser classificadas dentro dos ambientes de produção A e B, sendo os 52% restantes classificadas nos ambientes C a E. Tais definições são importantes para determinação do preço médio pago pelo hectare de terra, cuja abordagem é apresentada no subtópico 3.3.2.

Figura 10 – Distribuição percentual das áreas por ambientes de produção edafoclimáticos: região de Piracicaba

Fonte: AFOCAPI (2012) e CTC (2012a)

⁷ O detalhamento do conceito de ambiente de produção edafoclimático pode ser encontrado em Joaquim et al. (2009) e Prado (2007).

3.2.2 Sistema de produção típico da região de Piracicaba

O típico sistema de produção da região de Piracicaba foi considerado conforme Marques (2009), Xavier et al. (2009) e PECEGE (2010; 2011; 2012). Tais autores realizam levantamentos utilizando-se da metodologia de painel, a qual reúne um grupo de produtores rurais, técnicos e outros agentes vinculados à produção canavieira para discussão dos métodos de manejo existentes na região em questão, seus custos e respectivas rentabilidades.

Em geral, a produção de cana-de-açúcar da região de Piracicaba conta com preparo de solo do tipo convencional, iniciado com a operação de dessecação da soqueira para posterior plantio. Seguem-se as operações de subsolagem, sistematização do terreno, confecção de terraços, calagem, gessagem e gradagens intermediária e niveladora. Nessas operações utilizam-se tratores com faixa de potência de 73 a 100 cavalos-vapor e de 100 a 130 cavalos-vapor, dependendo da necessidade de utilização. Dentre os implementos destacam-se grades niveladoras e intermediárias, pulverizador, lâmina dianteira, subsolador, terraceador e distribuidor de calcário e gesso. Os insumos tipicamente utilizados nesse estágio são o Glifosato, o Calcário, o Gesso e o Fertilizante Super Fosfato Simples.

O plantio dá-se numa profundidade média de 30 cm e espaçamento entre linhas de 1,4 metros. Em geral, utiliza-se o sistema manual de plantio, contando com 12,60 toneladas de mudas para cada hectare plantado. As operações usuais nesse estágio de produção são: sulcação/adubação, transporte e descarga de mudas, distribuição e arrumação de mudas, corte de mudas em toletes, cobrição e recobrição. Além da mão de obra necessária, utilizam-se tratores de mesma faixa de potência do que aqueles usados no preparo de solo, assim como os implementos sulcador, carreta e cobridor. No plantio faz-se uso do Fertilizante Formulado 05-25-25, dos defensivos Furadan e Regent 800 WG, além das Mudas.

Nos tratos culturais são feitas as operações de aplicação de herbicidas, quebra-lombo, cultivo/adubação, calagem, combate à formigas, manutenção de estradas e carreadores, enleiramento e transportes de água e defensivos e catação, contando com maquinário já definido nos estádios anteriores. Em termos de insumos agrícolas, aplica-se os defensivos Ametrina, Diuron, Velpar K e Volcane, além dos Adubos Formulados 18-00-27 e 20-00-20.

Finalmente, no estágio da colheita são definidos dois sistemas distintos: o de colheita manual e colheita mecanizada. No primeiro sistema, faz-se inicialmente a operação de corte manual, seguida das operações de carregamento, reboque, engate e transporte, esta última encarregada de entregar a cana-de-açúcar na usina. No sistema mecânico utilizam-se colhedoras para o corte mecanizado, bem como conjuntos de tratores e transbordos para a

recepção da cana devidamente picada. Estes transferem a matéria-prima para caminhões que levam a cana para a unidade industrial.

3.2.3 Características técnicas típicas da região de Sertãozinho

Segundo IBGE (2012b), a abrangência geográfica da mesorregião de Ribeirão Preto, conceitualmente mais próxima à realidade de Sertãozinho, reúne ao todo 66 municípios distribuídos em sete microrregiões (Barretos, Batatais, Franca, Ituverava, Jaboticabal, Ribeirão Preto e São Joaquim da Barra), totalizando cerca de 27 milhões de km² de área (Figura 11 e Anexo B).

Ainda, segundo UNICA (2012d), estima-se que 41% da área total da mesorregião de Ribeirão Preto seja utilizada para o cultivo de cana-de-açúcar, ou seja, em termos relativos, esta região apresenta uma demanda de terras para o cultivo da cana-de-açúcar cerca de 25% superior à região de Piracicaba. Este fato reflete-se em algumas questões posteriormente discutidas, tais como preços de terras e existência de incentivos financeiros das usinas aos fornecedores de cana-de-açúcar.

Em relação à produção típica, considerou-se a premissa definida por PECEGE (2012), a qual contempla o produtor que entrega 15.000 toneladas de cana por safra como o mais representativo da região.

Figura 11 – Zona de abrangência da região de Sertãozinho considerada no estudo

Fonte: IBGE (2012b)

Com base nas informações supracitadas e nas séries históricas de produtividades médias agrícolas de Sertãozinho (Figura 12), calculou-se a área média da propriedade típica a ser analisada, delimitada em 172,4 hectares (Tabela 4).

Figura 12 – Produtividade média dos canaviais da região de Sertãozinho

Fonte: CTC (2012b)

Tabela 4 – Área típica delimitada para as análises – Sertãozinho

Descrição	Valor	Unidade
Produção típica	15.000	tc
Produtividade média	86,99	tc/ha
Área útil	172	ha

A Figura 13 apresenta os dados relativos à qualidade da matéria-prima entregue pelos associados da CANAOESTE às usinas da região de Sertãozinho. As estimativas apontam para teores médios de ATR de 138,75 kg/tc, considerando-se a série histórica das safras 1999/00 a 2011/12.

Figura 13 – Evolução da qualidade da matéria-prima entregue às usinas: teores de ATR por tonelada de cana para a região de Sertãozinho

Fonte: CTC (2012b)

Segundo Marques (2008), Xavier et al. (2009) e PECEGE (2010, 2011, 2012), estima-se que em Sertãozinho a produção do fornecedor típico seja realizada na proporção de 100% de terras próprias e 0% de terras arrendadas (Tabela 5). Assim como para a região de Piracicaba, os contratos de arrendamento baseiam-se na quantidade fixa de 121,97 kg ATR/tc, ou seja, o chamado ATR padrão para contratos de arrendamentos.

Tabela 5 – Premissas técnicas de produção para a região de Sertãozinho

Premissa	Valor	Unidade
Cortes por ciclo	6	anos
Percentual de área própria	100	%
Percentual de área arrendada	0	%
Preço físico do arrendamento	27,43	tc/ha/ano
ATR padrão em contratos de arrendamento	121,97	kg/tc

Fonte: Marques (2008), Xavier et al. (2009) e PECEGE (2010, 2011, 2012)

Ainda segundo os autores, na região de Sertãozinho o valor em espécie dos contratos de arrendamento é de, em média, 27,33 tc/ha/ano. Esta significativa diferença em relação à região de Piracicaba pode ser explicada principalmente pela concorrência por terras para produção de cana-de-açúcar. Além disso, nota-se melhor qualidade de solo e relevo na região

de Sertãozinho, uma vez que 78% dos solos são classificados dentro dos ambientes de produção edafoclimáticos⁸ A e B, conforme se observa na Figura 14.

Figura 14 – Distribuição percentual das áreas por ambientes de produção edafoclimáticos: região de Sertãozinho

Fonte: CANAOESTE (2012) e CTC (2012a)

3.2.4 Sistema de produção típico da região de Sertãozinho

Similarmente às considerações da realidade da região de Piracicaba, procedeu-se de acordo com Marques (2009), Xavier et al. (2009) e PECEGE (2010; 2011; 2012) na determinação do sistema de produção convencionalmente utilizado na região de Sertãozinho.

O tipo de preparo de solo predominantemente nessa região é o convencional. As operações agrícolas contam com tratores de faixa de potência entre 31 e 72 cavalos-vapor e entre 131 e 160 cavalos-vapor. Inicialmente realiza-se a dessecação, seguida das atividades de aração, subsolagem, calagem, gessagem e das gradagens intermediária e niveladora. Também faz-se manutenção de estradas e carregadores e análise de solo nesse estágio. Os implementos utilizados são o arado, subsolador, lâmina dianteira e grades intermediária e niveladora. Em termos de insumos, aplica-se apenas o Calcário e o Gesso.

O plantio é feito em profundidade de 30 cm, com espaço entre linhas de 1,5 metros e utilização de 12,60 toneladas de mudas por hectare. Além disso, são aplicados Fertilizantes (formulado 05-25-25) e defensivos (Furadan e Regent 800 WG). O plantio manual realizado

⁸ O detalhamento do conceito de ambiente de produção edafoclimático pode ser encontrado em Joaquim et al. (2009) e Prado (2007).

conta com as operações de sulcação/adubação, transportes de mudas, água e insumos, arrumação, distribuição e corte de mudas em toletes, cobrição, recobrição, catação e marcação de talhões. Além dos tratores supracitados, são utilizados os implementos sulcador, cobridor e uma carreta tanque.

Nos tratos culturais destacam-se as operações de aplicação de defensivos, quebra-lombo, tríplice operação, enleiramento, manutenção de estradas e carregadores, calagem, gessagem e transporte de água. Os insumos tipicamente utilizados são: Combine, Velpar K, 2,4 D, Actara, Gesso, Calcário e o Formulado 18-00-27.

No último estágio de produção, a colheita, todas as operações assemelham-se aquelas descritas na região de Piracicaba.

3.3 Estrutura financeira típica da região de Piracicaba

3.3.1 Custos de produção: Piracicaba

Dado o sistema de produção da região de Piracicaba (subtópico 3.2.2), apresenta-se a seguir os custos atrelados aos estádios de preparo de solo, plantio, tratos culturais e colheita da cana-de-açúcar do típico fornecedor piracicabano.

A valores monetários de 2012, considerando como deflator o IGP-DI, segundo Marques (2009), Xavier et. al (2009) e PECEGE (2010; 2011; 2012) a formação do canavial como um todo (estádios de preparo de solo e plantio) totaliza um custo operacional efetivo direto⁹ de R\$ 3.641,46/ha. Além disso, tem-se desembolsos de R\$ 482,24/ha para os tratos culturais da cana planta, R\$ 985,83/ha para os tratos da cana soca e R\$ 1.835,35/ha para o CCT da atividade.

Vale ressaltar que o desembolso com CCT do típico fornecedor de cana-de-açúcar paulista operacionaliza-se na forma de descontos sobre os recebimentos pela cana entregue à usina. Dessa forma, na prática, o fornecedor recebe da usina um valor monetário inferior àquele que teoricamente assume-se no modelo econômico-financeiro em questão, arcando com custos operacionais também inferiores. Por outro lado, existem casos em que partes do CCT, tais como contratação da colheita manual ou pagamentos por catação de bitucas, são pagas a terceiros, e não às usinas.

---

⁹ No custo operacional efetivo direto estão sendo considerados somente aqueles desembolsos diretamente realizados na lavoura, não sendo contemplados os custos indiretos (tais como administrativos e arrendamentos), depreciações, pró labore ou custos de oportunidade.

Complementarmente, salienta-se que os percentuais de colheita mecanizada assumidos no modelo, de 75% para Piracicaba e 100% para Sertãozinho, tratam-se de estimativas suportadas pelas respectivas associações de fornecedores. Os valores foram assumidos como patamares de equilíbrio de longo prazo, principalmente em virtude da legislação ambiental vigente que obriga a não queima da cana-de-açúcar para posterior colheita.

A consolidação dos custos alocados no modelo desenvolvido levou em conta ainda os valores de R\$ 96,11/ha a título de desembolsos administrativos e de R\$ 894,40/ha em arrendamentos¹⁰, neste caso, utilizando-se do valor de 16,80 tc/ha como preço físico dos arrendamentos na região em questão. Dessa forma, estimou-se um custo operacional efetivo médio de R\$ 4.334,67 por hectare cultivado em terras arrendadas (Tabela 6).

Tabela 6 – Custo operacional efetivo de produção da cana-de-açúcar em Piracicaba – produção em terras arrendadas

Estádio de produção	R\$/ha	Fator ponderação	R\$/ha ponderado
Preparo de solo	878,45	1/6	146,42
Plantio	2.763,01	1/6	460,50
Trato cultural cana planta	482,24	1/6	80,37
Trato cultural cana soca	985,83	5/6	821,53
Corte, carregamento e transporte	1.835,35	6/6	1.835,35
Administração	96,11	6/6	96,11
Arrendamento	894,40	6/6	894,40
TOTAL			4.334,67

Nota 1: Dados deflacionados pelo IGP-DI: base 2012.

Nota 2: O fator de ponderação refere-se a parcela da área total à qual os respectivos estágios de custos se aplicam. Por exemplo, os custos de preparo de solo, plantio e tratos culturais da cana planta aplicam-se a apenas 1/6 da área total cultivada na plenitude do canavial. Por sua vez, os custos com tratos culturais da soqueira aplicam-se à 5/6 da área total, e os custos de colheita devem ser considerados sobre toda a área cultivada.

Fonte: Adaptado de Marques (2008), Xavier et al. (2009) e PECEGE (2010, 2011, 2012)

Sob a premissa de que em Piracicaba 50% das áreas cultivadas com cana-de-açúcar são próprias e os demais 50% são arrendadas, para a correta contabilização do custo operacional efetivo médio da cana cultivada em área própria deve-se deduzir o valor pago em arrendamentos (R\$ 894,40/ha). Assim, estima-se um custo operacional efetivo médio de R\$ 3.440,27 por hectare cultivado em terras próprias (Tabela 7).

¹⁰ O preço do arrendamento, expresso em reais por hectares, deriva da multiplicação de três fatores: o preço médio do quilograma de ATR, expresso em reais por kg de ATR; o preço físico do arrendamento, expresso em toneladas de cana por hectare, e; a quantidade de ATR em cana-de-açúcar, comumente designada por “ATR padrão”, no valor de 121,97 kg ATR/tc.

Tabela 7 – Custo operacional efetivo de produção da cana-de-açúcar em Piracicaba – produção em terras próprias

Estádio de produção	R\$/ha	Fator ponderação	R\$/ha ponderado
Preparo de solo	878,45	1/6	146,42
Plantio	2.763,01	1/6	460,50
Trato cultural cana planta	482,24	1/6	80,37
Trato cultural cana soca	985,83	5/6	821,53
Corte, carregamento e transporte	1.835,35	6/6	1.835,35
Administração	96,11	6/6	96,11
TOTAL			3.440,27

Nota 1: Dados deflacionados pelo IGP-DI: base 2012.

Nota 2: O fator de ponderação refere-se a parcela da área total à qual os respectivos estágios de custos se aplicam. Por exemplo, os custos de preparo de solo, plantio e tratos culturais da cana planta aplicam-se a apenas 1/6 da área total cultivada na plenitude do canavial. Por sua vez, os custos com tratos culturais da soqueira aplicam-se à 5/6 da área total, e os custos de colheita devem ser considerados sobre toda a área cultivada.

Fonte: Adaptado de Marques (2008), Xavier et al. (2009) e PECEGE (2010, 2011, 2012)

A Tabela 8 apresenta a relação de tributos incidentes sobre a produção de cana-de-açúcar na região de Piracicaba. A partir de questionário aplicado à AFOCAPI, verificou-se que a taxa associativa média paga é de 2,00% sobre o faturamento da produção. Não estão inclusos nesse percentual adicionais para aquisição de direito a tratamento médico e hospitalar, fato recorrentemente encontrado na realidade da região de Piracicaba. Considerou-se o percentual de 2,30% sobre a receita bruta relativos à Contribuição Social Rural – FUNRURAL, além de se levar em conta o Imposto Sobre a Propriedade Territorial Rural – ITR pago. Este foi baseado na tabela da Receita Federal do Brasil (2012), considerando a taxa de ocupação como maior que 80% e de acordo com a área destinada à produção em cada caso.

Tabela 8 – Tributos incidentes sobre a produção: Piracicaba

Tributo	Alíquota	Incidência
Taxa associativa	2,00%	Faturamento
FUNRURAL	2,30%	Faturamento
CNA	0,1% + R\$ 98,97	Faturamento
ITR	0,07%	VTN

Nota: VTN = Valor da Terra Nua

Fonte: AFOCAPI (2012), CNA (2012), Receita Federal do Brasil (2012)

3.3.2 Investimentos: Piracicaba

A produção canavieira da região de Piracicaba arca com basicamente duas classes de investimentos iniciais: *i)* aqueles voltados à aquisição de terras, dimensionados em 50% da área útil total, conforme abordado no subtópico 3.2.1, e; *ii)* aqueles voltados à aquisição do maquinário.

Em relação a classe de investimentos *i)*, foram considerados os preços médios reais, a valores monetários de 2012, do hectare de terra comercializados entre 1996 e 2012, segundo IEA (2013a) (Figura 15). Tal instituição delimita ainda preços diferenciados para terras destinadas a culturas de primeira e de segunda¹¹, os quais atingem patamares médios de R\$ 15.805,94/ha e R\$ 12.737,64/ha, respectivamente.

Figura 15 – Evolução dos preços médios reais, a valores monetários de 2012, pagos pelo hectare de terra em Piracicaba – 1996 a 2012

Nota: Dados deflacionados pelo IGP-DI: base 2012

Fonte: IEA (2013a)

Dessa forma, e de acordo com as informações sobre os ambientes de produção definidas no subtópico 3.2.1, delimitou-se que na região de Piracicaba 48% da área agrícola pode ser considerada como sendo de terras para cultura de primeira (ambientes de produção A

¹¹ A definição utilizada pelo IEA para terra de cultura de primeira e de segunda pode ser consultada em http://ciagri.iea.sp.gov.br/bancoiea/Precor_Sistema_Sobre.aspx?cod_sis=8.

e B), e 52% como terras para cultura de segunda (ambientes de produção C, D, E e F), cada qual sendo adquirida pelo respectivo preço de mercado. De forma ponderada, tem-se que cada hectare de terra comprado no início do projeto teve um custo de R\$ 14.199,45. Dada a premissa de que 50% da área útil foi tomada como própria, o investimento total em terras no caso de Piracicaba foi de R\$ 539.681,93¹².

Para a classe *ii*) de investimentos foram consideradas aquisições de maquinários conforme definido por PECEGE (2012)¹³. A Tabela 9 apresenta as informações relevantes para a composição do parque de máquinas e implementos utilizados na produção de cana-de-açúcar da região de Piracicaba. Para cada item considerou-se um período estimado de vida útil econômica, bem como um valor residual compatível. A cada vencimento da vida útil proposta, pressupôs-se a venda dos equipamentos antigos pelo seu valor residual e a compra de outros novos pelo valor inicial do ativo.

Tabela 9 – Máquinas e implementos necessários para a produção de cana-de-açúcar na região de Piracicaba

Item	Qtde	Valor novo (R\$)	Vida útil (anos)	Valor residual (%)	Ano de aquisição	Anos de troca
Carreta Tanque	1	19.000,00	10	20%	0	10-20
Carreta - 4 t	1	4.869,95	10	20%	0	10-20
Cobridor	1	4.800,00	10	20%	0	10-20
Cultivador 2 linhas	1	9.368,29	10	20%	1	11-22
Distribuidor de calcário	1	19.206,37	10	20%	0	10-20
Enleirador	1	27.890,00	10	20%	1	11-22
Grade aradora intermediária	1	34.253,34	10	20%	0	10-20
Grade niveladora	1	20.896,60	10	20%	0	10-20
Lâmina dianteira	1	10.000,00	10	20%	0	10-20
Pulverizador 600L	1	12.890,00	10	20%	0	10-20
Roçadeira	1	6.639,22	10	20%	0	10-20
Subsolador	1	15.725,00	10	20%	0	10-20
Sulcador 2 linhas	1	3.837,50	10	20%	0	10-20
Trator 100 - 130 cv	1	125.898,83	15	30%	0	15
Trator 73 - 100 cv	1	95.158,47	15	30%	0	15
Utilitário leve	1	35.000,00	8	30%	0	8-16-24
TOTAL		445.433,57				

Fonte: PECEGE (2012)

Dessa forma, o investimento inicial total do projeto canavieiro piracicabano foi de R\$ 985.115,49, distribuídos ao longo dos dois primeiros períodos conforme fluxo de caixa detalhado no Anexo F.

¹² Mantendo conformidade com a evolução de expansão do canavial (Anexo E), tal investimento é desembolsado ao longo dos três primeiros períodos do projeto.

¹³ Apesar de se tratar de uma premissa conservadora em relação a necessidade técnica de uso do maquinário, decidiu-se pela fidelidade à informação original [PECEGE (2012)].

3.3.3 Receitas: Piracicaba

A receita do fornecedor de cana-de-açúcar é formada basicamente por dois parâmetros: o preço de mercado do ATR, expresso em R\$/kg de ATR, e; a quantidade de ATR existente em cada tonelada de cana entregue à usina, expresso em kg ATR/tc. A multiplicação desses dois fatores resulta no preço da cana-de-açúcar, este, expresso em R\$/tc.

Conforme apresentado no subtópico 3.2.1, a qualidade média histórica da matéria-prima entregue às usinas na região de Piracicaba é de 140,10 kg ATR/tc.

Complementarmente, o preço médio real histórico do quilograma do ATR comercializado no Estado de São Paulo entre as safras 1999/00 e 2012/13 foi de R\$ 0,4365/kg ATR, conforme mostram a Tabela 10 e a Figura 16, construídas a partir de dados extraídos de ORPLANA (2012), IPEA (2012).

Tabela 10 – Preços nominais, IGP-DI e preços reais do quilograma de ATR no Estado de São Paulo – safras 1999/00 a 2012/13

Safra	Preço ATR nominal (R\$/kg)	IGP-DI	Preço ATR real (R\$/kg)
1999/2000	0,1174	162,89	0,3500
2000/2001	0,1961	185,33	0,5139
2001/2002	0,2074	204,53	0,4925
2002/2003	0,2438	232,15	0,5100
2003/2004	0,2030	285,07	0,3458
2004/2005	0,2445	311,88	0,3808
2005/2006	0,3083	330,48	0,4531
2006/2007	0,3430	336,18	0,4955
2007/2008	0,2443	353,27	0,3359
2008/2009	0,2782	392,94	0,3439
2009/2010	0,3492	399,98	0,4240
2010/2011	0,4022	422,29	0,4626
2011/2012	0,5002	458,28	0,5301
2012/2013	0,4728	485,68	0,4728
Média			0,4365
Desvio padrão			0,0716

Nota: Dados deflacionados pelo IGP-DI para a safra 2012/13

Fonte: ORPLANA (2012), IPEA (2012)

Figura 16 – Evolução dos preços reais pagos pelo quilograma de ATR no Estado de São Paulo – safras 1999/00 a 2012/13

Nota: Dados deflacionados pelo IGP-DI: base 2012

Fonte: ORPLANA (2012)

Dessa forma, efetuando-se a multiplicação da quantidade pelo preço médio histórico do ATR chega-se ao valor médio de R\$ 61,15/tc, montante recebido pelo fornecedor de cana-de-açúcar da região de Piracicaba para cada tonelada de matéria-prima entregue à usina.

Outra fonte de receita que diversos produtores de cana-de-açúcar paulistas recebem trata-se de incentivos financeiros oferecidos pelas usinas em troca de contratos de fornecimento de cana-de-açúcar. No caso de Piracicaba, aplicou-se às usinas operantes na zona de abrangência regional o questionário apresentado no Anexo C, mas não foram constatados subsídios em nível algum para esta região.

3.4 Estrutura financeira típica da região de Sertãozinho

3.4.1 Custos de produção: Sertãozinho

Com base no sistema de produção típico do fornecedor de cana de Sertãozinho, estimou-se um custo operacional efetivo médio de R\$ 3.265,21 por hectare de cana cultivada em terra própria, tal como disposto na Tabela 11. Ressalta-se que, diferentemente do custo operacional efetivo direto de Piracicaba, não inclui-se no caso de Sertãozinho o valor

referente ao arrendamento, uma vez que a cana-de-açúcar é cultivada em sua totalidade em terras próprias.

Por outro lado, percebe-se aqui um valor significativamente menor em relação aos desembolsos com CCT, em comparação à Piracicaba. Conforme detalhado no item 3.4.3, tal diferença se dá em função dos incentivos dados pelas usinas aos fornecedores de cana, realidade identificada apenas na região de Sertãozinho.

Tabela 11 – Custo operacional efetivo de produção da cana-de-açúcar em Sertãozinho – produção em terras próprias

Estádio de produção	R\$/ha	Fator ponderação	R\$/ha ponderado
Preparo de solo	959,64	1/6	159,94
Plantio	2.777,99	1/6	463,00
Trato cultural cana planta	505,22	1/6	84,20
Trato cultural cana soca	1.243,65	5/6	1.036,38
Corte, carregamento e transporte	1.439,46	6/6	1.439,46
Administração	82,23	6/6	82,23
TOTAL			3.265,21

Nota 1: Dados deflacionados pelo IGP-DI: base 2012.

Nota 2: O custo com arrendamentos foi omitido pois, na realidade de Sertãozinho, o cultivo é feito em 100% de área própria do fornecedor.

Fonte: Adaptado de Marques (2008), Xavier et al. (2009) e PECEGE (2010, 2011, 2012)

Quanto aos tributos incidentes sobre a produção de Sertãozinho, destaca-se para a diferença da taxa associativa paga nessa região (1,25% sobre o faturamento contra 2,00% em Piracicaba). Os demais tributos possuem alíquota e incidência equivalentes a realidade da região de Piracicaba (Tabela 12).

Tabela 12 – Tributos incidentes sobre a produção

Tributo	Alíquota	Incidência
Taxa associativa	1,25%	Faturamento
FUNRURAL	2,30%	Faturamento
CNA	0,1% + R\$ 98,97	Faturamento
ITR	0,07%	VTN

Nota: VTN = Valor da Terra Nua

Fonte: CANAOESTE (2012), CNA (2012), Receita Federal do Brasil (2012)

3.4.2 Investimentos: Sertãozinho

As terras na região de Sertãozinho apresentam valores entre 21% e 35% maiores do que na região de Piracicaba. Segundo o IEA (2013a), naquela localidade o preço médio real do hectare de terra para cultura de primeira e de segunda é de R\$ 21.407,35/ha e R\$ 15.466,22/ha, respectivamente, considerando dados históricos entre 1996 e 2012 (Figura 17). Conforme apresentado no subtópico 3.2.3, os percentuais considerados em ambientes de produção A e B (78%) e C a E (22%) originam um preço médio ponderado de R\$ 20.086,97/ha para a aquisição de cada um dos 172,4 hectares de área útil para cultivo de cana em Sertãozinho, totalizando um investimento de R\$ 3.463.668,23¹⁴.

Figura 17 – Evolução dos preços médios reais pagos pelo hectare de terra em Sertãozinho (Ribeirão Preto) – 1996 a 2011

Nota: Dados deflacionados pelo IGP-DI: base 2012

Fonte: IEA (2013a)

Por outro lado, os investimentos em maquinário totalizam R\$ 486.893,27 (Tabela 13). Os valores foram considerados segundo PECEGE (2012), e as premissas de compra de máquinas e implementos novos e usados obedeceram aos mesmos critérios definidos no caso da região de Piracicaba.

¹⁴ Mantendo conformidade com a evolução de expansão do canavial (Anexo E), tal investimento é desembolsado ao longo dos seis primeiros períodos do projeto.

Em termos globais, o investimento inicial total do projeto de Sertãozinho foi estimado em R\$ 3.950.561,50, a ser desembolsado conforme cronograma exposto no Anexo G.

Tabela 13 – Máquinas e implementos necessários para a produção de cana na região de Sertãozinho

Item	Qtde	Valor novo (R\$)	Vida útil (anos)	Valor residual (%)	Ano de aquisição	Anos de troca
Carreta Tanque	1	19.000,00	10	20%	0	10-20
Arado fixo - 3 discos	1	6.973,63	10	20%	0	10-20
Carroceria	1	23.500,00	10	20%	0	10-20
Cobridor	1	4.800,00	10	20%	0	10-20
Cultivador 2 linhas	1	9.368,29	10	20%	1	11-22
Distribuidor de calcário	1	19.206,37	10	20%	0	10-20
Enleirador	1	27.890,00	10	20%	1	11-22
Grade aradora intermediária	1	34.253,34	10	20%	0	10-20
Grade niveladora	1	20.896,60	10	20%	0	10-20
Lâmina dianteira	1	10.000,00	10	20%	0	10-20
Pulverizador 600L	1	12.890,00	10	20%	0	10-20
Roçadeira	1	6.639,22	10	20%	0	10-20
Subsolador	1	34.250,00	10	20%	0	10-20
Sulcador 2 linhas	1	3.837,50	10	20%	0	10-20
Trator 131 - 160 cv	1	154.206,03	15	30%	0	15
Trator 31 - 72 cv	1	64.182,30	15	30%	0	15
Utilitário leve	1	35.000,00	8	30%	0	8-16-24
TOTAL		486.893,27				

Fonte: Adaptado de PECEGE (2012)

3.4.3 Receitas: Sertãozinho

As receitas do fornecedor de cana-de-açúcar de Sertãozinho foram definidas de forma idêntica às receitas do fornecedor de Piracicaba. O preço do quilograma do ATR seguiu a premissa de R\$ 0,4365 e a quantidade de ATR por tonelada de cana foi aquela definida no subtópico 3.2.3 (138,75 kg ATR/tc). Dessa forma, o preço médio recebido pela tonelada da cana na região de Sertãozinho foi estimado em R\$ 60,57/tc.

Diferentemente da região de Piracicaba, o fornecedor de Sertãozinho tradicionalmente recebe incentivos das usinas para a entrega da cana-de-açúcar. Conforme informações coletadas com base no questionário apresentado no Anexo C, tipicamente, as unidades industriais dessa região fornecem subsídios no estágio de Corte, Carregamento e Transporte que variam de 10% a 44% do custo total do CCT (Tabela 14). Em média, o modelo desenvolvido considerou um subsídio de 26% sobre o CCT, com duração ilimitada ao longo da vida útil do projeto.

Tabela 14 – Incentivos das usinas à fornecedores de cana-de-açúcar da região de Sertãozinho

Incidência do incentivo	Mínimo	Média ponderada	Máximo
CCT	10%	26%	44%

Fonte: Dados da pesquisa

3.5 Taxa de desconto

Para a determinação da taxa de desconto foram realizados levantamentos de dados primários e secundários.

No primeiro caso, aplicou-se um questionário estruturado (Anexo D) com o intuito de identificar qual a taxa de juros requerida por agentes diretamente vinculados ao fornecimento de cana-de-açúcar no Brasil.

Obteve-se 39 respostas. Em termos de distribuição espacial, o maior número de respostas derivou do Estado de São Paulo (68%), seguidas de Mato Grosso (16%), Paraná e Goiás (5% cada Estado) (Figura 18). Por outro lado, 38% da amostragem referiram-se a propriedades de tamanho entre 1.000 e 10.000 hectares, seguido da classe entre 100 e 500 hectares (28%) e da classe de até 100 hectares (15%) (Figura 19).

Figura 18 – Distribuição espacial das respostas do questionário sobre a taxa de remuneração da atividade de fornecimento de cana-de-açúcar

Figura 19 – Distribuição percentual da amostra conforme área da produção de cana-de-açúcar (valores da legenda expressos em hectares)

Em média, a taxa nominal de juros requerida na amostra obtida foi de 10,4% a.a., variando entre um mínimo de 2% a.a. e um máximo de 40% a.a. A Figura 20 apresenta a distribuição das taxas de juros amostradas.

Figura 20 – Histograma da taxa de juros requerida pela atividade de fornecimento de cana-de-açúcar no Brasil

Para fins de definição da taxa de desconto resultante da amostragem via questionários, considerou-se, em virtude das características do estudo de caso em questão, a parcela da amostra que obedeceu aos seguintes critérios¹⁵: *i*) ser proprietário; *ii*) estar localizada dentro

¹⁵ Optou-se por considerar o maior número de respostas possíveis compatíveis com as premissas admitidas nas regiões de Piracicaba e Sertãozinho, mesmo que fossem oriundas de regiões distintas daquelas ora analisadas.

do Estado de São Paulo, e; *iii*) possuir área igual ou inferior a 350 hectares. Nesse caso, a taxa de juros nominal resultante foi de 9,8% a.a.

Adicionalmente, desenvolveu-se a análise da determinação da taxa decorrente da razão entre os preços dos arrendamentos pelos preços do hectare de terra negociados nas regiões de Piracicaba e Sertãozinho. Nesse sentido, utilizou-se das bases de dados do IEA, considerando o período compreendido entre 1999 e 2012 (IEA 2013a; 2013b).

Em uma primeira instância, a partir dos preços físicos de arrendamento e dos preços pagos pelo quilograma do ATR definiu-se os preços pagos pelo arrendamento, expressos em reais por hectare (R\$/ha). Na sequência, determinou-se a série de preços do hectare de terra negociados em cada uma das regiões em análise. Para tanto, utilizou-se as séries de preços reais do hectare de terra em ambas as regiões, deflacionadas pelo IGP-DI para o ano de 2012, disponíveis para culturas de primeira e de segunda. O peso de cada uma das classes de terra (primeira e segunda) foi considerado conforme abordado nos tópicos 3.2.1 e 3.2.3. Dessa forma, estima-se que a taxa média resultante da razão entre preços de arrendamento e do hectare negociados em Piracicaba e Sertãozinho seja de 4,72% e 4,66%, respectivamente (Tabela 15 e Tabela 16). Trata-se de uma segunda estimativa possível para a quantificação da taxa de desconto a ser utilizada no modelo de fluxo de caixa proposto.

Tabela 15 – Valor de arrendamento e da terra nua para culturas de primeira e segunda: 1999 a 2012 - Piracicaba

Ano	Preço ATR (R\$/kg ATR)	Preço arrendamento - físico (tc/ha)	Preço arrendamento - área (R\$/ha)	Preço da terra: cultura de primeira (R\$/ha)	Preço da terra: cultura de segunda (R\$/ha)	Preço terra: ponderado (R\$/ha)	Taxa
1999	0,3500	13,05	525,72	10.746,31	8.132,35	9.387,05	5,60%
2000	0,5139	12,84	517,26	9.753,22	7.306,66	8.481,01	6,10%
2001	0,4925	12,87	518,47	10.152,12	7.576,66	8.812,88	5,88%
2002	0,5100	13,77	554,73	9.417,01	7.154,56	8.240,53	6,73%
2003	0,3458	14,02	564,80	12.001,61	9.527,28	10.714,96	5,27%
2004	0,3808	15,21	612,74	14.195,01	10.752,29	12.404,79	4,94%
2005	0,4531	14,94	601,86	15.556,04	12.522,37	13.978,53	4,31%
2006	0,4955	15,42	621,20	15.388,21	11.990,40	13.621,35	4,56%
2007	0,3359	15,50	624,42	15.759,49	14.783,44	15.251,94	4,09%
2008	0,3439	16,99	684,45	17.465,82	15.946,26	16.675,65	4,10%
2009	0,4240	16,87	679,61	20.078,05	16.763,99	18.354,74	3,70%
2010	0,4626	15,94	642,15	20.378,10	15.880,17	18.039,17	3,56%
2011	0,5301	15,08	607,50	18.519,91	14.876,03	16.625,09	3,65%
2012	0,4728	16,36	659,07	20.259,79	16.471,93	18.290,10	3,60%
Média							4,72%

Fonte: IEA (2013a, 2013b)

Tabela 16 – Valor de arrendamento e da terra nua para culturas de primeira e segunda: 1999 a 2012 - Sertãozinho

Ano	Preço ATR (R\$/kg ATR)	Preço arrendamento - físico (tc/ha)	Preço arrendamento - área (R\$/ha)	Preço da terra: cultura de primeira (R\$/ha)	Preço da terra: cultura de segunda (R\$/ha)	Preço terra: ponderado (R\$/ha)	Taxa
1999	0,3500	17,72	713,65	9.884,07	6.999,77	9.249,53	7,72%
2000	0,5139	18,13	730,37	10.310,06	6.758,77	9.528,78	7,66%
2001	0,4925	18,60	749,31	12.908,84	10.017,36	12.272,71	6,11%
2002	0,5100	19,50	785,56	12.605,87	9.803,72	11.989,40	6,55%
2003	0,3458	20,47	824,64	17.529,02	13.160,52	16.567,95	4,98%
2004	0,3808	20,25	815,78	22.793,02	16.285,41	21.361,35	3,82%
2005	0,4531	21,03	847,20	23.873,52	17.279,87	22.422,91	3,78%
2006	0,4955	21,25	856,06	23.001,75	16.659,55	21.606,47	3,96%
2007	0,3359	21,81	878,62	24.927,56	18.102,16	23.425,97	3,75%
2008	0,3439	20,81	838,34	28.635,61	19.482,31	26.621,88	3,15%
2009	0,4240	21,46	864,52	27.475,22	19.839,68	25.795,40	3,35%
2010	0,4626	21,07	848,81	27.745,76	20.299,59	26.107,60	3,25%
2011	0,5301	22,34	899,97	27.294,48	19.923,26	25.672,81	3,51%
2012	0,4728	23,44	944,29	27.076,75	21.297,35	25.805,28	3,66%
Média							4,66%

Fonte: IEA (2013a, 2013b)

Uma terceira fonte de informação para possíveis taxas de desconto utilizadas em projetos de investimento agrícolas trata-se da literatura disponível. A Tabela 17 resume um apanhado de 15 estudos dedicados a mensuração da atratividade de diferentes atividades agrícolas no Brasil, seja via análises de projetos, seja via custo de produção. A taxa de juros real média desta apuração foi de 6,6% a.a., variando entre 3,41% e 12,00%.

Tabela 17 – Taxas de juros reais utilizadas por 15 estudos da literatura brasileira sobre atratividade de atividades agropecuária

Fonte	Taxa de juros real (% a.a.)	Descrição
Santos et al. (2000)	12,00%	Viabilidade econômica do sistema grevêlea x café no estado do Paraná
Rodrigueri (1998)	6,00%	Viabilidade econômica de sistemas agroflorestais
Maya (2003)	6,00%	Viabilidade econômica da recria e engorda de bovinos
Aredes et al. (2007)	4,31%	Viabilidade econômica da produção de café irrigado
Rezende et al. (2006)	8,75%	Viabilidade econômica do fomento florestal de eucalipto em Minas Gerais
Mendonça et al. (2008)	3,41%	Viabilidade econômica da produção de mamão
Silva (2008)	8,00%	Viabilidade econômica da produção de peixes
Alves et al. (2008)	6,00%	Viabilidade econômica da produção de algodão, cana e soja em Goiás
Zilli (2010)	6,09%	Valoração de propriedades rurais em Carazinho/RS e Cascavel/PR
Kaneko et al. (2009)	6,00%	Análise econômica da produção de cana-de-açúcar
Santos (2010)	5,00%	Viabilidade econômica da interação cana-de-açúcar/soja/amendoim
Paranhos e Paranhos (2010)	8,00%	Viabilidade econômica de soja arrendada no estado de São Paulo
PECEGE (2012)	6,00%	Custos de produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol no Brasil
CONAB (2013)	6,00%	Metodologia de cálculo de custo de produção CONAB
Zilio (2012)	7,50%	Viabilidade econômica da cana nas regiões Tradicional e de Expansão
Média	6,60%	

Tomando como base as três alternativas supracitadas e considerando ainda a meta oficial de inflação do governo brasileiro, de 4,5% a.a., construiu-se a Tabela 18, a qual expõe as estimativas para a taxa de desconto até então apresentadas. A média aritmética de tais levantamentos resultou em uma taxa de juros real de 5,45%, valor considerado como razoável e passível de utilização como TMA no presente estudo.

Tabela 18 – Taxas de juros reais passíveis de utilização e TMA proposta

Análise	Taxa nominal (% a.a.)	Inflação projetada (% a.a.)	Taxa real (% a.a.)
Questionários amostrados	9,80%	4,50%	5,07%
Razão arrendamento/preço da terra			4,69%
Literatura consultada			6,60%
Média			5,45%

Por fim, a taxa de juros real livre de risco foi considerada conforme aponta Lima (2004). Para o autor, “a taxa de juro livre de risco deve ser aquela paga por um título governamental, cuja maturidade seja igual à vida útil da opção real de investir”. Neste sentido, tomando como base dados do Tesouro Direto do ano de 2013, observa-se que a taxa média relativa às Notas do Tesouro Nacional classe B (NTN-B) negociadas ao longo do primeiro semestre do respectivo ano, com vencimento em 15/05/2045, é de 4,5% a.a. (BRASIL, 2013b). Tal valor foi considerado como sendo a taxa de juros livre de risco no modelo de opções reais em análise no presente estudo.

3.6 Valor Presente Líquido, Valor Uniforme Líquido e Taxa Interna de Retorno

O VPL de um projeto é um valor monetário, expresso em moeda previamente definida, que pode ser traduzido como o somatório dos fluxos de caixa líquidos futuros, sendo estes descontados a valor presente por uma taxa de juros chamada taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade – TMA. Se o resultado obtido for maior do que zero, então existem indícios que apontam para a aceitação do projeto. Caso contrário, se o VPL for menor do que zero, então o empreendimento deve ser recusado. Em casos de vários projetos, escolhe-se aquele com maior VPL (ROSS ET AL., 2007).

Matematicamente, o VPL pode ser expresso por:

$$VPL = C_0 + \sum_{i=1}^T \frac{C_i}{(1+r)^i} \quad (1)$$

Onde:

C_0 = fluxo de caixa inicial do projeto;

C_i = fluxo de caixa no período i , onde $i = \{1, 2, \dots, T\}$;

T = fim da vida útil do projeto;

r = taxa de desconto ou TMA vinculada ao projeto;

Em projetos convencionais o valor de C_0 é negativo, refletindo o investimento inicial efetuado para o início do projeto. Entretanto, podem existir projetos onde este primeiro fluxo de caixa apresente valor positivo ou mesmo nulo.

Segundo Perina (2007), o VUL trata-se de um método que, a partir do VPL do projeto, calcula uma série de valores uniformes e postecipados entre os períodos 0 e T do projeto. Sua estimativa é obtida conforme exposto na equação (2).

$$VUL = VPL \frac{r(1+r)^T}{(1+r)^T - 1} \quad (2)$$

Por outro lado, a TIR se trata da taxa de desconto torna o valor do VPL nulo. Ou seja, deseja-se identificar qual o valor da taxa que torna o somatório dos fluxos de caixa líquidos projetados descontados a valor atual igual a zero. A TIR é, portanto uma medida que *“procura obter uma única cifra para sintetizar os méritos de um projeto”* (ROSS ET AL., 2007, p. 131).

Ela pode ser facilmente comparada com outras taxas de retorno do mercado, tais como poupança, títulos públicos ou ações cotadas em bolsa. Dado que um projeto possui riscos intrínsecos ao seu ramo de atividade e que a TMA deve ser, a rigor, aquela taxa que melhor identifica o retorno justo do projeto em questão, a TIR é comumente comparada a TMA. Assim, como critério de decisão, tem-se que se a TIR for maior do que a TMA, existem indícios de que o projeto deve ser aceito. Caso contrário, se a TIR for menor do que a TMA, então há indícios de que o projeto deve ser rejeitado pelo tomador de decisão. No caso de vários projetos, escolhe-se aquele com maior TIR.

Ainda, matematicamente pode-se representar a TIR como:

$$VPL = C_0 + \sum_{i=1}^T \frac{C_i}{(1+TIR)^i} = 0 \quad (3)$$

Entretanto, as ferramentas financeiras apresentadas até o momento estão suscetíveis a algumas limitações.

Embora o VPL seja rotulado como “*critério mais rigoroso e isento de falhas técnicas*” (CONTADOR, 1988, p. 40), ele depende diretamente da TMA, a qual possui intrinsecamente certo nível de subjetividade em sua determinação. Os métodos de estimação da TMA podem partir de premissas frágeis, tal como ocorre no Modelo de Apreçamento de Ativos Financeiros (em inglês, *Capital Asset Pricing Model* – CAPM), o qual carece da definição de uma carteira de mercado, comumente representada pelo índice de ações disponível no mercado (no caso do Brasil, o IBOVESPA). Entretanto, sabe-se que tal índice não reflete com exatidão as características do mercado como um todo, gerando um viés, por exemplo, de escala, uma vez que as empresas listadas em bolsa tratam-se de grandes conglomerados (SECURATO, 2007). Outras limitações atribuídas ao VPL são as de que o resultado de cálculo trata-se de um valor absoluto, e não relativo, além de considerar a TMA constante ao longo de toda a vida útil do projeto (PERINA, 2007). De forma semelhante, o VUL esbarra nas mesmas limitações do VPL.

Com relação a TIR, cita-se como principais limitações:

- a) Em casos de projetos de financiamento, por exemplo, a interpretação da TIR diverge daquela tradicionalmente apresentada. Nesses casos, onde as receitas são recebidas antecipadamente e arca-se com os custos em períodos futuros, a regra de decisão será: se $TIR > TMA$, rejeita-se o projeto; se $TIR < TMA$, aceita-se o mesmo;
- b) Em caso de projetos com múltiplas mudanças de sinal em seus fluxos de caixa líquidos, múltiplas serão as TIR do projeto;
- c) Em análises de projetos de escalas não proporcionais pode-se estimar TIR discrepantes dos resultados obtidos via VPL. Assim, dependendo da interpretação do tomador de decisão (se por um ou outro critério), a escolha entre projetos pode não ser unânime. Nesse caso, torna-se necessário a avaliação segundo o fluxo de

caixa incremental, o qual irá apresentar resultados concisos com o VPL originalmente aferido.

Como limitante comum a todos os métodos tradicionais abordados encontra-se o fato de que eles são determinísticos, ou seja, tratam-se de valores exatos que procuram apontar um norte quanto a atratividade do empreendimento em questão. Dessa forma, os riscos associados a cada tipo de projeto não são de fato mensurados pelos métodos tradicionais abordados.

Por outro lado, ambos TIR, VPL e VUL possuem como premissa o fato de que o projeto será implantado em $t = 0$ e que todo o horizonte de tempo pré determinado será cumprido. Dessa forma, situações comuns no cotidiano das empresas, tais como postergar o início das atividades; expandir a produção ao longo da vida útil do projeto, caso isso seja atrativo; ou mesmo abandonar o empreendimento antes do término de sua vida útil são ignoradas. Os métodos tradicionais são incapazes de incorporar certas flexibilidades inerentes aos projetos de investimento disponíveis no mercado, tratando-se de análises do tipo “agora ou nunca”, e sempre respeitando um horizonte de tempo determinado *a priori* na análise.

3.7 Teoria das Opções Reais

Um momento marcante no desenvolvimento de modelos para o cálculo do valor de uma opção deu-se com Black e Scholes (1973). Os autores propunham um método para valorar o preço da *call*, utilizando-se de profundos conhecimentos na área da matemática para a derivação do modelo.

Mais tarde propôs-se o uso de distribuições binomiais de probabilidades para estimar-se o preço da opção, abordagem que ficou conhecida como Modelo da Árvore Binomial.

Os tópicos a seguir ocupam-se em apresentar o modelo da árvore binomial, metodologia tipicamente utilizada no apreçamento de ativos dentro do conceito de opções reais.

3.7.1 Árvore binomial

A proposta da modelagem da árvore binomial parte do princípio básico de que o preço do ativo em questão é conhecido em $t = 0$, sendo o mesmo definido como A_0 . Deste ponto em diante, a trajetória do respectivo preço só poderá tomar duas direções, tradicionalmente designadas como ascendente ou descendente, atingindo dois novos estados (Figura 21).

Assim, em $t = 1$ o preço do ativo pode assumir os valores A_{11} (tempo 1, estado 1) ou A_{12} (tempo 1, estado 2). Na ilustração, $A_{11} > A_0 > A_{12}$, o que se trata de uma conveniente convenção, uma vez que os preços podem tomar, de um passo para outro, qualquer direção. É possível, por exemplo, que $A_{11} > A_{12} > A_0$, ou então que $A_0 > A_{11} > A_{12}$, dependendo de parâmetros que serão abordados posteriormente.

Figura 21 – Conceito básico do modelo binomial

Fonte: Adaptado de Securato (2011)

Da mesma forma, em $t = 1$ os estados A_{11} e A_{12} podem tomar duas direções, atingindo A_{21} , A_{22} , A_{23} ou A_{24} em $t = 2$ (Figura 22).

Figura 22 – Modelo binomial até o passo $t = 2$

Fonte: Adaptado de Securato (2011)

Cada ponto A_{te} é denominado “nó”, sendo que de cada nó originam-se duas novas possibilidades de trajetórias para o preço do ativo, caracterizando assim a chamada árvore binomial (Figura 23). Os passos são repetidos até $t = n$, sendo n o prazo de maturação da opção ou, no caso de projetos de investimento, o horizonte do mesmo.

Figura 23 – Exemplificação da árvore binomial completa

Fonte: Adaptado de Securato (2011)

Cabe salientar que em $t = n$ existirão 2^n nós finais, ou seja, 2^n possibilidades de preços para o ativo em análise. Assim, a medida que n aumenta o número de nós finais tende para o infinito, exigindo elevada capacidade operacional para que as estimativas desejadas sejam alcançadas. Para que o problema seja simplificado, deriva-se da árvore binomial a chamada rede binomial (Figura 24).

Figura 24 – Rede binomial até o passo $t = 3$

Fonte: Adaptado de Securato (2011)

A propagação da rede binomial se dá de forma semelhante à da árvore binomial, com a peculiaridade de que a cada novo passo os nós intermediários convergem de tal forma que alguns dos A_{te} assumirão valores iguais. No passo $t = 2$, por exemplo, $A_{22} = A_{23}$. No período $t = 3$, $A_{32} = A_{33}$ e $A_{34} = A_{35}$, e assim por diante. Nesse caso, em $t = n$ existirão exatamente $n + 1$ possibilidades diferentes de preços para o ativo em questão, reduzindo significativamente a necessidade operacional em comparação ao modelo da árvore binomial (Figura 25).

Figura 25 – Exemplificação da rede binomial completa

Fonte: Adaptado de Securato (2011)

Como o preço inicial do ativo (A_0) é conhecido, os valores A_{te} subsequentes podem ser calculados multiplicando A_0 por um fator de alta u , no caso trajetória ascendente, e de baixa d , no caso de trajetória descendente. Dessa forma, tem-se que $A_{11} = A_0u$ e que $A_{12} = A_0d$. Posteriormente, ter-se-á que $A_{21} = A_{11}u$, $A_{22} = A_{23} = A_{11}d = A_{12}u$, e que $A_{24} = A_{12}d$, mantendo-se o mesmo padrão para os passos seguintes. Tem-se como condição necessária que $u > d$. A Figura 26 ilustra a respectiva evolução.

Figura 26 – Evolução da rede binomial conforme fatores de alta (u) e de baixa (d)

Fonte: Adaptado de Securato (2011)

Denota-se ainda que u e d decorrem de taxas de variações, podendo ser representados por:

$$u = 1 + i_u \quad (4)$$

$$d = 1 + i_d \quad (5)$$

Onde i_u é a taxa de variação no caso de subida de preços e i_d é a taxa de variação no caso de queda de preços.

Generalizando a rede binomial multiplicativa, partindo-se de A_0 e considerando-se todas as possíveis subidas de preços, ter-se-ia, em $t = n$, $d^0 u^n A_0$. Por outro lado, caso fossem acompanhadas todas as possíveis quedas de preços se obteria $d^n u^0 A_0$ em $t = n$. Nos pontos intermediários seriam observadas combinações de u 's e d 's tal como exposto na Figura 27.

Figura 27 – Evolução da rede binomial multiplicativa e possibilidades combinatórias de u 's e d 's

Fonte: Adaptado de Securato (2011)

Associadas a cada taxa de variação estão as respectivas probabilidades de ocorrência. Denota-se por p a probabilidade de subida de preços, e por $(1 - p)$ a probabilidade de queda. Assim, em cada nó o preço pode “caminhar para cima” com probabilidade p ou “caminhar para baixo” com probabilidade $(1 - p)$, conforme ilustra a Figura 28.

Figura 28 – Rede binomial multiplicativa com combinações de u 's e d 's e alocação das probabilidades associadas

Fonte: Adaptado de Securato (2011)

Nota-se ainda que, para se calcular a probabilidade de ocorrência de qualquer valor final não é suficiente efetuar-se a multiplicação dos u 's ou d 's pelas respectivas probabilidades acumuladas, uma vez que para chegar-se até tal valor podem existir inúmeros caminhos distintos. Para tanto, eleva-se $(1 - p)$ ao respectivo número de quedas (k) observadas ao longo do caminho percorrido (n) e p ao número de subidas observadas no mesmo período (ou seja, $n - k$), multiplicando-se tal resultado pela combinação $\binom{n}{n-k}$, conforme apresenta a equação (6).

$$P(A_n) = p^{n-k}(1-p)^k \binom{n}{n-k} \quad (6)$$

Onde:

n = número de períodos;

k = número de quedas de preços observadas até $t = n$.

Por outro lado, pode-se desejar trabalhar com o modelo binomial aditivo, o qual leva em conta adição ou subtração de fatores constantes aos valores originais do ativo objeto analisado. Nesse caso, denominam-se ν e δ como parâmetros de subida e queda de preços, respectivamente. A Figura 29 ilustra a evolução da rede binomial no caso aditivo.

Figura 29 – Rede binomial aditiva com combinações de ν 's e δ 's e alocação das probabilidades associadas

Fonte: Adaptado de Securato (2011)

Em geral, tem-se $\delta < 0$, denotando perda de valor do ativo em análise. A distribuição de probabilidades no caso aditivo segue o mesmo padrão do caso multiplicativo, sendo expressa pela equação (6) previamente apresentada.

As redes binomiais aditivas possuem a característica de possibilitarem a aferição de valores negativos para os preços dos ativos em análises, o que se mostra conveniente no caso de estudos que tratem como ativo físico o VPL de determinado projeto de investimento, por exemplo.

De posse da rede binomial para o ativo A_0 , pode-se determinar o valor da opção no nó a . Os procedimentos para o cálculo do valor da opção no período $t = 0$ são distintos para as análises que consideram opções dos tipos europeia ou americana. No primeiro caso, parte-se dos valores resultantes de A_0 em $t = n$, trabalhando-se de frente para trás no sentido de estimar

os valores das opções nos nós precedentes, até que se chegue ao valor da opção em $t = 0$. Já no caso da opção do tipo americana, a qual pode ser exercida em qualquer instante do tempo, o procedimento possui uma série de etapas adicionais.

O primeiro passo será calcular o valor das opções nó a nó, obedecendo a seguinte equação:

$$O_{t,e} = \max(S_{t,e} - K; 0) \quad (7)$$

Onde:

$O_{t,e}$ = valor da opção no instante de tempo t , no nó de posição e ;

$S_{t,e}$ = valor do ativo subjacente no nó correspondente ao período t , posição e .

K = preço de exercício.

Em geral, o preço de exercício será o equivalente a execução do projeto, o qual será “comprado” pelo Valor Presente Líquido previamente estimado pela análise do fluxo de caixa descontado. Ou seja, o VPL tradicionalmente calculado toma o lugar do preço de exercício no caso da TOR.

Dessa forma, ter-se-á uma nova rede binomial para o valor das opções, tal como ilustrado na Figura 30.

Figura 30 – Cálculo do valor das opções americanas, nó a nó

Entretanto, essa não se trata da resposta final em termos do valor da opção em $t = 0$. O passo seguinte será, partindo de $t = n$, calcular qual o valor da opção do nó precedente ($t = n-1$), conforme a equação (8).

$$O_{t=n-1,e} = \frac{\{[O_{t=n,e1} \times p] + [O_{t=n,e2} \times (1-p)]\}}{(1 + r_F)} \quad (8)$$

Onde:

r_F = taxa livre de risco do mercado;

No nó precedente, compara-se, então, o valor da opção obtido pela ponderação das opções do nó subsequente, descontado um período, com o valor da opção do mesmo nó, calculado conforme a equação (7). Para o passo seguinte, que será calcular o valor das opções nos nós em $t = n-2$, será escolhido o valor máximo entre as equações (7) e (8) para que uma nova estimativa seja realizada, e assim sucessivamente, até que se chegue em $t = 0$.

Com base no VPL tradicionalmente estimado para o projeto, obtido conforme a equação (1), e de posse do valor em $t = 0$ da opção americana do respectivo projeto, obtêm-se

o chamado VPL expandido, o qual irá, conforme defende a TOR, refletir de forma mais adequada o valor financeiro do empreendimento (equação (9)).

$$VPL_{EXP} = VPL + O_0 \quad (9)$$

Conforme cita Trigeorgis (1996), a expectativa é que $O_0 > 0$, de forma o VPL expandido assuma valores maiores (ou menos negativos, dependendo do caso) do que o VPL estimado tradicionalmente pelo método do fluxo de caixa descontado.

3.7.2 Determinação dos parâmetros do modelo binomial

As estimativas dos parâmetros u , d , p e $(1 - p)$ necessários para o desenvolvimento do modelo binomial proposto foram definidas conforme Zilli (2010)¹⁶.

Inicialmente, as estimativas das taxas de subida (u) e de queda (d) de A_0 nortearam-se pelas equações (10) e (11).

$$u = e^{\sigma\sqrt{t}} \quad (10)$$

$$d = \frac{1}{u} \quad (11)$$

Onde:

σ = volatilidade de A_0 .

A determinação da probabilidade de subida (p) de A_0 foi estimada conforme a equação (12).

$$p = \frac{e^{r_F} - d}{u - d} \quad (12)$$

Onde:

r_F = taxa de juros livre de risco do mercado.

---

¹⁶ As designações u e d são usualmente definidas na literatura para o caso multiplicativo da rede binomial. No presente estudo, que aborda o caso aditivo do modelo binomial, serão utilizadas as nomenclaturas v (em detrimento de u) e δ (em detrimento de d).

Por fim, a volatilidade foi determinada de acordo com a equação (13).

$$\sigma = \sqrt{\sum_{t=1}^T \frac{(X_j - \bar{X}_j)^2}{(n-1)}} \quad (13)$$

Onde:

$X_j = \ln\left(\frac{x_t}{x_{t-1}}\right)$ = razão logarítmica dos valores da variável j entre os períodos t e $t-1$;

A definição de quais seriam as variáveis j deu-se com base em dois critérios: *i*) devem ser variáveis de risco, e; *ii*) devem ser variáveis que exerçam impacto significativo na atratividade dos projetos.

Em relação ao primeiro critério, citam-se como potenciais variáveis de risco à viabilidade dos projetos preços e rendimentos da cana-de-açúcar, dentre outras. No modelo proposto foram realizados testes com as variáveis:

- Produtividade agrícola (tc/ha);
- Preço do ATR (R\$/kg ATR);
- Quantidade de ATR (kg ATR/tc);
- TMA (%);
- Preço da terra (R\$/ha);
- Preço físico de arrendamento (tc/ha);
- Incentivos sobre o CCT (%);
- Colheita mecanizada (% da área colhida).

Em relação ao segundo critério, procedeu-se com a realização de análises de sensibilidade sobre as variáveis selecionadas. A análise de sensibilidade, conforme defende Zilio (2010), têm por objetivo definir quais dos parâmetros selecionados geram maiores impactos sobre os resultados dos indicadores econômico-financeiros do projeto, tais como o VPL. A partir dos valores originais de cada um dos parâmetros selecionados, aplicam-se variações marginais individuais (+ 1%, por exemplo) e verifica-se a resposta do VPL do projeto. Para cada parâmetro tomado individualmente haverá determinada variação do indicador financeiro, sendo esta mais expressiva em alguns casos e menos em outros. Dessa

forma, define-se uma ordem hierárquica em termos de importância dos parâmetros testados, os quais passarão por uma segunda seleção: a escolha daqueles que farão parte da cesta que determinará a volatilidade estimada (*proxy*) do ativo subjacente do modelo binomial.

3.8 Demais considerações sobre o modelo

Os fluxos de caixa foram projetados num horizonte de 30 anos, sendo descontados a uma TMA real de 5,45% a.a. Em $t = 30$ considerou-se uma perpetuidade baseada em um VUL modificado, que foi estimado com base na equação (2) e a partir do VPL definido na equação (14).

$$VPL = C_1 + \sum_{i=6}^{29} \frac{C_i}{(1+r)^i} \quad (14)$$

A opção pelo recálculo do VPL e do VUL considerando o intervalo de tempo entre o 6º e o 29º ano se deu devido ao fato de que apenas em $t = 6$ o canal estabiliza-se comercialmente, mantendo o padrão nos períodos subsequentes. Ou seja, a série infinita dos futuros fluxos de caixa equivale-se apenas aqueles fluxos projetados a partir de $t = 6$, não sendo uma premissa razoável a consideração dos fluxos de caixa estimados entre $t = 1$ e $t = 5$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Fluxo de caixa descontado

Os Anexos F e G apresentam os primeiros resultados necessários para que as respostas pretendidas pelo presente estudo sejam alcançadas. Percebe-se que a relação entre o resultado operacional e a receita bruta estimada para o projeto da região de Sertãozinho é significativamente superior aquela obtida para o projeto da região de Piracicaba (35% contra 22%). Isto ocorre basicamente devido à premissa de subsídio ao CCT da primeira região, pois em caso contrário tais percentuais praticamente se equivaleriam.

Em ambos os projetos canavieiros o faturamento sofre uma elevação significativa entre os períodos 1 e 5, efeito observado em virtude da produção crescente de cana-de-açúcar nos primeiros anos (Anexo E). A partir do período 6 há uma estabilização da receita bruta, perturbada em momentos esporádicos devido à premissa de venda dos ativos agrícolas cujas vidas úteis foram atingidas.

Em relação aos tributos pagos pela atividade, percebe-se que o FUNRURAL é aquele de maior peso financeiro, seguido pelas taxas associativas, CNA e ITR. No que tange às despesas operacionais, o desembolso com arrendamentos (12% das despesas operacionais totais de Piracicaba e 0% das de Sertãozinho) trata-se do item que gera maior divergência relativa entre os dois projetos. As despesas com a lavoura e com administração guardam relativa semelhança, salvo pelo item CCT, que no caso de Sertãozinho são reduzidos devido à premissa de incentivos dados pelas usinas aos fornecedores de cana.

Conforme se observa na Figura 31 e na Figura 32, o fluxo de caixa projetado do projeto da região de Sertãozinho caracteriza-se como convencional, enquanto que para o projeto de Piracicaba tem-se um fluxo de caixa não convencional.

Para a realidade da região de Piracicaba, foram estimadas cinco trocas de sinais nos fluxos de caixa ao longo do horizonte do projeto. A primeira reversão se dá entre os períodos 2 e 3, no momento em que a necessidade de compras de novas áreas é eliminada. Os demais movimentos de trocas de sinais ocorreram devido às necessidades de reinvestimentos expressivos em máquinas e implementos agrícolas em $t = 15$ e $t = 20$. Consequentemente, deve-se notar que o número de TIR estimadas para o projeto dessa região será igual ao número de trocas de sinais (cinco), não sendo este um indicador apropriado para a interpretação da atratividade financeira do projeto.

Por outro lado, para o projeto canavieiro da região de Sertãozinho foi estimada apenas uma troca de sinal do fluxo de caixa (de $t = 5$ para $t = 6$), exatamente no momento em que se extinguem as compras de terras para a produção da cana-de-açúcar. Desta forma, a interpretação da TIR é economicamente válida para as análises em questão.

Figura 31 – Fluxo de caixa projetado para o projeto de cultivo de cana-de-açúcar por fornecedores típicos da região de Piracicaba

Figura 32 – Fluxo de caixa projetado para o projeto de cultivo de cana-de-açúcar por fornecedores típicos da região de Sertãozinho

A taxa mínima de atratividade utilizada para ambos os projetos de Piracicaba e Sertãozinho foi de 5,45% a.a., refletindo os custos de oportunidade de um investimento com risco compatível ao cultivo de cana-de-açúcar nas regiões analisadas.

As estimativas dos indicadores de atratividade apontam para resultados análogos na comparação entre as duas regiões (Tabela 19). No caso de Piracicaba, o VPL estimado para o projeto foi de R\$ 62.472,38, com VUL de R\$ 4.274,73 e TIR unitária inconsistente devido às múltiplas reversões de sinais da série de fluxos de caixa projetados. Para o projeto de

Sertãozinho o VPL foi estimado em R\$ 664.930,14, com VUL de R\$ 45.498,44 e TIR de 6,64%.

Tabela 19 – Indicadores de atratividade econômica para o cultivo de cana-de-açúcar em Piracicaba e Sertãozinho: métodos convencionais de análise de projetos

Indicador	Piracicaba	Sertãozinho	Unidade
VPL	62.472,38	664.930,14	R\$
VUL	4.274,73	45.498,44	R\$
TIR	Inconsistente	6,64	%

Assim, uma vez que os indicadores VPL e VUL de ambos os projetos apresentaram valores maiores do que zero e dada a TIR superior a TMA de 5,45% a.a. no caso do projeto de Sertãozinho, conclui-se, com base nas premissas adotadas, que há indícios de viabilidade econômico-financeira no cultivo de cana-de-açúcar nas regiões em análise.

Para responder a parte dos objetivos secundários propostos, procedeu-se à análise de identificação dos pontos de inflexão dos projetos analisados, variando-se individualmente as variáveis preço do quilograma de ATR, produtividade agrícola, quantidade de ATR por tonelada de cana, preço de compra da terra e preço de arrendamento até que fosse alcançado um VPL = 0 (Tabela 20).

No caso piracicabano, nota-se que pequenas variações individuais (entre 1% e 1,9%) nos parâmetros preço e quantidade de ATR ou produtividade agrícola gerariam VPLs nulos. Isso indica que a atratividade do projeto, levando em consideração as premissas adotadas, encontra-se no limiar entre a aceitação e a rejeição por parte do investidor. Nessa realidade, oscilações diminutas vinculadas a eventos climáticos, por exemplo, ou fatores extrínsecos à produção (como quedas dos preços internacionais do açúcar, com consequente queda dos preços domésticos do etanol e açúcar e do ATR), ocorridos sucessivamente, levariam a situações de inviabilidade econômica da produção canavieira.

Ainda em relação ao projeto de Piracicaba, menos sensíveis seriam as variações dos valores de preços de terras e arrendamentos que tornariam o projeto indiferente. Elevações de 11,3% e 12,7% nesses preços, respectivamente, tornariam o VPL = 0. De forma individual, para que o cultivo de cana mantivesse sua atratividade econômica o investimento em terras próprias na região de Piracicaba poderia atingir até R\$ 15.800,00/ha, enquanto que os preços físicos de arrendamento poderiam chegar até as 18,82 tc/ha para que a decisão quanto à execução do investimento fosse positiva.

Já o projeto de Sertãozinho, nos termos propostos pelo estudo, suportaria níveis de variações nos valores dos parâmetros superiores àqueles observados no caso piracicabano. O preço e a quantidade de ATR poderiam assumir valores de R\$ 0,4158/kg ATR e 132,16 kg ATR/tc, respectivamente, para que o VPL fosse zero, uma queda de 4,7% em relação às premissas do modelo. A produtividade agrícola, por sua vez, poderia chegar ao patamar de 80,72 tc/ha (redução de 7,2% em relação à produtividade assumida) para que o ponto de inflexão fosse atingido.

De forma semelhante ao projeto de Piracicaba, o preço do hectare de terra poderia subir de forma mais significativa para que o VPL se igualasse a zero. No caso de Sertãozinho, preços de até R\$ 24,3 mil manteriam a decisão de aceitação do projeto. Os preços físicos de arrendamento não geram impactos no modelo de Sertãozinho, uma vez que a produção é realizada 100% em terras próprias.

Tabela 20 – Pontos de inflexão que tornam o VPL = 0 nos projetos de Piracicaba e Sertãozinho: análise via método do fluxo de caixa descontado para variáveis selecionadas

Variável	Piracicaba			Sertãozinho		
	Original	VPL = 0	$\Delta\%$	Original	VPL = 0	$\Delta\%$
Preço ATR (R\$/kg ATR)	0,4365	0,4316	-1,1%	0,4365	0,4158	-4,7%
Quantidade ATR (kg ATR/tc)	140,10	138,66	-1,0%	138,75	132,16	-4,7%
Produtividade (tc/ha)	85,51	83,86	-1,9%	86,99	80,72	-7,2%
Preço terra (R\$ mil/ha)	14,2	15,8	11,3%	20,1	24,3	20,9%
Preço arrendamento (tc/ha)	16,70	18,82	12,7%	27,43	N/D	N/D

N/D = O parâmetro não gera impacto nos resultados do modelo

Sob a ótica do fluxo de caixa descontado, ambos os projetos apresentam atratividade econômica, embora esta se encontre próxima do limite entre a aceitação e rejeição do investimento canavieiro. Conforme supracitado, sucessivas oscilações inesperadas nos patamares de preços e quantidade de ATR e de produtividade agrícola afetam direta e significativamente a sustentação econômica do típico fornecedores das regiões de Piracicaba e Sertãozinho. Entretanto, tal como apresentado na Figura 3 e na Figura 4, apesar de historicamente perceber-se uma redução da participação de fornecedores de cana-de-açúcar na produção total da cultura, de meados dos anos 1990 até a safra canavieira 2011/12 não se percebe variações significativas no mesmo sentido. Dessa forma, levanta-se a hipótese de que tais produtores possam estar precificando o projeto de cultivo de cana de uma forma diferente àquela proposta pela abordagem tradicional de análise de projetos, tal como levando em

consideração a existência de uma opção, com valor positivo, a qual elevaria o resultado do VPL tradicional.

4.2 Rede binomial

Para que os demais objetivos propostos fossem atingidos utilizou-se os VPLs estimados via fluxo de caixa descontado como *proxy* para os valores iniciais (A_0) considerados na análise binomial. Ou seja, os VPLs de Piracicaba (R\$ 62.472,38) e de Sertãozinho (R\$ 664.930,14) tratam-se dos equivalentes preços de exercício das opções a serem analisadas.

A volatilidade considerada (σ_A) para o ativo subjacente foi estimada conforme proposto no item 3.7.2. Os resultados das análises de sensibilidade (Tabela 21) mostram que, em ambas os projetos, as variáveis produtividade agrícola, preço do ATR e quantidade de ATR por tonelada de cana são aquelas que maior impacto geram sobre o VPL dos projetos.

Tabela 21 – Análise de sensibilidade para parâmetros de risco dos modelos de fluxo de caixa descontado de Piracicaba e Sertãozinho

Região/Variável	Valor original	VPL Original (R\$)	Valor $\Delta+1\%$	VPL $\Delta+1\%$ (R\$)	$ \Delta\% $ VPL
Piracicaba					
Produtividade (tc/ha)	85,51	62.472	86,37	93.922	50%
Preço ATR (R\$/kg ATR)	0,4365	62.472	0,4409	118.047	89%
ATR (kg ATR/tc)	140,10	62.472	141,50	123.243	97%
TMA (%)	5,45%	62.472	5,50%	51.388	18%
Produção de cana (tc)	6.500	62.472	6.565	69.495	11%
Preço da terra (R\$/ha)	14.199,45	62.472	14.341,44	57.061	9%
Preço arrendamento (tc/ha)	16,70	62.472	16,87	57.276	8%
Incentivo sobre CCT (%)	0,0%	62.472	0,0%	62.472	0%
Colheita mecanizada (%)	75%	62.472	76%	62.319	0%
Sertãozinho					
Produtividade (tc/ha)	86,99	664.930	87,86	794.724	13%
Preço ATR (R\$/kg ATR)	0,4365	664.930	0,4409	804.914	21%
ATR (kg ATR/tc)	138,75	664.930	140,14	804.914	21%
TMA (%)	5,45%	664.930	5,50%	621.700	7%
Produção (tc)	15.000	664.930	15.150	680.159	2%
Preço da terra (R\$/ha)	20.086,97	664.930	20.287,84	633.544	5%
Preço arrendamento (tc/ha)	27,43	664.930	27,71	664.930	0%
Incentivo sobre CCT (%)	26,0%	664.930	26,3%	678.672	2%
Colheita mecanizada (%)	100%	664.930	100%	664.930	0%

Assim, essas foram as três variáveis selecionadas para a composição da cesta para determinação da *proxy* de volatilidade (σ_A) atribuída ao ativo adjacente, na análise do modelo binomial.

De posse das séries históricas das produtividades agrícolas, preços e quantidades de ATR de cada região analisada, calculou-se as volatilidades individuais das respectivas variáveis, conforme definido pela equação (13). Por outro lado, a partir dos resultados da análise de sensibilidade supracitada foi possível se atribuir o peso que cada uma das volatilidades possuiu na estimação da volatilidade do ativo subjacente. Tais pesos foram determinados pela razão entre o impacto individual sobre o VPL de cada projeto de cada um dos três principais parâmetros pelo somatório dos impactos dos mesmos três parâmetros. Por fim, através da média ponderada das respectivas volatilidades pelos pesos, definiu-se a *proxy* de volatilidade a ser atribuída aos ativos subjacentes dos modelos binomiais para os projetos das regiões de Piracicaba e Sertãozinho. Respectivamente, os valores foram de 11,90% para a volatilidade do modelo binomial de Piracicaba e de 12,72% para o de Sertãozinho (Tabela 22). Os fatores de aumento ou queda de A_0 , ν e δ , calculados segundo as equações (10) e (11), resultaram nos valores apresentados na Tabela 23. Complementarmente, obteve-se, seguindo o exposto na equação (12), os valores de p e de $(1 - p)$.

Tabela 22 – Valores das volatilidades dos parâmetros produtividade agrícola, preço do ATR e quantidade de ATR por tonelada de cana e volatilidade resultante considerada para o ativo subjacente

Parâmetro	Piracicaba		Sertãozinho	
	Peso	σ	Peso	σ
Produtividade agrícola	20%	8,79%	16%	10,82%
Preço do ATR	38%	22,49%	42%	22,49%
Quantidade de ATR	42%	3,68%	42%	3,68%
Ativo subjacente		11,9%		12,7%

Tabela 23 – Valores de ν , δ , p e $(1 - p)$ considerados no modelo binomial aditivo

Parâmetro	i_ν	ν	i_δ	δ	p	$(1-p)$
Piracicaba	12,63%	1,1263	-11,22%	0,8878	66,33%	33,67%
Sertãozinho	13,57%	1,1357	-11,95%	0,8805	64,87%	35,13%

Conforme descrito no tópico 3.5, a taxa de juros real livre de risco utilizada nos modelos binomiais foi de 4,5% a.a. Assim, em se tratando do modelo binomial aditivo, obteve-se os valores fixos de acréscimo e decréscimo do VPL partindo-se do passo (nó) zero para os demais nós da rede binomial. No caso de Piracicaba, estimou-se que as subidas de A_0 sejam caracterizadas por acréscimos fixos (ν) de R\$ 7.892,80 de um para outro período de tempo, enquanto que o montante no caso de decréscimo (δ) foi estimado em – R\$ 7.007,47. Já para Sertãozinho, ν foi estimado em R\$ 90.202,84 e δ em - R\$ 79.427,85.

De forma simplificada, as redes binomiais aditivas para os VPLs dos projetos de Piracicaba e Sertãozinho podem ser vistas na Figura 33 e na Figura 34.

0	1	2	...	...	...	...	25	26	27	28	29	30
												297
											289	283
									274	282	275	268
							258	266	259	267	260	253
							243	251	244	252	245	238
							229	236	229	237	230	223
							214	222	215	223	216	209
							199	207	200	208	201	194
							184	192	185	193	186	179
						...	169	177	170	178	171	164
							155	163	156	163	156	149
					...	...	140	148	141	149	142	135
				...	...	...	125	133	126	134	127	120
			...	...	...	...	110	118	111	119	112	105
							96	103	96	104	97	90
	70	78	...	...	...	...	81	89	82	89	83	76
62	56	63	...	...	...	...	66	74	67	75	68	61
		49	...	...	...	...	51	59	52	60	53	46
			...	...	...	...	36	44	37	45	38	31
				...	...	...	22	29	22	30	23	16
					...	...	7	15	8	16	9	2
						...	-8	-0	-7	1	-6	-13
							-23	-15	-22	-14	-21	-28
						...	-38	-30	-37	-29	-36	-43
							-52	-44	-51	-44	-51	-58
							-67	-59	-66	-58	-65	-72
							-82	-74	-81	-73	-80	-87
							-97	-89	-96	-88	-95	-102
							-111	-104	-111	-103	-110	-117
								-118	-125	-118	-124	-131
										-132	-139	-146

Figura 33 – Representação simplificada da rede binomial aditiva para o VPL – Piracicaba (R\$ mil)

0	1	2	...	...	...	...	25	26	27	28	29	30
											3.236	3.325
										3.147	3.069	3.158
							2.881	2.970	2.892	2.980	2.902	2.991
								2.803		2.814		2.824
							2.714		2.725		2.735	
								2.636		2.647		2.657
							2.548		2.558		2.568	
								2.469		2.480		2.490
							2.381		2.391		2.402	
								2.302		2.313		2.323
							2.214		2.224		2.235	
								2.136		2.146		2.156
							2.047		2.057		2.068	
						...		1.969		1.979		1.990
							1.880		1.890		1.901	
								1.802		1.812		1.823
					...	...	1.713		1.724		1.734	
								1.635		1.645		1.656
							1.546		1.557		1.567	
					...	...		1.468		1.478		1.489
							1.379		1.390		1.400	
								1.301		1.312		1.322
					...	...	1.213		1.223		1.233	
								1.134		1.145		1.155
							1.046		1.056		1.066	
		842	...	...	...	...		967		978		988
665	754						879		889		900	
		675	...	...	...	...		801		811		821
	587						712		722		733	
		508	...	...	...	...		634		644		654
							545		555		566	
								467		477		488
			...	...	...	...	378		389		399	
								300		310		321
							211		222		232	
					...	...		133		143		154
							44		55		65	
								-34		-23		-13
					...	...	-123		-112		-102	
								-201		-190		-180
							-289		-279		-269	
						...		-368		-357		-347
							-456		-446		-435	
								-535		-524		-514
							-623		-613		-602	
								-701		-691		-681
							-790		-780		-769	
								-868		-858		-847
							-957		-947		-936	
								-1.035		-1.025		-1.014
							-1.124		-1.113		-1.103	
								-1.202		-1.192		-1.181
							-1.291		-1.280		-1.270	
								-1.369		-1.359		-1.348
									-1.447		-1.437	
										-1.525		-1.515
											-1.604	
												-1.682

Figura 34 – Representação simplificada da rede binomial aditiva para o VPL – Sertãozinho (R\$ mil)

A Figura 35 e a Figura 36 apresentam as redes binomiais simplificadas dos valores das opções calculados para cada nó nos casos de Piracicaba e Sertãozinho, respectivamente. Os

calculados pelo método tradicional de análise de projetos, tem-se VPLs expandidos (VPL_{EXP}) de R\$ 88.239,35 para o projeto de Piracicaba e de R\$ 942.558,53 para Sertãozinho (Tabela 24). Em ambos os casos as estimativas dos VPLs expandidos superam as dos VPLs calculados pelo método tradicional em mais de 40%.

Tabela 24 – VPL, valor da opção e VPL expandido para os projetos de Piracicaba e Sertãozinho (em R\$)

Projeto	VPL (1)	Valor da opção (2)	VPL_{EXP} (3)	$\Delta\%$ (3)/(1)
Piracicaba	62.472,38	25.766,97	88.239,35	41%
Sertãozinho	664.930,14	277.628,39	942.558,53	42%

Complementarmente, tal como via método do fluxo de caixa descontado, foram calculados os pontos de inflexão ($VPL_{EXP} = 0$) considerando variações individuais dos parâmetros preço do ATR, produtividade agrícola, quantidade de ATR por tonelada de cana, preço de compra da terra e preço físico de arrendamento.

Tabela 25 – Pontos de inflexão que tornam o VPL expandido igual a zero nos projetos de Piracicaba e Sertãozinho: análise via método da TOR para variáveis selecionadas

Variável	Piracicaba			Sertãozinho		
	Original	$VPL_{EXP} = 0$	$\Delta\%$	Original	$VPL_{EXP} = 0$	$\Delta\%$
Preço ATR (R\$/kg ATR)	0,4365	0,4296	-1,6%	0,4365	0,4071	-6,7%
Quantidade ATR (kg ATR/tc)	140,10	138,06	-1,5%	138,75	129,41	-6,7%
Produtividade (tc/ha)	85,51	83,20	-2,7%	86,99	78,37	-9,9%
Preço terra (R\$ mil/ha)	14,2	16,5	16,2%	20,1	26,1	29,9%
Preço arrendamento (tc/ha)	16,80	19,65	17,0%	27,43	N/D	N/D

N/D = O parâmetro não gera impacto nos resultados do modelo

Conforme esperado, quando se considera o valor das respectivas opções os projetos canavieiros de Piracicaba e de Sertãozinho admitiriam patamares menores nos valores das variáveis preço e quantidade de ATR e produtividade agrícola antes de serem considerados financeiramente indiferentes. Respectivamente, tais parâmetros poderiam individualmente atingir valores de R\$ 0,4296/kg ATR, 138,06 kg ATR/tc e 83,20 tc/ha (no caso de Piracicaba) e de R\$ 0,4071/kg ATR, 129,41 kg ATR/tc e 78,37 tc/ha (no caso de Sertãozinho), quando, somente a partir de então, os projetos começariam a ser rejeitados pelo investidor.

Na região de Piracicaba, o valor de inflexão para preço do hectare foi de R\$ 16,5 mil, e para o preço físico de arrendamento de 19,65 tc/ha. Já no projeto de Sertãozinho o preço

limite para o hectare de terra foi de R\$ 26,1 mil. O preço físico do arrendamento não influencia no VPL do projeto.

4.3 Fluxo de caixa descontado vs TOR

As estimativas dos indicadores de atratividade dos projetos de Piracicaba e Sertãozinho, particularmente no que diz respeito aos VPLs, indicam que há viabilidade econômico-financeira nos investimentos canavieiros. A decisão, portanto, tende a ser positiva quanto à execução dos empreendimentos, não havendo divergências de caráter decisório na comparação das estimativas via fluxo de caixa descontado ou via TOR.

A primeira diferença visível entre os resultados obtidos via um e outro método dá-se na dimensão dos valores, sendo o VPL expandido obtido via TOR 41% maior do que o VPL obtido via fluxo de caixa descontado, no caso do projeto de Piracicaba, e 42% maior no caso do projeto de Sertãozinho.

Conclui-se, corroborando com a abordagem de Dixit e Pindyck (1994) e Trigeorgis (1996), que há um valor intrínseco aos projetos vinculado à flexibilidade gerencial, esta, não captada pelo método do fluxo de caixa descontado. Entretanto, a magnitude desse valor é relativa. No caso do projeto canavieiro de Piracicaba, por exemplo, seja pelo VPL estimado via método convencional, seja pelo VPL_{EXP} via TOR, o limite entre a aceitação ou rejeição do empreendimento é tênue. A relação entre tais estimativas e o investimento inicial do projeto (definido conforme o tópico 3.3.2) varia entre 6% e 9%. No caso da região de Sertãozinho a mesma relação varia entre 17% e 24%, sendo maior a distância entre a aceitação ou rejeição do projeto (Tabela 26).

Tabela 26 – Valor Presente Líquidos dos projetos de Piracicaba e Sertãozinho estimados via método do fluxo de caixa descontado e via Teoria das Opções Reais

Projeto	VPL (1)	I_0 (2)	VPL/I_0 (1)/(2)	VPL_{EXP} (3)	VPL_{EXP}/I_0 (3)/(2)	$\Delta\%$ (3)/(1)
Piracicaba (R\$ mil)	62,5	985,1	6%	88,2	9%	41%
Sertãozinho (R\$ mil)	664,9	3.950,6	17%	942,6	24%	42%

Uma segunda diferença que se vislumbra na comparação dos resultados obtidos via métodos propostos se dá nos valores das variáveis de interesse que tornam o VPL (ou o VPL_{EXP}) igual a zero. Tal como esperado, percebe-se que, pela análise tradicional do fluxo de caixa descontado, maiores seriam os níveis de preços e qualidade da cana ou produtividade

agrícola necessários para que fosse inferida a indiferença financeira dos projetos em relação àqueles patamares necessários via análise da TOR. Por outro lado, considerando-se a flexibilidade gerencial, maiores seriam os preços máximos de terras e de arrendamentos para que os investimentos fossem minimamente aceitos.

Conforme mostra a Tabela 27, o ponto de indiferença do projeto piracicabano, estimado via TOR, seria atingido com valores 0,5%, 0,4% e 0,8% menores das variáveis preço do ATR (chegando aos R\$ 0,4296/kg ATR), quantidade de ATR (atingindo os 138,06 kg ATR/tc) e produtividade agrícola (atingindo o patamar de 83,20 tc/ha), em comparação com as estimativas via fluxo de caixa descontado. As variações de preços de terras e arrendamentos seriam ainda maiores. No primeiro caso, preços de R\$ 16,5 mil/hectare fariam com que o VPL_{EXP} se igualasse a zero, frente ao preço de R\$ 15,8 mil na estimativa via fluxo de caixa descontado, uma variação de 4,4%. Os preços físicos de arrendamentos que tornariam o VPL igual a zero foram de 18,82 tc/ha, ante 19,65 tc/ha no cálculo via TOR, também uma variação de 4,4%.

As diferenças dos valores dos mesmos parâmetros para o projeto da região de Sertãozinho são maiores quando comparados os resultados via TOR e fluxo de caixa descontado. Para a variável preço do ATR, quando considerada a flexibilidade gerencial do projeto, o valor que torna o VPL_{EXP} igual a zero foi de R\$ 0,4071/kg ATR, 2,1% superior à estimativa obtida via método convencional. O mesmo percentual foi calculado para a variável quantidade de ATR, que poderia atingir os 129,41 kg ATR/tc, no caso flexível, para que o VPL_{EXP} se tornasse zero. Em relação a produtividade agrícola, a diferença de patamares foi de 2,9% na comparação entre os métodos propostos. Por fim, os preços pagos pelo hectare de terra sofreram a maior diferença dentre as comparações realizadas. Na estimativa via fluxo de caixa descontado, o preço máximo do hectare seria de R\$ 24,3 mil, ante R\$ 26,1 mil via TOR, uma variação de 7,4%.

Tabela 27 – Valores de indiferença financeira para os projetos de Piracicaba e Sertãozinho: comparação dos métodos do fluxo de caixa descontado e da Teoria das Opções Reais – variáveis selecionadas

Variável	Piracicaba			Sertãozinho		
	VPL = 0	VPL _{EXP} = 0	Δ%	VPL = 0	VPL _{EXP} = 0	Δ%
Preço ATR (R\$/kg ATR)	0,4316	0,4296	-0,5%	0,4158	0,4071	-2,1%
Quantidade ATR (kg ATR/tc)	138,66	138,06	-0,4%	132,16	129,41	-2,1%
Produtividade (tc/ha)	83,86	83,20	-0,8%	80,72	78,37	-2,9%
Preço terra (R\$ mil/ha)	15,8	16,5	4,4%	24,3	26,1	7,4%
Preço arrendamento (tc/ha)	18,82	19,65	4,4%	N/D	N/D	N/D

A consideração da flexibilidade gerencial, cujo valor encontra-se intrínseco às estimativas obtidas via TOR, pode gerar informações válidas quanto ao processo decisório do investimento em cana-de-açúcar por fornecedores autônomos. Tal como apontam os resultados apresentados, há indícios de que a percepção da atratividade financeira da atividade canavieira pelo típico fornecedor de cana possa apontar para patamares mais elevados em relação aqueles explicitados via análise tradicional de projetos.

Por outro lado, a percepção sobre o risco da atividade também pode ser diferente daquela tradicionalmente estimada, haja vista, por exemplo, os menores patamares de produtividades agrícolas mínimos exigidos para que os projetos se mantivessem viáveis. Semelhantemente, menores preços de venda da cana-de-açúcar e menores teores de ATR também validariam a aceitação dos investimentos, se comparados aqueles estimados via fluxo de caixa descontado.

Com relação aos preços das terras, percebe-se que, possivelmente, precificações realizadas com o auxílio dos métodos tradicionais de análise de projetos tendem a subestimar os valores máximos empiricamente observados. Levando em consideração que existem diferenças significativas entre as premissas adotadas no modelo em discussão e a realidade de muitos produtores de cana-de-açúcar, fatores como escala de produção, topografia da região e menor necessidade de uso de fertilizantes, por exemplo, poderiam explicar os níveis atuais de preços de terras de culturas de primeira, tal como aponta IEA (2013a). O mesmo raciocínio aplica-se aos preços físicos de arrendamentos para o projeto de Piracicaba, levando em consideração os resultados obtidos e IEA (2013b).

4.4 Tópico adicional: cenários alternativos

As análises desenvolvidas até então refletem uma série de premissas básicas adotadas nos modelos propostos. Acredita-se que tais premissas reflitam da forma mais adequada

possível a realidade dos típicos fornecedores de cana-de-açúcar das regiões de Piracicaba e Sertãozinho, não desejando-se, no entanto, limitar a percepção quanto ao universo produtivo dessas localidades às informações utilizadas. Ao contrário, é evidente que nessas e noutras regiões produtoras de cana-de-açúcar pode-se observar realidades das mais distintas e desiguais, tais como produtores que arrendam toda sua área útil para produção da cana; fornecedores que não recebem auxílio algum da usina para o fornecimento da matéria-prima, e outras tantas não citadas.

Isto posto, o presente tópico tem como objetivo explorar resultados adicionais obtidos, tanto via análise de fluxo de caixa descontado como via TOR, de possíveis variações nas premissas dos modelos propostos, em particular pressupondo:

- a) que não existem incentivos sobre o CCT, até então mensurados em 26%, para o fornecedor típico da região de Sertãozinho;
- b) que a produção canavieira é realizada em 100% de terras arrendadas em ambos os projetos analisados, e;
- c) que a produção canavieira é realizada em 100% de terras próprias no projeto da região de Piracicaba.

Ressalta-se que os cenários alternativos não foram analisados de forma combinada. Em um primeiro momento, mantiveram-se todas as demais premissas dos modelos, assumindo-se apenas a inexistência do incentivo de 26% sobre o valor do CCT para o projeto de Sertãozinho; em um segundo momento, mantendo todas as premissas até então propostas, foram estimados os resultados apenas levando-se em consideração que a produção canavieira é realizada em terras 100% arrendadas, e; por fim, mantendo-se todos os pressupostos originais dos modelos, considerou-se que o cultivo da cana deu-se em terras 100% próprias na realidade da região de Piracicaba.

4.4.1 Cenário alternativo a): inexistência de incentivos sobre o CCT

Conforme mostra a Tabela 28, quando desconsiderado o incentivo de 26% sobre o valor do CCT para a cana entregue pelo típico fornecedor de Sertãozinho, nota-se que, pela análise via fluxo de caixa descontado, o projeto não apresenta atratividade econômica. O VPL estimado nesse cenário foi de R\$ -709.295,30, com VUL de R\$ -48.534,16 e TIR de 4,05%.

Tabela 28 – Indicadores de atratividade econômica para o cultivo de cana-de-açúcar em Sertãozinho sob a hipótese de inexistência de incentivos sobre o CCT: métodos convencionais de análise de projetos

Indicador	Valor	Unidade
VPL	-709.295,30	R\$
VUL	-48.534,16	R\$
TIR	4,05	%

Mesmo sob a ótica da TOR, o projeto de Sertãozinho não apresentaria atratividade econômica sem o auxílio financeiro concedido pelas usinas. Nesse caso, o valor calculado para a opção intrínseca ao investimento foi de R\$ 296.152,18, levando a um VPL_{EXP} de R\$ - 413.143,12 (Tabela 29).

Tabela 29 – VPL, valor da opção e VPL expandido para o projeto Sertãozinho sob a hipótese de inexistência de incentivos sobre o CCT (em R\$)

Projeto	VPL (1)	Valor da opção (2)	VPL_{EXP} (3)	$\Delta\%$ (3)/(1)
Sertãozinho	-709.295,30	296.152,18	-413.143,12	42%

Entretanto, variações nos valores originais dos parâmetros do modelo poderiam gerar um novo equilíbrio até que se atingisse a viabilidade econômica. Tal como apresentado nos tópicos precedentes, a Tabela 30 ilustra os valores dos parâmetros preço do ATR, quantidade de ATR, produtividade agrícola e preço da terra que tornariam o VPL e o VPL_{EXP} do projeto iguais a zero.

Tabela 30 – Valores de indiferença para que a atratividade financeira do projeto de Sertãozinho seja alcançada no cenário *a*): estimativas via métodos do fluxo de caixa descontado e da TOR – variáveis selecionadas

Variável	VPL = 0	Sertãozinho $VPL_{EXP} = 0$	$\Delta\%$
Preço ATR (R\$/kg ATR)	0,4586	0,4494	-2,0%
Quantidade ATR (kg ATR/tc)	145,78	142,85	-2,0%
Produtividade (tc/ha)	94,85	91,40	-3,6%
Preço terra (R\$ mil/ha)	15,5	17,4	12,3%

Percebe-se, de acordo com a expectativa inicial, que os valores mínimos dos parâmetros diretamente relacionados com a atratividade do projeto (preço e quantidade do

ATR e produtividade média) necessários para se atingir a viabilidade econômica são menores sob a ótica da TOR do que aqueles estimados via fluxo de caixa descontado.

Já para a variável preço da terra (inversamente proporcional à atratividade do projeto), o valor máximo aceite para a atratividade do projeto é maior considerando-se a TOR (R\$ 17,4 mil/hectare, frente R\$ 15,5 mil/hectare obtidos via fluxo de caixa descontado). Neste caso, os preços calculados são 13,4% e 22,9% inferiores àquele tido como premissa original do modelo (R\$ 20,1 mil/hectare).

Vale ressaltar, porém, que a extinção dos incentivos dados pelas usinas aos fornecedores de cana-de-açúcar possivelmente tenderia a gerar um movimento de reequilíbrio nos preços das terras e arrendamentos, por exemplo. Isto porque o status de produção atual provavelmente tem como precificado tal incentivo, e a não existência do mesmo teoricamente levaria o mercado a um novo ponto de equilíbrio. Outras mudanças possíveis seriam a realocação de áreas de forma a modificar a escala típica de produção, a redução das margens da atividade ou mesmo a migração para outras culturas agrícolas pertinentes à região. Tais movimentos seriam passíveis de verificação via análises de projetos de diferentes perfis de fornecedores de cana na mesma região, ou seja, seria possível inferir algo a respeito desde que disponíveis dados de área, produção, distância até a usina, diversificação de culturas agrícolas e incentivos das usinas, dentre outras variáveis, de diferentes produtores localizados em uma mesma região geográfica.

4.4.2 Cenário alternativo b): produção canavieira realizada em 100% de terras arrendadas

Nesse cenário, assume-se uma elevação no percentual de uso de terras arrendadas nos projetos de Piracicaba (50% para 100%) e de Sertãozinho (0% para 100%). Nas estimativas para a primeira região, mantém-se a premissa de que o preço físico dos arrendamentos é de 16,80 tc/ha, pressupondo-se, agora, que no projeto de Sertãozinho esse valor seja de 27,43 tc/ha (MARQUES, 2009; XAVIER ET. AL, 2009; PECEGE, 2010; 2011; 2012).

As implicações econômicas dessa conjectura alternativa são apresentadas na Tabela 31. Do ponto de vista da análise via fluxo de caixa descontado, ambos os projetos apresentam VPL e VUL negativos, induzindo à rejeição quanto à execução dos investimentos.

Tabela 31 – Indicadores de atratividade econômica para os projetos de Piracicaba e Sertãozinho sob a hipótese de cultivo da cana-de-açúcar em 100% de terras arrendadas: métodos convencionais de análise de projetos

Indicador	Piracicaba	Sertãozinho	Unidade
VPL	-36.754,83	-478.924,88	R\$
VUL	-2.514,98	-32.770,86	R\$
TIR	Inconsistente	Inconsistente	%

Os valores das opções intrínsecas aos projetos de Piracicaba e Sertãozinho foram estimados em R\$ 15.159,67 e R\$ 199.965,58 no presente cenário, insuficientes para reverter a não atratividade financeira dos empreendimentos. Assim, sob a ótica da TOR, os VPLs expandidos seriam de R\$ -21.595,16 e R\$ -278.959,30, respectivamente (Tabela 32).

Tabela 32 – VPL, valor da opção e VPL expandido para os projetos de Piracicaba e Sertãozinho sob a hipótese do cultivo de cana-de-açúcar em 100% de terras arrendadas (em R\$)

Projeto	VPL (1)	Valor da opção (2)	VPL _{EXP} (3)	$\Delta\%$ (3)/(1)
Piracicaba	-36.754,83	15.159,67	-21.595,16	41%
Sertãozinho	-478.924,88	199.965,58	-278.959,30	42%

Para o projeto de Piracicaba, ainda que inobservada a viabilidade econômica, percebe-se, conforme mostra a Tabela 33, que alterações pouco expressivas dos valores de parâmetros selecionados adotados no modelo fariam com que o VPL e o VPL_{EXP} do investimento tornassem resultado nulo. Em relação à premissa original referente ao preço do ATR (R\$ 0,4365/kg ATR), variações positivas de 0,7% e 0,4%, sob as óticas do fluxo descontado e da TOR, respectivamente, levariam ao ponto de inflexão entre a aceitação e a rejeição do projeto. Movimentos de magnitude semelhantes seriam necessários nos valores das variáveis quantidade de ATR e produtividade agrícola. Já em relação aos preços físicos dos arrendamentos, para que se atingisse a nulidade do VPL e do VPL_{EXP} seriam necessários preços 3,3% e 1,9% menores, respectivamente.

No caso do projeto de Sertãozinho, no cenário em análise, tais variações deveriam ser substancialmente maiores para que o projeto fosse tido como indiferente. No mínimo, sob a ótica do fluxo de caixa descontado, seriam necessários valores 4,9% maiores dos preços do ATR (R\$ 0,4578 frente ao valor pressuposto de R\$ 0,4365/kg ATR); 3,4% maiores da quantidade de ATR (143,50 frente ao valor pressuposto de 138,75 kg ATR/tc); 5,2% maiores

em termos de produtividade agrícola (91,50 frente ao valor pressuposto de 86,99 tc/ha), e; 11,4% menores de preços de arrendamentos (24,30 frente ao valor pressuposto de 27,43 tc/ha). Do ponto de vista da TOR, ter-se-ia o VPL_{EXP} nulo sob a instituição individual dos valores de R\$ 0,4489/kg ATR (preço do ATR), 141,52 kg ATR/tc (quantidade de ATR), 89,56 tc/ha (produtividade agrícola) e 25,61 tc/ha (preço físico de arrendamento).

Tabela 33 – Valores de indiferença para que a atratividade financeira dos projetos de Piracicaba e Sertãozinho seja alcançada: comparação dos métodos do fluxo de caixa descontado e via TOR sob a hipótese do cultivo de cana-de-açúcar em 100% de terras arrendadas – variáveis selecionadas

Variável	Piracicaba			Sertãozinho		
	VPL = 0	$VPL_{EXP} = 0$	$\Delta\%$	VPL = 0	$VPL_{EXP} = 0$	$\Delta\%$
Preço ATR (R\$/kg ATR)	0,4397	0,4384	-0,0%	0,4578	0,4489	-1,9%
Quantidade ATR (kg ATR/tc)	140,95	140,60	-0,0%	143,50	141,52	-1,4%
Produtividade (tc/ha)	86,48	86,08	-0,0%	91,50	89,56	-2,1%
Preço arrendamento (tc/ha)	16,25	16,48	1,4%	24,30	25,61	5,4%

Os resultados supracitados apontam para o fato de que a típica produção canavieira das regiões de Piracicaba e de Sertãozinho torna-se inviável sob a hipótese do cultivo em terras plenamente arrendadas. Infere-se, com base nesses indícios e levando em consideração as exposições apresentadas anteriormente no item 4.3 e posteriormente no item 4.4.3, que o cultivo de cana-de-açúcar em terras próprias, nas condições pré-determinadas nos modelos em julgamento, caracteriza-se como melhor alternativa para a atividade canavieira nas regiões em análise. Tal conclusão torna-se de interesse particularmente quando se considera que o aumento da escala de produção surge como instrumento pertinente à redução dos custos fixos e aumento da atratividade comercial do fornecimento da cana-de-açúcar. Nesse sentido, deve-se notar os casos onde:

- i) o aumento de escala advém de ganhos de produtividade agrícola, sem a necessidade do respectivo aumento de área: Nessa situação, o desembolso unitário com arrendamentos, medido por tonelada de cana, cai, elevando automaticamente a atratividade financeira do empreendimento canavieiro;
- ii) o aumento de escala advém do aumento da área arrendada: Sob essa circunstância, vale analisar se o impacto financeiramente positivo da redução dos outros custos fixos que não em arrendamentos supera o impacto financeiramente negativo do aumento dos desembolsos com aluguel de terras.

Em caso positivo, ter-se-á elevação da atratividade econômica da atividade; em caso negativo, ter-se-á uma piora nos resultados dos VPLs e VPL_{EXP} dos projetos.

Para a verificação do item *ii*) procedeu-se com a análise de sensibilidade do parâmetro produção de cana-de-açúcar, cujos valores originais dos projetos de Piracicaba e Sertãozinho são de 6.500 tc/safra e 15.000 tc/safra, respectivamente. Dada uma variação positiva de 1% sobre tais patamares, percebe-se que tanto $\frac{\partial VPL}{\partial produção} > 0$ quanto $\frac{\partial VPL_{EXP}}{\partial produção} > 0$ (Tabela 34), ou seja, há indícios de que o aumento de escala de produção em terras arrendadas trata-se, de fato, de uma ação pertinente na busca pela atratividade econômica para realidades cujos moldes se encaixam nos pressupostos então em análise. Tal efeito corrobora com aquele obtido no cenário base, conforme resultados expostos na Tabela 21 do tópico 4.2.

Tabela 34 – Análise de sensibilidade para o parâmetro produção de cana-de-açúcar, para os projetos de Piracicaba e Sertãozinho, sob as premissas do cenário alternativo *b*): resultados via modelo do fluxo de caixa descontado e via TOR

Região Variável	Valor Original (tc)	VPL Original (R\$ mil)	VPL_{EXP} Original (R\$ mil)	Valor $\Delta+1\%$ (tc)	VPL $\Delta+1\%$ (R\$ mil)	VPL_{EXP} $\Delta+1\%$ (R\$ mil)
Piracicaba						
Produção de cana	6.500	- 36,75	- 21,60	6.565	- 30,72	- 18,05
Sertãozinho						
Produção de cana	15.000	- 478,92	-278,96	15.150	- 475,13	- 276,75

Na sequência, procede-se à análise do terceiro cenário alternativo proposto, o qual trata da produção de cana-de-açúcar em propriedades da região de Piracicaba cujas terras são 100% próprias.

4.4.3 Cenário alternativo *c*): produção canavieira realizada em 100% de terras próprias

Tomando como base a produção de cana-de-açúcar na região de Piracicaba sendo o cultivo efetuado em 100% de terras próprias – ou seja, considerando-se que toda a área necessária para a realização do empreendimento canavieiro é adquirida no início do projeto – nota-se, como resposta dos modelos propostos, uma variação positiva nos valores dos indicadores de viabilidade econômica, seja naqueles resultantes da análise via fluxo de caixa

descontado, seja via TOR. No primeiro caso, as estimativas do VPL e do VUL obtidas sob a hipótese do presente cenário foram, respectivamente, de R\$ 145.208,52 e R\$ 9.936,02 (Tabela 35), o que significa um aumento de 132% em relação aos valores obtidos no cenário original. Variação semelhante foi obtida quando estimado o VPL_{EXP} , cujo valor, considerando-se a premissa do cenário em questão, foi de R\$ 205.100,34. O valor da opção intrínseca ao projeto, nesse caso, foi de R\$ 59.891,81 (Tabela 36).

Tabela 35 – Indicadores de atratividade econômica para o cultivo de cana-de-açúcar em Piracicaba sob a hipótese de cultivo da cana-de-açúcar em 100% de terras próprias: métodos convencionais de análise de projetos

Indicador	Valor	Unidade
VPL	145.208,52	R\$
VUL	9.936,02	R\$
TIR	Inconsistente	%

Tabela 36 – VPL, valor da opção e VPL expandido para o projeto Piracicaba sob a hipótese de cultivo da cana-de-açúcar em 100% de terras próprias (em R\$)

Projeto	VPL (1)	Valor da opção (2)	VPL_{EXP} (3)	$\Delta\%$ (3)/(1)
Piracicaba	145.208,52	59.891,81	205.100,34	41%

Dessa forma, cabe salientar que tais resultados, dentre os cenários ora abordados, tratam-se dos mais otimistas (do ponto de vista do investidor) em relação à atratividade do projeto canavieiro piracicabano.

Por outro lado, sob a vigência do cenário em questão, observa-se que a atratividade econômica do projeto suportaria patamares significativamente mais baixos nos valores das variáveis preço e quantidade de ATR, produtividade agrícola e preço de terras. Conforme mostra a Tabela 37, para que o VPL se tornasse nulo seriam admitidos valores individuais de R\$ 0,4261 (preço do ATR), 136,75 kg ATR/tc (quantidade de ATR), 81,68 tc/ha (produtividade agrícola) e 16,31 tc/ha (preço do hectare de terra). Já sob a ótica da TOR, em relação às estimativas apontadas via fluxo de caixa descontado tais patamares seriam 1,0%, 1,0% e 1,8% inferiores, nos casos do preço do ATR, quantidade de ATR e produtividade agrícola, respectivamente, e 5,3% superior no caso dos preços da terra.

Tabela 37 – Valores de indiferença para que a atratividade financeira do projeto de Piracicaba seja alcançada, sob as premissas do cenário alternativo c): estimativas via métodos do fluxo de caixa descontado e da TOR – variáveis selecionadas

Variável	Piracicaba		
	VPL = 0	VPL _{EXP} = 0	$\Delta\%$
Preço ATR (R\$/kg ATR)	0,4261	0,4218	-1,0%
Quantidade ATR (kg ATR/tc)	136,75	135,37	-1,0%
Produtividade (tc/ha)	81,68	80,19	-1,8%
Preço terra (R\$ mil/ha)	16,31	17,18	5,3%

4.5 Discussões Complementares

Com base nas premissas adotadas no modelo proposto nesse estudo, conclui-se que há indícios de viabilidade econômica na atividade canavieira paulista, tomando como exemplos as realidades das regiões de Piracicaba e Sertãozinho. No primeiro cenário analisado, obteve-se estimativas positivas para os VPLs e VPLs expandidos em ambas as realidades, sendo os resultados obtidos via TOR, respectivamente, 41% e 42% superiores àqueles calculados via análise do fluxo de caixa descontado.

Tais indícios vão de encontro às conclusões conjuntas de Marques (2009), Xavier et. al (2009) e PECEGE (2010; 2011; 2012), as quais indicam que, em média, os custos unitários totais de produção não são cobertos pelos preços da cana-de-açúcar praticados no setor. Entretanto, vale salientar sobre algumas das diferenças assumidas em relação as premissas dos respectivos modelos, em especial: *i)* enquanto no presente estudo admitiu-se um incentivo de 26% sobre o desembolso com o corte, carregamento e transporte da cana-de-açúcar para o projeto de Sertãozinho, aqueles autores assumem tal valor como sendo zero; *ii)* as remunerações da terra própria, no caso dos estudos de Marques (2009), Xavier et. al (2009) e PECEGE (2010; 2011; 2012), dão-se equivalentemente ao custo dos arrendamentos, enquanto que no presente estudo levantou-se informações históricas sobre os preços de aquisição de terras em ambas as regiões de análise, e; *iii)* as taxas de juros sobre o capital próprio divergem entre si, já que aqueles autores assumem um patamar de 6%, ante 5,45% proposto nos cenários ora apresentados.

Por outro lado, os indícios apontados no cenário inicial corroboram com o disposto em Zilio (2012). Neste estudo, apesar da indicação pela inviabilidade do cultivo de cana-de-açúcar na região Tradicional (basicamente tratando-se do Estado de São Paulo), haja vista o VPL negativo, nota-se que a TIR do projeto pertinente foi estimada em 5,89%, acima da taxa mínima de atratividade assumida no modelo proposto no presente estudo. Assim, conclui-se

que, sob premissas semelhantes, as inclinações para a viabilidade financeira são análogas em ambos os estudos.

Conforme apontam Dixit e Pindyck (1994), Celoto (2004) e Trigeorgis (1996), a TOR defende que existe uma flexibilidade gerencial intrínseca aos projetos de investimento que não pode ser valorada pela análise tradicional do fluxo de caixa descontado. Essa flexibilidade pode, no entanto, ser expressa na forma de diferentes opções, tais como expandir, retrair ou abandonar o empreendimento; adiar; alternar o uso ou mesmo aguardar a queda do custo de capital para, então, efetuar o investimento. Assim, conforme ilustrado na Figura 5, espera-se que a curva de probabilidades do VPL seja deslocada para seu lado positivo. A diferença entre o VPL médio estimado via fluxo de caixa descontado e aquele medido via TOR (VPL expandido) trata-se do valor da opção em questão.

Levando-se em consideração os valores das opções aferidos para os projetos de Piracicaba e Sertãozinho, bem como os valores dos VPLs tradicionalmente estimados, pôde-se analisar os pontos de inflexão de ambos os projetos, ou seja, os patamares médios de parâmetros selecionados dos modelos que, oscilando individualmente, fariam com que o VPL e o VPL_{EXP} dos projetos retornasse valores nulos. Conforme esperado, concluiu-se que valores menores de preços do ATR, quantidade de ATR por tonelada de cana e produtividades agrícolas seriam admitidos nas análises via TOR, em comparação com as estimativas via fluxo de caixa descontado. Por outro lado, via TOR maiores seriam os patamares de preços de terras e arrendamentos admitidos pelos projetos avaliados. Tais relações talvez possam explicar, em parte, porque a produção de cana-de-açúcar por fornecedores se mantém em níveis relativamente estáveis – com participação próxima a 25% da cana total entregue para moagem – nos últimos anos, apesar do exposto em Marques (2009), Xavier et. al (2009) e PECEGE (2010; 2011; 2012).

Com o intuito de ultrapassar o horizonte dos resultados obtidos no cenário originalmente proposto, procedeu-se com a análise de três cenários alternativos, os quais buscaram atingir outras possibilidades de produção de cana-de-açúcar. No primeiro deles, admitiu-se a inexistência de incentivos sobre o CCT no projeto da região de Sertãozinho, valor este inicialmente estimado em 26% sobre o desembolso que o fornecedor de cana arca nesse estágio de produção. As estimativas, tanto via fluxo de caixa descontado quanto via TOR, revelaram haver indícios de inviabilidade econômica para o projeto de Sertãozinho sob a hipótese de incentivo zero. Entretanto, há de se considerar que tal premissa possivelmente estaria atrelada a processos de reequilíbrio mercadológicos, por exemplo, relativos à

precificação de terras e arrendamentos na região de abrangência de Sertãozinho. Análises levando em consideração a existência ou não de incentivos, vinculadas a fatores como a distância da lavoura até a usina, a qualidade do solo e outras características técnicas não fizeram parte do escopo do presente estudo, sendo estes fatores importantes de serem apreciados em abordagens posteriores.

Os outros dois cenários alternativos propostos disseram respeito às premissas de áreas arrendadas e próprias utilizadas na produção canavieira. O cenário alternativo *b*), que admitiu produção plenamente realizada em terras arrendadas, teve como indicação a inviabilidade econômica de ambos os projetos de Piracicaba e Sertãozinho, mesmo quando considerado o valor da opção na análise via TOR. Por outro lado, quando apreciada a possibilidade de se elevar a escala dos projetos (aumentando a produção total de cana via aumento de áreas arrendadas), concluiu-se que a atratividade financeira movia-se positivamente, ou seja, em direção ao aceite dos empreendimentos. O cenário alternativo *c*), por sua vez, admitiu a produção de cana-de-açúcar em 100% de terras próprias na realidade da região de Piracicaba. Nesse cenário, as estimativas apontaram para uma melhora significativa nos valores dos indicadores de atratividade do projeto.

O aumento da escala de produção, conforme defendem autores como Santos (2010), Kaneko et al. (2009), Zilio (2012) e Guedes et al. (2007), trata-se de alternativa pertinente para a redução de parte dos custos fixos de produção. Assim, conforme também exposto no presente estudo, a aquisição de terras – quando disponíveis – ou a expansão por meio de arrendamentos tratam-se de ações que tendem a elevar o patamar de atratividade da atividade canavieira. Corroboram com essa afirmativa PECEGE (2011), que cita que “*A rentabilidade negativa para a região Tradicional (...) explica-se pelos maiores níveis [de preços] de arrendamentos e pela maior ociosidade do capital investido*”, custos estes que tendem a ser minimizados à medida que se aumenta a escala de produção.

Não obstante, conforme aponta Zilio (2012), a adoção de ferramentas de gestão tende a proporcionar uma maior eficiência gerencial à atividade, algo que se traduz, em geral, em maior controle sobre os recursos aplicados na produção e consequente melhora dos níveis técnicos da atividade.

No que tange às principais variáveis de impacto sobre a atratividade da produção canavieira, destacam-se o fator extrínseco preço do ATR, ditado pelas relações de oferta e demanda de mercado; e os fatores intrínsecos quantidade de ATR por tonelada de cana e produtividade agrícola. A respeito desses dois últimos, percebe-se que ações focadas na maximização da qualidade da cana-de-açúcar entregue às usinas e no aumento da

produtividade agrícola tendem a elevar significativamente a atratividade do investimento. No primeiro caso cita-se como pertinente o correto planejamento de safra, enquanto que no segundo deve-se atentar à políticas de maximização de resultados de longo prazo, ou seja, ações que visem a manutenção sustentada da atividade ao longo dos ciclos de produção. A renovação sistemática dos canaviais, nesse quesito, trata-se de ato fundamental com o objetivo de se evitar quedas duradouras na produção por hectare dos canaviais. Ademais, a disseminação de políticas públicas como o Prorenova, do BNDES, tende a auxiliar o típico produtor de cana-de-açúcar no que diz respeito ao custo do capital empregado na atividade.

Já o fator extrínseco preço – em relação ao qual o produtor rural é, em geral, tomador de valores – trata-se de uma questão que carece de decisões mais amplas (não setoriais) por parte, por exemplo, do governo brasileiro. Medidas mercadológico tributárias, tais como aquelas constantes no manifesto de lançamento da Frente Parlamentar pela Valorização do Setor Sucroenergético (AFOCAPI, 2013), fazem parte das alternativas nas quais o Estado brasileiro poderia se sustentar para o aumento da competitividade do setor da cana-de-açúcar. Dentre as alternativas, destacam-se a *“definição de uma política de precificação dos combustíveis”* – algo que traria transparência ao mercado sucroenergético, uma vez que a relação de preços do etanol e da gasolina obedeceria a uma regra de conhecimento geral; *“a recuperação da função originária da CIDE [-Combustíveis, Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico]”* – cuja destinação, conforme rege a Lei nº 10.336 de 19 de dezembro de 2001, dar-se-ia ao *“pagamento de subsídios a preços ou transporte de álcool combustível, de gás natural e seus derivados e de derivados de petróleo (...), financiamento de projetos ambientais relacionados com a indústria do petróleo e do gás, e (...); financiamento de programas de infra-estrutura de transportes.”* (BRASIL, 2013a), e; *“incentivos à bioeletricidade (co-geração), por meio de leilões públicos dedicados (...)”* – aumentando o valor agregado da cana-de-açúcar enquanto matéria-prima.

Como forma de política pública no nível estadual, amplas são as discussões acerca das alíquotas do Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços – ICMS sobre os produtos derivados da cana-de-açúcar (REGAZZINI, 2010; MACIEL, 2011; UDOP, 2013). Regazzini (2010), por exemplo, estima que o ICMS responde pela maior parcela de gastos com tributos no caso do etanol, e encontra-se na segunda colocação no caso do açúcar no Estado de São Paulo. Adicionalmente, o estudo aponta que há maior incidência tributária no elo usina, em detrimento dos elos fazenda, distribuidora, posto de combustíveis e supermercado. Em contrapartida, à medida que possíveis incentivos tributários via redução do ICMS tenderiam a

incentivar a produção de derivados da cana-de-açúcar, ter-se-ia uma queda proporcional de arrecadação pelo Estado, movimento potencialmente indesejável do ponto de vista do poder público.

Por fim, conforme destacam Guedes et al. (2007) *apud* Peres (2003), existem desafios significativos no que diz respeito à manutenção do homem no campo. Os autores citam, como justificativas vinculadas ao abandono da atividade rural, fatores como “*desinteresse das novas gerações pela atividade agrícola, necessidade de buscar rendimentos fora da unidade agrícola, conflitos sobre a gestão do trabalho no interior, problemas de saúde e de idade do chefe da família.*”. Se por um lado a participação histórica dos fornecedores de cana na produção total de cana moída foi reduzida – comparando-se informações de meados da década de 1980 (quando essa participação era de aproximadamente 35%) com o início da década de 2010 (período cuja participação encontra-se próxima dos 25%) – por outro não se percebe redução de tal participação após meados dos anos 1990, algo concomitante com a desregulamentação do setor sucroenergético. Fatores como a valorização dos preços das terras e a redução do custo de capital são algumas das explicações para esse comportamento de manter-se na atividade, opção que possivelmente vem sendo exercida pelos fornecedores de cana-de-açúcar, inclusive aqueles atuantes nas regiões de Piracicaba e Sertãozinho.

5 CONCLUSÕES

Com base nas premissas adotadas nos modelos de atratividade econômico financeira das regiões de Piracicaba e Sertãozinho, estimou-se haver viabilidade na produção canavieira. Por outro lado, os resultados obtidos para os valores de indiferença dos parâmetros preço e quantidade de ATR por tonelada de cana, produtividade agrícola, preço de arrendamentos e preços de terras que garantem a atratividade mínima dos projetos apontaram para margens estreitas. Dessa forma, conclui-se que oscilações diminutas, inesperadas e persistentes de alguma dessas variáveis (ou de mais de uma em conjunto) poderiam levar à rejeição dos projetos, estando comprometida a atividade do fornecimento autônomo de cana-de-açúcar.

Quando incluída a modelagem da TOR, percebeu-se uma elevação de 41% e 42% no VPL dos projetos das regiões de Piracicaba e Sertãozinho, respectivamente, indicando a existência de valor da flexibilidade gerencial nos empreendimentos canavieiros. Com a contabilização do valor da opção real nos indicadores de atratividade, maiores foram as margens em relação aos pontos de indiferença dos projetos em análise. Em comparação com a análise tradicional, menores foram os patamares de preços e quantidades de ATR e das produtividades agrícolas necessários para que os VPL_{EXP} retornassem valores nulos. De forma semelhante, maiores seriam os preços máximos de arrendamentos e do hectare de terra que levariam os projetos aos seus pontos de indiferença.

Ressalta-se que o presente estudo propôs-se a estimar resultados de longo prazo, mas que a persistência dos patamares relativamente baixos de concentração de ATR nos canaviais paulistas pode gerar resultados negativos aos produtores de cana-de-açúcar no curto prazo. Evidencia-se, assim, a necessidade do cumprimento de ações que visem a retomada dos valores de ATR por tonelada de cana a níveis mais próximos da média histórica observada.

Dentre as formas sugeridas para o aumento da atratividade da atividade canavieira ressalta-se para o aumento de escala de produção, medida que tende a reduzir os custos fixos de produção e ampliar a eficiência operacional do cultivo de cana-de-açúcar. Não menos importante é o correto planejamento de plantio e colheita da cultura, ação que visa a maximização do aproveitamento da lavoura no longo prazo. De cunho governamental, citam-se como possibilidade de políticas públicas para a melhoria da sustentação setorial medidas de ajustes na precificação dos combustíveis fósseis no Brasil, bem como de financiamento da produção canavieira, à exemplo do Prorenova/BNDES.

Extrapolando a abrangência dos resultados ora apresentados, mostra-se de grande valia o desenvolvimento de estudos que abordem questões como os impactos do cumprimento das

legislações trabalhista e ambiental na atratividade da atividade canavieira paulista, especialmente num horizonte de curto prazo. Por outro lado, a geração de informações mais robustas sobre os impactos financeiros de variáveis tributárias, como o ITR e o FUNRURAL, também são de especial interesse do fornecedor autônomo de cana-de-açúcar.

As abordagens supracitadas não foram tratadas como prioritárias pelo presente estudo, mas tratam-se de questões pertinentes para a realização de trabalhos futuros. Não obstante, a evolução metodológica da TOR e dos modelos binomiais aplicados à agroindústria nacional são bem vindas ao ambiente atual. Discussões sobre as variáveis de risco intrínsecas à produção agropecuária e estimativas de volatilidade diferenciadas a serem abordadas nos modelos em questão são de grande valia para o melhor entendimento do setor, bem como para o embasamento à tomada de decisões públicas e privadas que dizem respeito ao aumento da competitividade nacional e à sustentação do produtor rural no longo prazo.

REFERÊNCIAS

ALVES, L. R. A.; BALLAMINUT, C. E. C.; OSAKI, M.; RIBEIRO, R. A.; SHIOMI, G. M. Viabilidade econômica da produção de algodão, soja e cana-de-açúcar no estado de Goiás. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: SOBER, 2008. Disponível em <<http://www.sober.org.br/palestra/9/829.pdf>>. Acesso em: 7 out. 2009.

ARÊDES, A. F.; MAURINHO, L. S.; RUFINO, J. L. S.; REIS, B. S. Viabilidade econômica da irrigação da cultura do café na região de Viçosa-MG. **Revista de Economia e Agronegócio**. Viçosa, v. 5, n. 2, p. 207–226, 2007.

ASSOCIAÇÃO DOS FORNECEDORES DE CANA DE PIRACICABA – AFOCAPI. Piracicaba, 2012. Disponível em: <www.cana.com.br>. Acesso em: 9 fev. 2012.

_____. **27º Informativo Semanal Departamento Técnico Agrônomo AFOCAPI** - semana 04/11/2013 à 08/11/2013. Disponível em: <www.cana.com.br>. Acesso em: 18 nov. 2013.

ASSOCIAÇÃO DOS PLANTADORES DE CANA DO OESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO – CANAOESTE. Sertãozinho, 2012. Disponível em: <www.canaoeste.com.br>. Acesso em: 20 fev. 2012.

BANCO CENTRAL DO BRASIL – BCB. **Focus – Relatório de Mercado**. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/GCI/PORT/readout/R20120906.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2012a.

_____. **Taxas de Câmbio**. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/port/ptaxnpesq.asp?id=txcotacao>>. Acesso em: 29 maio 2012b.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES. **Programa de apoio à renovação e implantação de novos canaviais - BNDES Prorenova**. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Programas_e_Fundos/prorenova.html>. Acesso em: 13 maio 2012.

BARROS, G. S. C.; MORAES, M. A. F. D. A desregulamentação do setor sucroalcooleiro. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 156-173, 2002.

BHATTACHARYA, M.; WRIGHT, P. M., Managing human assets in an uncertain world: applying real options theory to HRM. **The International Journal of Human Resource Management**, London, v. 16, n. 6, p. 929-948, 2005.

BLACK F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. **Journal of Political Economy**. Chicago, v. 81, p. 637-659, 1973.

BRASIL. Ministério da Fazenda. Receita Federal. **Lei nº 10.336, de 19 de dezembro de 2001**. Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/Legislacao/Leis/2001/lei10336.htm>>. Acesso em: 18 nov. 2013a.

_____. Ministério da Fazenda. Tesouro Nacional. **Estatística e formação de preços: histórico de preços de taxas.** Disponível em: <<https://www.tesouro.fazenda.gov.br/pt/balanco-e-estatisticas>>. Acesso em: 7 ago. 2013b.

BRASIL, H. G.; ARONNE, A.; RAJÃO, A. Valuation of the options to verticalize and expand a carbonatite mine. Disponível em: <<http://www.realloptions.org/papers2011/73.pdf>>. Acesso em: 24 jan. 2012.

CELOTO, R. R. **Apreçamento racional de projetos com flexibilidade e incertezas exógenas: uma aplicação em opções reais.** 2004. 146p. Dissertação (Mestrado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **Indicador Semanal Etanol Hidratado CEPEA/ESALQ:** combustível (E.S.P.) - São Paulo. Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br/etanol/#>>. Acesso em: 12 maio 2012.

CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA – CTC. **Carta de solos.** Piracicaba, 2012a. Disponível em: <www.ctcanavieira.com.br>. Acesso em: 13 mar. 2012a.

_____. **Controle MUTUO.** Disponível em: <www.ctcanavieira.com.br>. Acesso em: 13 mar. 2012b.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira:** cana-de-açúcar. Safra 2011/2012. Terceiro levantamento. Brasília: 2011. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2>>. Acesso em: 13 maio 2012.

_____. **Metodologia de cálculo de custo de produção da CONAB.** Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/custosproducaometodologia.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2013.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL – CNA. **Contribuição Sindical CNA 2012.** Disponível em: <<http://www.faec.org.br/Arquivos/CSR2012.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2012.

CONTADOR, C.R. **Avaliação social de projetos.** São Paulo: Atlas, 1988. 316 p.

COX, J. C.; ROSS, S. A.; RUBINSTEIN, M. Option pricing: a simplified approach. **Journal of Financial Economics.** New York, v. 7, n. 4, p. 71-90. 1979.

DE ZEN, M. J. C. M. **Avaliação e gerenciamento de investimentos na indústria de carnes: uma abordagem das opções reais na consideração do risco.** 2005. 137p. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. **Investment under uncertainty.** New Jersey: Princeton University Press, 1994. 468 p.

ETHANOL SUMMIT 2011. **Um novo ciclo de investimentos para a cana no Brasil.**

Disponível em: <<http://www.ethanolsummit.com.br/salas-tematicas.php?id=4&idDia=1>>.

Acesso em: 24 fev. 2012.

GUEDES, S. N. R.; TERCI, E. T.; PERES, M. T. M. O arrendamento como estratégia para enfrentar mudanças institucionais: um estudo com fornecedores de cana do estado de São Paulo. **Organizações Rurais & Agroindustriais**. Lavras, v. 9, n. 2, p. 229-240. 2007.

HARTMANN, M.; HASSAN, A. Application of real options analysis for pharmaceutical R&D project valuation - empirical results from a survey. **Research Policy**, Amsterdam, v. 35, p. 343-354. 2006.

HASSUANI, S. J. Desafios da gaseificação na geração de energia no setor sucroenergético. In: BIOENERGIA: DESAFIOS E OPORTUNIDADES DE NEGÓCIOS, 1., 2009, São Paulo, **Anais...** São Paulo CENBIO. Disponível em: <http://cenbio.iee.usp.br/download/documentos/seminbioenergia/suleimanhassuani_2608.pdf>. Acesso em: 7 out. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades**.

Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 07 mar. 2012a.

_____. **Geociências – Produtos**. Mapeamento das Unidades Territoriais. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#TERRIT>. Acesso em: 14 mar. 2012b.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA – IEA. **Banco de dados**. Valor de terra nua. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/bancodedados.html>>. Acesso em: 14 mar 2013a.

_____. **Banco de dados**. Arrendamento em espécie. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/bancodedados.html>>. Acesso em: 14 mar. 2013b.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Ipeadata**: Commodities - açúcar - cotação internacional. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 31 ago. 2012.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **IGP-DI – geral – índice (ago. 1994 = 100)**. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 14 set. 2012.

JOAQUIM, A. C.; BERTOLANI, F. C.; DONZELLI, J. L. Carta de solos e ambientes de produção edafoclimáticos. **STAB: açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v. 27, n. 3, p. 18-19. 2009.

KANEKO, F. H.; TARSITANO, M. A. A.; RAPASSI, R. M. A.; CHIODEROLI, C. A.; NAKAYAMA, F. T. Análise econômica da produção de cana-de-açúcar considerando-se a terceirização das operações agrícolas: o caso de um produtor. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 266-270. 2009.

KJÆRLAND, F. A real analysis of investments in hydropower – the case of Norway. **Energy Policy**, Amsterdam, n. 35, p. 5901-5908. 2007.

KUMBAROĞLU, G.; MADLENER, R.; DEMIREL, M. A real options evaluation model for the diffusion prospects of new renewable power generation technologies. **Energy Economics**, Amsterdam, n. 30, p. 1882-1908. 2006.

LIMA, G. A. C. **Uma proposta de uso da teoria da preferência e das opções reais em projetos de exploração e produção de petróleo**. 2004. 229p. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

MACIEL, M. S. **Tributos incidentes sobre os combustíveis**. Nota Técnica - Câmara dos Deputados, Brasília: Consultoria Legislativa, 2011. 8p.

MADLENER, R.; KUMBAROĞLU, G.; VOLKAN, Ş.E. Modeling technology adoption as an irreversible investment under uncertainty: the case of the Turkish electricity supply industry. **Energy Economics**, Amsterdam, n. 27, p. 139-163. 2005.

MARQUES, P.V. (Coord.). **Custo de produção agrícola e industrial de açúcar e álcool no Brasil na safra 2007/2008**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas/Departamento de Economia, Administração e Sociologia. 2009. 194 p. Relatório apresentado a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA.

MARTINS, L.C.C. **Organização setorial como elemento facilitador para adoção de políticas públicas**. Disponível em: < <http://www.camara.gov.br/internet/comissao/index/perm/capr/AlcoolMartins.pdf> >. Acesso em: 10 out. 2013.

MAYA, F. L. A. **Produtividade e viabilidade econômica da recria e engorda de bovinos em pastagens adubadas intensivamente com e sem o uso da irrigação**. 2003. 83p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MCDONALD, R. L.; SIEGEL, D. R. The value of waiting to invest. **The Quarterly Journal of Economics**, Cambridge, n. 101, v. 4, p. 707-727. 1986.

MENDONÇA, T. G.; LÍRIO, V. S.; MOURA, A. D.; SILVEIRA, S. F. R.; REIS, B. S. **Análise comparativa da viabilidade da produção de mamão nos sistemas tradicional e de produção integrada (PI)**. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: SOBER, 2008. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/512.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

MICHAILIDIS, A; MATTAS, K. Using real options theory to irrigation dam investment analysis: an application of binomial option pricing model. **Water Resour Manage**, Athens, n. 21, p. 1717-1733. 2006.

MORAES, M. A. F. D. **A desregulamentação do setor sucroalcooleiro no Brasil**. Americana: Caminho Editorial, 2000. 238 p.

_____. As profundas mudanças institucionais ao longo da história da agroindústria canavieira e os desafios atuais. **Economia Aplicada**. São Paulo, v. 11, n. 4, p. 555-557, out./dez. 2007.

NEVES, M. F. **Balanco do ano na cana mostra oportunidades desperdiçadas**. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/opinioao/show.asp?msgCode=71884B7E-E32C-419C-A2CE-F1CF234E0A5A>>. Acesso em: 15 dez. 2011.

NORONHA, J.F. **Projetos Agropecuários**: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica. São Paulo: Atlas, 1987. 269p.

ORGANIZAÇÃO DE PLANTADORES DE CANA DA REGIÃO CENTRO-SUL DO BRASIL – ORPLANA. **Circular**. Disponível em: <<http://www.orplana.com.br/novosite/circular.php?ano=2011>>. Acesso em: 25 jan. 2012a.

_____. **Perfil do produtor** - Perfil da produção dos fornecedores de cana-de-açúcar na safra 2009/2010. Disponível em: <<http://www.orplana.com.br/perfil.html>>. Acesso em: 16 nov. 2012b.

_____. **Perfil do produtor** - Perfil da produção dos fornecedores de cana-de-açúcar na safra 2010/2011. Disponível em: <<http://www.orplana.com.br/novosite/perfil.php>>. Acesso em: 26 fev. 2012c.

_____. **Perfil do produtor** - Perfil da produção dos fornecedores de cana-de-açúcar na safra 2011/2012. Disponível em: <<http://www.orplana.com.br/novosite/perfil.php>>. Acesso em: 16 nov. 2012d.

PARANHOS, E. B.; PARANHOS, F. A. **Estudo da viabilidade econômica da produção de soja em terras arrendadas em Capão Bonito/SP**. 2010.31p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Agronegócios) – Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

PERINA, R. A. **Gestão de custos e avaliação de investimentos no agronegócio**. Piracicaba: Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas. 2007. 55p.

PRADO, H. **Qualificação dos ambientes de produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas. 2007. 69p.

PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM ECONOMIA E GESTÃO DE EMPRESAS – PECEGE. **Custos de produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol no Brasil**: safra 2009/2010. Piracicaba, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas/Departamento de Economia, Administração e Sociologia. 2010. 100 p. Relatório apresentado a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA.

_____. **Custos de produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol no Brasil:** fechamento da safra 2010/2011. Piracicaba, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas/Departamento de Economia, Administração e Sociologia. 2011. 140 p. Relatório apresentado a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA.

_____. **Custos de produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol no Brasil:** fechamento da safra 2011/2012. Piracicaba, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas/Departamento de Economia, Administração e Sociologia. 2012. 50 p. Relatório apresentado a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA.

RECEITA FEDERAL DO BRASIL. **Legislação por assunto.** Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/Legislacao/LegisAssunto/default.htm>>. Acesso em: 08 fev. 2012.

REGAZZINI, L. C. **A tributação no setor sucroenergético do estado de São Paulo.** 2010. 119p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

RENEWABLE FUELS ASSOCIATION – RFA. **Produção mundial de etanol combustível.** Disponível em: <<http://translate.google.com.br/translate?hl=pt-BR&langpair=en%7Cpt&u=http://www.ethanolrfa.org/pages/statistics>>. Acesso em: 13 maio 2012.

REZENDE, J. L. P.; PADUA, C. T. J.; OLIVEIRA, A. D.; SCOLFORO, J. R. S. Análise econômica de fomento florestal com eucalipto no estado de Minas Gerais. **Cerne.** Lavras, v. 12, n. 3, p. 221 – 231, 2006.

RIGOLON, F. J. Z. **Opções reais e análise de projetos.** Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/revista/rev1107.pdf>. Acesso em: 07 out. 2011.

RODIGHERI, H. R., **Viabilidade econômica de plantios florestais solteiros e de sistemas agroflorestais.** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1998. p. 1-4. (Comunicado Técnico, 22).

ROSS, S.A.; WESTERFIELD, R.W.; JAFFE, J.F. **Administração financeira:** corporate finance. São Paulo: Atlas, 2007. 776 p.

SANTOS, M. R. **Estudo de viabilidade técnico-econômica da interação cana soja/amendoim.** 2010. 98p. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Fundação Getúlio Vargas, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SANTOS, A. J.; LEAL, A. C.; GRAÇA, L. R.; CARMO, A. P. C. Viabilidade econômica do sistema agroflorestal grevilea x café na região Norte do Paraná. **Cerne.** Lavras, v. 6, n. 1, p. 89-100. 2000.

SARMENTO, P. H. L. **Viabilidade econômica da produção de biodiesel na região sudeste do Mato Grosso**. 2010. 117p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

SECURATO, J. R. **Decisões financeiras em condições de risco**. São Paulo: Saint Paul Institute of Finance, 2007. 264 p.

_____. **O modelo binomial da estrutura de preços e a distribuição binomial de probabilidades**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2011. Mimeografado.

SILVA, J. R. **Análise da viabilidade econômica da produção de peixes em tanques-rede no reservatório de Itaipu**. 2008. 142p. Dissertação (Mestrado em Gerência de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

TIWANA, A.; WANG, J.; KEIL, M.; AHLUWALIA, P. The bounded rationality bias in managerial valuation of real options: theory and evidence from IT projects. **Decision Sciences**, Atlanta, v. 38, n. 1, p. 157-181. 2007.

TRIGEORGIS, L. **Real options: managerial flexibility and strategy in resources allocation**. Cambridge/Massachusetts: The MIT Press, 1996. 435p.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR – UNICA. **Estimativa da safra 2010/2011**. Disponível em: <[http://www.iica.ac.cr:19555/Documents/Coletiva%20de%20Imprensa%20-%20Estimativa%20de%20safra%20%2020102011\[1\].pdf](http://www.iica.ac.cr:19555/Documents/Coletiva%20de%20Imprensa%20-%20Estimativa%20de%20safra%20%2020102011[1].pdf)>. Acesso em: 15 dez. 2011a.

_____. **Estimativa da safra 2011/2012**. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/noticias/show?nwsCode={3FCCB84A-A408-434C-B54C-23A290564A37}>>. Acesso em: 11 out. 2011b.

_____. **Cenários e desafios para a expansão do setor sucroenergético**. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/default.asp>>. Acesso em: 12 maio 2012a.

_____. **FAQ**. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/faq/>>. Acesso em: 13 maio 2012b.

_____. **Setor Sucroenergético - Consecana**. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/content/show.asp?cntCode={6ED1BE65-C819-4721-B5E7-312EF1EA2555}>>. Acesso em: 07 mar. 2012c.

_____. **UNICADATA - Produção**. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/historico-de-area-inep.php?idMn=34&tipoHistorico=6&acao=&idTabela=298&estado=S%25C3%25A3o%2BPaulo&nivelAgregacao=3>>. Acesso em: 30 jul. 2012d.

_____. **UNICADATA - Produção**. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=32&tipoHistorico=4>>. Acesso em: 17 ago. 2013.

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA – UDOP. **Evolução da produtividade cana-de-açúcar safras 2005/2006 a 2010/2011**. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/index.php?item=safra>>. Acesso em: 15 dez. 2011.

_____. **Quantidade de cana entregue pelos fornecedores de cana e participação no total processado no Estado de São Paulo - 1984/1985 a 2004/2005**. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=14549>>. Acesso em: 26 fev. 2012.

_____. **SP tem o menor ICMS do país para etanol hidratado**. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=1104473#nc>>. Acesso em: 18 nov. 2013.

XAVIER, C. E. O.; ZILIO, L. B.; SONODA, D. Y.; MARQUES, P. V. **Custos de produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol no Brasil: safra 2008/2009**. Piracicaba, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas/Departamento de Economia, Administração e Sociologia. 2009. 82 p. Relatório apresentado a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA.

ZILIO, L. B. Viabilidade na produção de cana-de-açúcar no Centro-Sul brasileiro: o caso do fornecedor típico. **AGRO em foco**. Curitiba, v. 1, n. 2, p. 76-82, 2012.

ZILIO, L. B.; MARTINES FILHO, J. G.; MARQUES, P. V.; SONODA, D. Y. Análise comparativa da viabilidade econômico financeira para instalação de destilaria de etanol de cana-de-açúcar no Norte de Goiás e no Vale do São Francisco/BA: um estudo de caso. **Revista de Política Agrícola**. Brasília, v. 19, n. 2, p. 60-76, 2010.

ZILLI, J. B. **Valoração das propriedades rurais em Carazinho/RS e Cascavel/PR: uma análise das opções reais**. 2010. 147p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

ANEXOS

ANEXO A – Municípios contemplados na zona de abrangência da região de Piracicaba

Município	Área (km²)
Águas de São Pedro	5.370
Araras	644.831
Brotas	1.101.385
Capivari	322.707
Charqueada	175.843
Conchal	182.793
Cordeirópolis	137.579
Corumbataí	278.622
Ipeúna	190.010
Iracemápolis	115.118
Itirapina	564.183
Jumirim	56.685
Leme	402.873
Limeira	581.002
Mombuca	133.698
Piracicaba	1.376.913
Rafard	121.421
Rio Claro	498.707
Rio das Pedras	226.657
Saltinho	99.739
Santa Cruz da Conceição	150.128
Santa Gertrudes	98.007
Santa Maria da Serra	257.188
São Pedro	610.997
Tietê	404.792
Torrinha	310.699
TOTAL	9.047.947

Fonte: IBGE (2012b)

ANEXO B – Municípios contemplados na zona de abrangência da região de Sertãozinho

Município	Área (km²)
Altinópolis	929.836
Aramina	202.887
Barretos	1.565.640
Barrinha	145.643
Batatais	849.526
Bebedouro	683.299
Brodowski	279.521
Buritizal	266.420
Cajuru	660.088
Cândido Rodrigues	70.313
Cássia dos Coqueiros	191.683
Colina	422.575
Colômbia	729.254
Cravinhos	311.193
Cristais Paulista	385.230
Dumont	111.254
Fernando Prestes	170.670
Franca	605.681
Guaiúra	1.258.476
Guará	362.482
Guariba	270.289
Guatapará	413.060
Igarapava	468.246
Ipuã	465.884
Itirapuã	161.118
Ituverava	705.236
Jaborandi	273.438
Jaboticabal	706.603
Jardinópolis	502.482
Jeriquara	141.971
Luís Antônio	598.439
Miguelópolis	821.960
Monte Alto	346.501
Monte Azul Paulista	263.444
Morro Agudo	1.388.195
Nuporanga	348.265
Orlândia	291.774
Patrocínio Paulista	602.848
Pedregulho	712.604
Pirangi	215.459
Pitangueiras	430.638
Pontal	356.320
Pradópolis	167.526
Restinga	245.746
Ribeirão Corrente	148.332
Ribeirão Preto	651.276
Rifaina	162.508
Sales Oliveira	305.644
Santa Cruz da Esperança	148.062
Santa Ernestina	134.421
Santa Rita do Passa Quatro	754.141
Santa Rosa de Viterbo	288.577
Santo Antônio da Alegria	310.339
São Joaquim da Barra	410.597
São José da Bela Vista	276.952
São Simão	617.202
Serra Azul	283.031
Serrana	125.544
Sertãozinho	402.570
Taiaçu	106.638
Taiúva	132.459
Taquaral	53.892
Taquaritinga	593.581
Terra Roxa	221.541
Viradouro	217.727
Vista Alegre do Alto	94.981
TOTAL	27.539.732

Fonte: IBGE (2012b)

ANEXO C – Questionário para aferimento dos subsídios oferecidos pelas usinas aos fornecedores de cana-de-açúcar

1. O Grupo/Usina oferece incentivos/subsídios à seus fornecedores (Sim/Não)?
2. Em caso afirmativo, onde tais incentivos incidem (CCT, Plantio, outros)?
3. Qual o percentual do incentivo (por exemplo, 10% do CCT)?
4. Em termos de tendência, por quantos anos você acredita que este incentivo irá persistir na região (5 anos, 10 anos, sem limite de tempo)?

ANEXO D – Questionário para aferimento da taxa de remuneração requerida por agentes diretamente vinculados ao fornecimento de cana-de-açúcar

QUESTIONÁRIO

Tempo estimado de preenchimento: **3 minutos**

OBRIGADO PELA SUA PARTICIPAÇÃO. Este questionário faz parte da tese do aluno Leonardo Botelho Zilio, doutorando do curso de Economia Aplicada pela ESALQ/USP. A tese, intitulada “*Atratividade de canaviais paulistas sob a ótica da Teoria das Opções Reais*”, busca respostas sobre a atratividade da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo.

Sua contribuição é muito importante para que os resultados reflitam efetivamente a realidade paulista da cultura da cana-de-açúcar. ***Desejamos, com base nas respostas das perguntas a seguir, entender melhor a percepção do fornecedor de cana-de-açúcar quanto à taxa de retorno justa que remunera a atividade.***

1. LOCALIZAÇÃO – Por favor, informe sua localização:

- a. Cidade:
- b. UF:

2. ATIVIDADE – Por favor, informe se você atua no setor canavieiro e em qual área da atividade (marque as alternativas com um X):

- a. Você atua diretamente na atividade cana-de-açúcar? ☐ Sim ☐ Não
- b. Em caso positivo, em qual área? ☐ Agrícola ☐ Industrial ☐ Administrativa

3. ATUAÇÃO – Por favor, informe sua situação e cargo (marque as alternativas com um X):

- a. Você atua como fornecedor de cana-de-açúcar? ☐ Sim ☐ Não
- b. Em caso positivo, você é: ☐ Proprietário ☐ Funcionário

4. ÁREA – Por favor, caso a resposta a. anterior tenha sido positiva (atua como fornecedor), informe a área (em hectares, própria e arrendada) destinada ao cultivo da cana-de-açúcar:

- a. Qual a área da lavoura de cana-de-açúcar da propriedade em que você atua? ha

5. TAXA DE RETORNO DA ATIVIDADE – Por favor, indique qual a taxa de juros nominal média que, em sua opinião, remunera a atividade de fornecimento de cana-de-açúcar no longo prazo (em % ao ano):

- a. Qual taxa de juros você considera justa para a remuneração da atividade de fornecimento de cana-de-açúcar de sua propriedade? % a.a.

ANEXO E – Evolução de áreas e produção dos canaviais típicos das regiões de Piracicaba (*tabela superior*) e de Sertãozinho (*tabela inferior*)

Piracicaba

Período	0	1	2	3	4	5	6	7	...	29	30
1º corte (ha)		13	13	13	13	13	13	13	...	13	13
2º corte (ha)			13	13	13	13	13	13	...	13	13
3º corte (ha)				13	13	13	13	13	...	13	13
4º corte (ha)					13	13	13	13	...	13	13
5º corte (ha)						13	13	13	...	13	13
6º corte (ha)							13	13	...	13	13
Plantio (ha)	13	13	13	13	13	13	13	13	...	13	13
Área total (ha)	13	25	38	51	63	76	76	76	...	76	76
Cana colhida (tc)	0	1.384	2.561	3.655	4.673	5.620	6.500	6.500	...	6.500	6.500

Sertãozinho

Período	0	1	2	3	4	5	6	7	...	29	30
1º corte (ha)		29	29	29	29	29	29	29	...	29	29
2º corte (ha)			29	29	29	29	29	29	...	29	29
3º corte (ha)				29	29	29	29	29	...	29	29
4º corte (ha)					29	29	29	29	...	29	29
5º corte (ha)						29	29	29	...	29	29
6º corte (ha)							29	29	...	29	29
Plantio (ha)	29	29	29	29	29	29	29	29	...	29	29
Área total (ha)	29	57	86	115	144	172	172	172	...	172	172
Cana colhida (tc)	0	3.195	5.910	8.436	10.784	12.969	15.000	15.000	...	15.000	15.000

ANEXO F – Fluxo de caixa para canaviais da região de Piracicaba

(R\$ mil) (continua)

Período	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Investimentos	588,1	217,2	179,9	-	-	-	-	-	-	-	35,0	-	-	-	-	152,1
<i>Compra de terras</i>	179,9	179,9	179,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Maquinário e benfeitorias agrícolas</i>	408,2	37,3	-	-	-	-	-	-	-	-	35,0	-	-	-	-	152,1
Receita bruta	-	84,7	156,6	223,5	285,8	343,7	397,5	397,5	397,5	397,5	408,0	397,5	397,5	397,5	397,5	427,9
<i>Venda de cana</i>	-	84,7	156,6	223,5	285,8	343,7	397,5	397,5	397,5	397,5	397,5	397,5	397,5	397,5	397,5	397,5
<i>Valor residual - ativos agrícolas</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,5	-	-	-	-	30,4
Deduções	-	4,0	7,4	10,6	13,6	16,4	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0
Tributos	-	4,0	7,4	10,6	13,6	16,4	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0
<i>Taxa Associativa</i>	-	1,7	3,1	4,5	5,7	6,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
<i>CNA</i>	-	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
<i>Funrural</i>	-	1,9	3,6	5,1	6,6	7,9	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1
<i>ITR</i>	-	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Receita líquida	-	80,7	149,2	213,0	272,2	327,3	378,5	378,5	378,5	378,5	389,0	378,5	378,5	378,5	378,5	408,9
Despesas operacionais	53,4	90,3	127,2	175,4	223,6	271,8	295,1	295,1	295,1	295,1	295,1	295,1	295,1	295,1	295,1	295,1
Lavoura	52,2	88,0	123,7	159,5	195,2	231,0	254,2	254,2	254,2	254,2	254,2	254,2	254,2	254,2	254,2	254,2
<i>Formação de canavial</i>	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1
<i>Tratos culturais cana planta</i>	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1
<i>Tratos culturais cana soca</i>	-	12,5	25,0	37,5	50,0	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4
<i>CCT</i>	-	23,3	46,5	69,8	93,0	116,3	139,5	139,5	139,5	139,5	139,5	139,5	139,5	139,5	139,5	139,5
Administração	1,1	2,3	3,4	4,6	5,7	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9
Arrendamentos	-	-	0,0	11,3	22,7	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0
Lucro antes do Imposto de Renda	-53,4	-9,6	22,1	37,6	48,6	55,4	83,4	83,4	83,4	83,4	93,9	83,4	83,4	83,4	83,4	113,8
<i>Resultado operacional</i>	-53,4	-9,6	22,1	37,6	48,6	55,4	83,4	83,4	83,4	83,4	93,9	83,4	83,4	83,4	83,4	113,8
<i>Depreciações</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Impostos sobre o Lucro Líquido	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>IR</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>CSLL</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluxo de caixa líquido	-641,5	-226,7	-157,8	37,6	48,6	55,4	83,4	83,4	83,4	83,4	58,9	83,4	83,4	83,4	83,4	-38,3
<i>Lucro líquido</i>	-53,4	-9,6	22,1	37,6	48,6	55,4	83,4	83,4	83,4	83,4	93,9	83,4	83,4	83,4	83,4	113,8
<i>Depreciações</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Investimentos</i>	588,1	217,2	179,9	-	-	-	-	-	-	-	35,0	-	-	-	-	152,1

(conclusão)

Período	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Investimentos	37,3	-	-	-	256,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Compra de terras</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Maquinário e benfeitorias agrícolas</i>	37,3	-	-	-	256,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Receita bruta	404,9	397,5	397,5	397,5	474,3	397,5	397,5	397,5	397,5	397,5	397,5	397,5	397,5	397,5	-
<i>Venda de cana</i>	397,5	397,5	397,5	397,5	397,5	397,5	397,5	397,5	397,5	397,5	397,5	397,5	397,5	397,5	-
<i>Valor residual - ativos agrícolas</i>	7,5	-	-	-	76,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Deduções	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	-
Tributos	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	-
<i>Taxa Associativa</i>	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	-
<i>CNA</i>	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	-
<i>Funrural</i>	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	-
<i>ITR</i>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	-
Receita líquida	385,9	378,5	378,5	378,5	455,3	378,5	378,5	378,5	378,5	378,5	378,5	378,5	378,5	378,5	-
Despesas operacionais	295,1	295,1	295,1	295,1	295,1	295,1	295,1	295,1	295,1	295,1	295,1	295,1	295,1	295,1	-
Lavoura	254,2	254,2	254,2	254,2	254,2	254,2	254,2	254,2	254,2	254,2	254,2	254,2	254,2	254,2	-
<i>Formação de canavial</i>	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	46,1	-
<i>Tratos culturais cana planta</i>	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	-
<i>Tratos culturais cana soca</i>	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	-
<i>CCT</i>	139,5	139,5	139,5	139,5	139,5	139,5	139,5	139,5	139,5	139,5	139,5	139,5	139,5	139,5	-
Administração	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	-
Arrendamentos	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	-
Lucro antes do Imposto de Renda	90,8	83,4	83,4	83,4	160,2	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	-
<i>Resultado operacional</i>	90,8	83,4	83,4	83,4	160,2	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	-
<i>Depreciações</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Impostos sobre o Lucro Líquido	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>IR</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>CSLL</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluxo de caixa líquido	53,6	83,4	83,4	83,4	-95,9	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	1.209,8
<i>Lucro líquido</i>	90,8	83,4	83,4	83,4	160,2	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	-
<i>Depreciações</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Investimentos</i>	37,3	-	-	-	256,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ANEXO G – Fluxo de caixa para canaviais da região de Sertãozinho

(R\$ mil) (continua)

Período	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Investimentos	1.026,9	614,5	577,3	577,3	577,3	577,3	-	-	35,0	-	196,2	37,3	-	-	-	218,4
<i>Compra de terras</i>	577,3	577,3	577,3	577,3	577,3	577,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Maquinário e benfeitorias agrícolas</i>	449,6	37,3	-	-	-	-	-	-	35,0	-	196,2	37,3	-	-	-	218,4
Receita bruta	-	193,5	358,0	510,9	653,2	785,4	908,5	908,5	919,0	908,5	947,7	915,9	908,5	908,5	908,5	974,0
<i>Venda de cana</i>	-	193,5	358,0	510,9	653,2	785,4	908,5	908,5	908,5	908,5	908,5	908,5	908,5	908,5	908,5	908,5
<i>Valor residual - ativos agrícolas</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	10,5	-	39,2	7,5	-	-	-	65,5
Deduções	-	7,9	14,7	21,1	27,2	32,9	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2
Tributos	-	7,9	14,7	21,1	27,2	32,9	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2
<i>Taxa Associativa</i>	-	2,4	4,5	6,4	8,2	9,8	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
<i>CNA</i>	-	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
<i>Funrural</i>	-	4,5	8,2	11,8	15,0	18,1	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9
<i>ITR</i>	-	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Receita líquida	-	185,6	343,3	489,8	626,0	752,6	870,2	870,2	880,7	870,2	909,5	877,7	870,2	870,2	870,2	935,8
Despesas operacionais	124,2	203,5	282,8	362,2	441,5	520,9	562,2	562,2	562,2	562,2	562,2	562,2	562,2	562,2	562,2	562,2
Lavoura	121,9	199,0	276,2	353,3	430,4	507,5	548,9	548,9	548,9	548,9	548,9	548,9	548,9	548,9	548,9	548,9
<i>Formação de canavial</i>	107,4	107,4	107,4	107,4	107,4	107,4	107,4	107,4	107,4	107,4	107,4	107,4	107,4	107,4	107,4	107,4
<i>Tratos culturais cana planta</i>	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5
<i>Tratos culturais cana soca</i>	-	35,7	71,5	107,2	143,0	178,7	178,7	178,7	178,7	178,7	178,7	178,7	178,7	178,7	178,7	178,7
<i>CCT</i>	-	41,4	82,7	124,1	165,5	206,8	248,2	248,2	248,2	248,2	248,2	248,2	248,2	248,2	248,2	248,2
Administração	2,2	4,5	6,7	8,9	11,1	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4
Arrendamentos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lucro antes do Imposto de Renda	-124,2	-17,9	60,4	127,6	184,5	231,7	308,0	308,0	318,5	308,0	347,3	315,5	308,0	308,0	308,0	373,5
<i>Resultado operacional</i>	-124,2	-17,9	60,4	127,6	184,5	231,7	308,0	308,0	318,5	308,0	347,3	315,5	308,0	308,0	308,0	373,5
<i>Depreciações</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Impostos sobre o Lucro Líquido	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>IR</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>CSLL</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluxo de caixa líquido	-1.151,1	-632,4	-516,9	-449,7	-392,8	-345,6	308,0	308,0	283,5	308,0	151,0	278,2	308,0	308,0	308,0	155,1
<i>Lucro líquido</i>	-124,2	-17,9	60,4	127,6	184,5	231,7	308,0	308,0	318,5	308,0	347,3	315,5	308,0	308,0	308,0	373,5
<i>Depreciações</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Investimentos</i>	1.026,9	614,5	577,3	577,3	577,3	577,3	-	-	35,0	-	196,2	37,3	-	-	-	218,4

(conclusão)

Período	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Investimentos	35,0	-	-	-	196,2	-	37,3	-	35,0	-	-	-	-	-	-
<i>Compra de terras</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Maquinário e benfeitorias agrícolas</i>	35,0	-	-	-	196,2	-	37,3	-	35,0	-	-	-	-	-	-
Receita bruta	919,0	908,5	908,5	908,5	947,7	908,5	915,9	908,5	919,0	908,5	908,5	908,5	908,5	908,5	-
<i>Venda de cana</i>	908,5	908,5	908,5	908,5	908,5	908,5	908,5	908,5	908,5	908,5	908,5	908,5	908,5	908,5	-
<i>Valor residual - ativos agrícolas</i>	10,5	-	-	-	39,2	-	7,5	-	10,5	-	-	-	-	-	-
Deduções	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	-
Tributos	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2	-
<i>Taxa Associativa</i>	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	-
<i>CNA</i>	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	-
<i>Funrural</i>	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	-
<i>ITR</i>	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	-
Receita líquida	880,7	870,2	870,2	870,2	909,5	870,2	877,7	870,2	880,7	870,2	870,2	870,2	870,2	870,2	-
Despesas operacionais	562,2	562,2	562,2	562,2	562,2	562,2	562,2	562,2	562,2	562,2	562,2	562,2	562,2	562,2	-
Lavoura	548,9	548,9	548,9	548,9	548,9	548,9	548,9	548,9	548,9	548,9	548,9	548,9	548,9	548,9	-
<i>Formação de canavial</i>	107,4	107,4	107,4	107,4	107,4	107,4	107,4	107,4	107,4	107,4	107,4	107,4	107,4	107,4	-
<i>Tratos culturais cana planta</i>	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	-
<i>Tratos culturais cana soca</i>	178,7	178,7	178,7	178,7	178,7	178,7	178,7	178,7	178,7	178,7	178,7	178,7	178,7	178,7	-
<i>CCT</i>	248,2	248,2	248,2	248,2	248,2	248,2	248,2	248,2	248,2	248,2	248,2	248,2	248,2	248,2	-
Administração	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	-
Arrendamentos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lucro antes do Imposto de Renda	318,5	308,0	308,0	308,0	347,3	308,0	315,5	308,0	318,5	308,0	308,0	308,0	308,0	308,0	-
<i>Resultado operacional</i>	318,5	308,0	308,0	308,0	347,3	308,0	315,5	308,0	318,5	308,0	308,0	308,0	308,0	308,0	-
<i>Depreciações</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Impostos sobre o Lucro Líquido	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>IR</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>CSLL</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluxo de caixa líquido	283,5	308,0	308,0	308,0	151,0	308,0	278,2	308,0	283,5	308,0	308,0	308,0	308,0	308,0	4.914,1
<i>Lucro líquido</i>	318,5	308,0	308,0	308,0	347,3	308,0	315,5	308,0	318,5	308,0	308,0	308,0	308,0	308,0	-
<i>Depreciações</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Investimentos</i>	35,0	-	-	-	196,2	-	37,3	-	35,0	-	-	-	-	-	-

ANEXO H – Árvore binomial aditiva para o VPL – Piracicaba (R\$/mil)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																																
62	70	78	86	94	102	109	117	125	133	141	149	156	164	172	180	188	196	203	211	219	227	235	243	250	258	266	274	282	289	297																																
					79	87	95	102	110	118	126	134	142	149	157	165	173	181	189	196	204	212	220	228	236	243	251	259	267	275	283	291																														
					63	71	79	88	96	103	111	119	127	135	143	151	159	167	175	183	189	197	205	213	221	229	237	245	253	261	268	276	284																													
					56	64	72	80	88	96	104	112	120	128	136	144	152	160	168	176	184	190	198	206	214	222	230	238	246	254	262	270	278																													
					49	57	65	73	81	89	97	105	113	121	129	137	145	153	161	169	177	185	192	200	207	215	223	231	239	247	255	263	271																													
		56	63	71	79	87	95	102	110	118	126	134	142	150	158	166	174	182	189	196	204	212	220	228	236	243	251	259	267	275	283	291																														
																																	64	72	80	88	96	103	111	119	127	135	143	151	159	167	175	183	189	195	201	207	213	219	225	231	237	243	249	255	261	
																																	57	65	73	81	89	97	104	112	120	128	136	144	152	160	168	176	184	190	196	202	208	214	220	226	232	238	244	250	256	262
																																	49	57	65	73	81	89	97	104	112	120	128	136	144	152	160	168	176	184	190	196	202	208	214	220	226	232	238	244	250	256
																																	42	50	58	66	74	82	90	98	106	114	122	130	138	146	154	162	169	177	185	192	199	206	212	218	224	230	236	242	248	254
	49	56	63	71	79	87	95	102	110	118	126	134	142	150	158	166	174	182	189	196	204	212	220	228	236	243	251	259	267	275	283	291																														
																																	57	65	73	81	89	97	104	112	120	128	136	144	152	160	168	176	184	190	196	202	208	214	220	226	232	238	244	250	256	
																																	49	57	65	73	81	89	97	104	112	120	128	136	144	152	160	168	176	184	190	196	202	208	214	220	226	232	238	244	250	256
																																	42	50	58	66	74	82	90	98	106	114	122	130	138	146	154	162	169	177	185	192	199	206	212	218	224	230	236	242	248	254
																																	35	43	51	59	67	75	83	91	99	107	115	123	131	139	147	155	163	169	176	183	189	195	201	207	213	219	225	231	237	243
	42	50	58	66	74	82	90	98	106	114	122	130	138	146	154	162	169	177	185	192	199	206	212	218	224	230	236	242	248	254	260	266																														
																																	57	65	73	81	89	97	104	112	120	128	136	144	152	160	168	176	184	190	196	202	208	214	220	226	232	238	244	250	256	
																																	49	57	65	73	81	89	97	104	112	120	128	136	144	152	160	168	176	184	190	196	202	208	214	220	226	232	238	244	250	256
																																	42	50	58	66	74	82	90	98	106	114	122	130	138	146	154	162	169	177	185	192	199	206	212	218	224	230	236	242	248	254
																																	35	43	51	59	67	75	83	91	99	107	115	123	131	139	147	155	163	169	176	183	189	195	201	207	213	219	225	231	237	243
35	43	51	59	67	75	83	91	99	107	115	123	131	139	147	155	163	169	176	183	189	195	201	207	213	219	225	231	237	243	249	255																															
																																49	57	65	73	81	89	97	104	112	120	128	136	144	152	160	168	176	184	190	196	202	208	214	220	226	232	238	244	250		
																																42	50	58	66	74	82	90	98	106	114	122	130	138	146	154	162	169	177	185	192	199	206	212	218	224	230	236	242	248	254	
																																35	43	51	59	67	75	83	91	99	107	115	123	131	139	147	155	163	169	176	183	189	195	201	207	213	219	225	231	237	243	
																																28	36	44	52	60	68	76	84	92	100	108	116	124	132	140	148	156	163	170	178	185	192	199	206	213	220	227	234	241	248	
21	29	36	44	52	60	68	76	84	92	100	108	116	124	132	140	148	156	163	170	178	185	192	199	206	213	220	227	234	241	248	255																															
																																22	30	38	46	54	62	70	78	86	94	101	109	116	123	130	137	144	151	158	165	172	179	186	193	200	207	214	221	228		
																																15	23	31	39	47	55	63	71	79	87	95	103	110	118	125	133	140	148	155	163	170	177	184	191	198	205	212	219	226	233	
																																8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	103	110	117	124	131	138	145	152	159	166	173	180	187	194	201	208	215	222	
																																-0	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	103	110	117	124	131	138	145	152	159	166	173	180	187	194	201	208	215	
7	14	22	30	38	46	54	62	70	78	86	94	101	109	116	123	130	137	144	151	158	165	172	179	186	193	200	207	214	221	228	235																															
																																-7	-14	-21	-28	-35	-42	-49	-56	-63	-70	-77	-84	-91	-98	-104	-111	-118	-125	-132	-139	-146	-153	-160	-167	-174	-181	-188	-195	-202		
																																-13	-20	-27	-34	-41	-48	-55	-62	-69	-76	-83	-90	-97	-104	-111	-118	-125	-132	-139	-146	-153	-160	-167	-174	-181	-188	-195	-202	-209	-216	
																																-21	-28	-35	-42	-49	-56	-63	-70	-77	-84	-91	-98	-104	-111	-118	-125	-132	-139	-146	-153	-160	-167	-174	-181	-188	-195	-202	-209	-216	-223	
																																-28	-35	-42	-49	-56	-63	-70	-77	-84	-91	-98	-104	-111	-118	-125	-132	-139	-146	-153	-160	-167	-174	-181	-188	-195	-202	-209	-216	-223	-230	
-0	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	103	110	117	124	131	138	145	152	159	166	173	180	187	194	201	208	215	222	229																															
																																-6	-13	-20	-27	-34	-41	-48	-55	-62	-69	-76	-83	-90	-97	-104	-111	-118	-125	-132	-139	-146	-153	-160	-167	-174	-181	-188	-195	-202		
																																-14	-21	-28	-35	-42	-49	-56	-63	-70	-77	-84	-91	-98	-104	-111	-118	-125	-132	-139	-146	-153	-160	-167	-174	-181	-188	-195	-202	-209	-216	
																																-21	-28	-35	-42	-49	-56	-63	-70	-77	-84	-91	-98	-104	-111	-118	-125	-132	-139	-146	-153	-160	-167	-174	-181	-188	-195	-202	-209	-216	-223	
																																-28	-35	-42	-49	-56	-63	-70	-77	-84	-91	-98	-104	-111	-118	-125	-132	-139	-146	-153	-160	-167	-174	-181	-188	-195	-202	-209	-216	-223	-230	

ANEXO I – Árvore binomial aditiva para o VPL – Sertãozinho (R\$/mil)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
																														3.325
																													3.236	3.158
																													3.069	2.991
																													2.980	2.902
																													2.824	2.735
																													2.657	2.490
																													2.323	2.156
																													1.990	1.823
																													1.656	1.489
																													1.322	1.155
																													988	821
																													654	488
																													321	154
																													-13	-180
																													-347	-514
																													-681	-847
																													-1.014	-1.181
																													-1.348	-1.515
																													-1.682	

ANEXO J – Árvore binomial aditiva para o valor da opção americana do projeto de Piracicaba (R\$/mil)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
26	29	26	23	20	23	20	23	20	23	20	23	20	23	20	23	20	23	20	23	20	23	20	23	20	23	20	23	20	23	20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
																															18	16	13	11	9	6	5	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
																																																										32	29	26	23	20	18	15	13	11	9	8	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
																																																																																							36	29	26	23	20	18	15	13	11	9	8	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
																																																																																																																				41	37	33	30	26	23	20	18	15	13	11	9	8	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
																																																																																																																																																	45	41	37	33	30	26	23	20	18	15	13	11	9	8	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
																																																																																																																																																																														51	46	41	37	33	30	26	23	20	18	15	13	11	9	8	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
																																																																																																																																																																																																											57	51	46	41	37	33	30	26	23	20	18	15	13	11	9	8	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
																																																																																																																																																																																																																																								63	57	51	46	41	37	33	30	26	23	20	18	15	13	11	9	8	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
																																																																																																																																																																																																																																																																					70	64	58	52	47	42	38	34	30	26	23	20	18	15	13	11	9	8	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
																																																																																																																																																																																																																																																																																																		78	71	65	59	53	48	43	38	34	30	26	23	20	18	15	13	11	9	8	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															86	79	73	67	61	55	49	44	39	34	29	24	20	17	14	11	9	8	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											94	87	81	75	69	63	57	51	45	40	35	30	25	20	15	10	7	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								102	95	88	81	74	67	60	54	48	42	36	30	24	18	12	7	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					110	103	96	89	82	75	68	61	55	49	43	37	31	25	19	13	8	5	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																						
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	117	110	104	97	90	83	76	69	62	56	50	44	38	32	26	20	14	9	6	4	3	2	1	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																										
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													125	118	111	104	97	90	83	76	69	62	56	50	44	38	32	26	20	14	9	6	4	3	2	1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																														
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									133	126	119	112	105	98	91	84	77	70	63	56	50	44	38	32	26	20	14	9	6	4	3	2	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																		
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					141	134	127	120	113	106	99	92	85	78	71	64	57	50	43	36	30	24	17	12	8	5	3	2	1	0	0	0																																																																																																																																																																						
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	149	142	135	128	121	114	107	100	93	86	79	72	65	58	51	44	37	30	23	16	10	7	4	3	2	1	0	0																																																																																																																																										
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													157	150	143	136	129	122	115	108	101	94	87	80	73	66	59	52	45	38	31	24	17	10	7	4	3	2	1	0																																																																																																														
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									164	157	150	143	136	129	122	115	108	101	94	87	80	73	66	59	52	45	38	31	24	17	10	7	4	3	2	1																																																																																		
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					172	165	158	151	144	137	130	123	116	109	102	95	88	81	74	67	60	53	46	39	32	25	18	11	8	5	3	2																																																						
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	180	173	166	159	152	145	138	131	124	117	110	103	96	89	82	75	68	61	54	47	40	33	26	19	12	6	4																											
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												188	181	174	167	160	153	146	139	132	125	118	111	104	97	90	83	76	69	62	55	48	41	34	27	20	13	7
204	197	190	183	176	169	162	155	148	141	134	127	120	113	106	99	92	85	78	71	64	57	50	43	36	29	22																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
																											211	204	197	190	183	176	169	162	155	148	141	134	127	120	113	106	99	92	85	78	71	64	57	50	43	36	29	22																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
																																																							219	212	205	198	191	184	177	170	163	156	149	142	135	128	121	114	107	100	93	86	79	72	65	58	51	44	37																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
																																																																																		227	220	213	206	199	192	185	178	171	164	157	150	143	136	129	122	115	108	101	94	87	80	73	66	59	52	45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
																																																																																																													235	228	221	214	207	200	193	186	179	172	165	158	151	144	137	130	123	116	109	102	95	88	81	74	67	60	53																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
277	313	279	248	218	188	160	132	105	87	64	45	28	16	8	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
																																246	218	190	163	137	111	87	64	45	28	16	8	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
																																																													352	316	281	248	217	186	156	126	97	71	57	37	22	11	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																						
																																																																																											397	356	319	283	249	215	182	150	118	88	61	39	29	19	13	9	6	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																							
																																																																																																																										446	402	360	321	284	248	213	182	150	118	88	61	39	29	19	13	9	6	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																								
																																																																																																																																																									502	452	406	358	312	268	224	180	136	92	58	24	10	6	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																									
																																																																																																																																																																																								564	508	458	411	367	323	279	235	191	147	103	59	15	7	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																										
																																																																																																																																																																																																																							633	571	515	463	415	369	325	284	243	203	162	122	85	52	37	23	15	9	6	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																											
																																																																																																																																																																																																																																																						711	642	579	522	469	419	372	325	282	239	195	151	108	69	42	27	19	13	9	6	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																												
																																																																																																																																																																																																																																																																																					798	720	650	587	528	474	423	373	324	279	232	184	136	91	52	37	23	15	9	6	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																													
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				887	808	730	659	595	535	479	425	373	324	279	232	184	136	91	52	37	23	15	9	6	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				975	897	819	741	669	602	541	483	428	372	315	255	192