

Economic and risk evaluation of fertilizer application systems in the sugar cane crop: fixed rate by average and Variable Rate Technology

Reception of originals: 08/14/2017
Release for publication: 06/05/2019

Fernando Rodrigues de Amorim

Doutorando em Engenharia Agrícola pela UNICAMP
Instituição: Universidade Estadual de Campinas
Endereço: Av. Candido Rondon, 501 - Campinas/SP
CEP: 13083-875
E-mail: fernando.amorim@feagri.unicamp.br

Marco Tulio Ospina Patino

Doutor em Agronomia pela UNESP
Instituição: Universidade Estadual de Campinas
Endereço: Av. Candido Rondon, 501 - Campinas/SP
CEP: 13083-875
E-mail: marco.ospina@feagri.unicamp.br

Pedro Henrique Camargo de Abreu

Graduando em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pela FATEC
Instituição: Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo
Endereço: Av. Dr. Flávio Henrique Lemos, 585 - Taquaritinga/SP
CEP: 15900-000
E-mail: pedro.abreu7@fatec.sp.gov.br

David Ferreira Lopes Santos

Doutor em Administração de Empresas pelo PPGA/UPM
Instituição: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
Endereço: Rod. Paulo Donato Castellane, SN - Jaboticabal/SP
CEP: 14884-900
E-mail: david.lopes@fcav.unesp.br

Abstract

Brazil is the world's largest producer of sugarcane, accounting for more than 40% of the world's sugar cane supply. The Brazilian competitiveness in the production of sugar cane is related to edaphic-climate factors and the intensive technological development that contributed to the increase of productivity and / or cost reduction. There is an ample literature on the economic analysis of sugarcane production; however, there is a theoretical-practical gap in the economic evaluation of different management systems in the multiple activities inherent to the production of sugarcane. This study positions itself in this gap by analyzing comparatively two different fertilization systems, whose impacts are representative for an activity that represents more than 30% of the sugarcane planting costs. The variable rate system is a breakthrough in this activity, enhanced with precision technology in agriculture. For this, a single case study was used based on the analysis of recommendation maps of

inputs in an area of 80 hectares in the region of Ribeirao Preto, in the interior of the state of Sao Paulo, and the research was conducted on an exploratory basis. The data refer to the 2011-2015 harvest, and the comparative analysis was based on the discounted cash flow methodology associated with the Monte Carlo simulation using the investment selection techniques: NPV, IRR, Payback and Index of Profitability. The results showed that costs with fertilizers, applied using the average fixed rate system were R \$ 862.62, while using the variable rate system they reached R \$ 342.46, a difference of 251.89% between the two systems. Also, the estimates and parameters obtained through the Monte Carlo simulation indicated a greater economic viability with the application of fertilizer using the variable rate system.

Keywords: Profitability. Fertilization. Precision agriculture.

1. Introdução

O setor sucroalcooleiro é um dos segmentos do agronegócio brasileiro de maior competitividade e estratégico para o país (SALLES-FILHO *et al.*, 2017). A safra 2016/2017 reportou um volume de 657,2 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, o que manteve a liderança mundial do Brasil (cujo volume é superior em mais de 40% o segundo colocado, a Índia); (MAPA, 2017).

Dezenas de produtos são gerados a partir da cana-de-açúcar, sendo o açúcar o etanol e a energia elétrica os três mais representativos e que, em função da produção nacional estes impactam diretamente na segurança alimentar (WISSMANN; SHIKIDA, 2017), autossuficiência na oferta de combustível (MELO; SAMPAIO, 2016) e soberania energética (REIS *et al.*, 2017) respectivamente.

A importância do setor sucroalcooleiro para a economia do país a partir dos seus três principais produtos revela-se na Safra 2016/2017 para o total de 38,7 milhões de toneladas de açúcar produzidos (MAPA, 2017); 27,8 bilhões de litros de etanol (MAPA, 2017; SALLES-FILHO *et al.*, 2017); e as plantas industriais sucroalcooleiras geraram 6,5% de toda fonte de energia elétrica do país entregue ao operador nacional (ANEEL, 2016).

Um dos fatores predominantes para a competitividade do Brasil na produção de cana-de-açúcar é a produtividade por hectare (ANDRADE, 2017; SALLES-FILHO *et al.*, 2017) e o baixo custo de produção agrícola (WISSMAN; SHIKIDA, 2017), quando comparado a outros países, pois o custo de produção agrícola do Brasil, por tonelada de cana-de-açúcar em 2013 foi R\$ 100,00, enquanto na África do Sul foi R\$ 162,40 e na Colômbia R\$ 135,50 (PECEGE, 2014).

Um dos fatores que contribuem para a competitividade de custos e produtividade em relação aos outros países é a tecnologia que o setor sucroalcooleiro tem a sua disposição

(SALLES-FILHO *et al.*, 2017). Dentre várias tecnologias o sistema de taxa variável (*Variable Rate Technology*) para aplicação de corretivos de solo (calcários, gesso e fósforo) e na reposição de macronutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio) se apresenta como uma das fronteiras tecnológicas nesta etapa produtiva (WERNER *et al.*, 2007). Este sistema aplica a quantidade necessária de nutrientes que a cultura necessita de acordo com a sua necessidade de mínima de nutrientes, para se produzir que se difere no mesmo talhão, em baixa média dose (MOLIN *et al.*, 2015).

Segundo Bernardi *et al.* (2014), a automação e a agricultura de precisão são fundamentais para que o setor do agronegócio continue a crescer e a bater recordes de produção, pois com a utilização racional de insumos, é possível reduzir a degradação ambiental e maximizar o retorno econômico em todas as propriedades agrícolas, uma vez este é o caminho oposto do que a maioria das usinas de cana-de-açúcar e produtores de matéria-prima no Brasil empregam para produção de etanol e açúcar em suas lavouras.

Para que a atividade de cana-de-açúcar com destino às usinas e destilarias de açúcar, álcool e energia, seja economicamente viável para os produtores, surge a necessidade de estudos acerca da redução dos custos no cultivo, sendo essencial que se realize a análise dos gastos para formação do canavial e os insumos (fertilizantes, corretivos, agrotóxicos e mão de obra), pois estes fatores representam mais de 30% dos custos totais do processo (BIGATON *et al.*, 2015).

Os resultados dos trabalhos empíricos foram pontuais e compararam os resultados obtidos no sistema de aplicação de fertilizantes com taxa variável em cana-de-açúcar, com foco voltados para desempenhos agrônômicos e, quando mostraram alguns resultados econômicos, não abrangeram a questão de sensibilidade econômica, e de risco da cultura (MENEGATTI *et al.*, 2006; DEMATTÊ *et al.*, 2014; BARBIERI *et al.*, 2007; CIRANI *et al.*, 2010). Em adição, há poucos estudos empíricos quanto a viabilidade econômica da produção canavieira com foco nos produtores rurais (SANTOS *et al.*, 2016); não foram evidenciados estudos específicos sobre o sistema de taxa variável.

A importância em direcionar estudos no âmbito da propriedade rural deve-se a existência de mais de 18 mil fornecedores de cana-de-açúcar no estado de São Paulo que respondem por mais de 89% do total de cana produzida no Centro-Sul do Brasil (ORPLANA, 2010).

Não obstante, 61 usinas e destilarias do estado de São Paulo utilizam o sistema de taxa variável (*Variable Rate Technology*) para realizar a distribuição de fertilizantes na cultura da

cana-de-açúcar (MENEGATTI *et al.*, 2006; DEMATTÊ *et al.*, 2014; BARBIERI *et al.*, 2007), o que evidencia o potencial de utilização desta tecnologia e a importância em se discutir a viabilidade econômica no âmbito da propriedade rural.

Por isso, o objetivo do presente trabalho é analisar a viabilidade econômica de duas estratégias de aplicação de fertilizantes na cultura da cana-de-açúcar, a fim de determinar a viabilidade econômica e o período necessário para recuperação do capital investido, considerando os riscos envolvidos. Para alcançar o objetivo proposto, esta pesquisa se desenvolveu em duas propriedades representativas da região de Ribeirão Preto que representa 45% do total da área plantada em cana-de-açúcar do estado de São Paulo.

2. Referencial Teórico

O sistema de aplicação de fertilizantes e corretivos por taxa fixa aplica a quantidade média do talhão. Nesse sentido Bernardi *et al.* (2014) relatam que não devem ser aplicadas doses de fertilizantes utilizando a média de uma propriedade como padrão. Assim, a análise da propriedade deve ser realizada de forma eficaz e contínua, respeitando suas diferenças, pois em uma determinada área suas características podem ser desuniformes.

Segundo Demattê *et al.* (2014), a adoção do sistema de taxa variável é uma das estratégias que podem ser adotadas pelo setor, com o intuito de reduzir custos e melhorar a rentabilidade em algumas culturas de alto valor agregado.

O método de aplicação de fertilizantes através de taxa variável vem se consolidando em diversos países, pois é capaz de proporcionar uma boa distribuição de fertilizantes dentro de uma mesma gleba, o que conseqüentemente aumenta a produtividade e/ou a qualidade do produto final. Isto vem se concretizando através de avanços nas formas e técnicas de aplicação dos nutrientes fornecidos às plantas, sendo que em alguns casos, essa metodologia é capaz de contribuir com uma redução significativa de fertilizantes (MOLIN *et al.*, 2015).

Para Thrikawala *et al.* (1999) a utilização de fertilizantes de taxa variável permite que os agricultores apliquem a quantidade essencial para cada localização do campo, melhorando assim, a eficiência no uso de fertilizantes. Portanto, essa tecnologia reconhece a variabilidade espacial inerente na maioria dos processos de produção agrícola, pois a fertilidade do solo tende a variar significativamente dentro de um mesmo talhão, retratando pontos discrepantes na produção.

Existem algumas formas de gestão para a aplicação localizada desses insumos, sendo que a mais utilizada ocorre através de mapas de recomendação gerados por meio de equações que fornecem a dose de insumos demandada em cada *pixel*. Após obtido o mapa de recomendação, este pode ser utilizado no formato *raster* ou *pixel*. O objetivo desta ferramenta é contribuir com o detalhamento das características do solo, resultando em aplicações racionais de fertilizantes. Além desta ferramenta, existe o formato vetorial, onde as doses de fertilizantes são simplificadas dentro de grandes intervalos (MOLIN *et al.*, 2015).

Concordando com Molin *et al.* (2015), Fleming *et al.* (2000) indicaram que nos Estados Unidos, a amostragem por grade, tem sido muito utilizada para desenvolver a prescrição de mapas para aplicação de taxa variável na aplicação de fertilizantes pois, segundo o autor, essa forma de amostragem pode fornecer uma base precisa para a aplicação no sistema de taxa variável.

A gestão com o uso de mapas possui o objetivo de aumentar a produtividade, logo, pode-se tanto aumentar o custo total com fertilizantes e aplicações, como também, consegue-se uma redução de ambos, orientada pela variabilidade espacial dos teores de nutrientes do solo. Outra estratégia consiste na busca pela gestão diferenciada a fim de explorar o potencial produtivo além dos padrões usuais, o que na maioria das vezes, exige uma aplicação de doses de fertilizantes maior, em determinado ponto do talhão. Contudo, em outros pontos do talhão, os nutrientes são reduzidos a um nível mínimo de nutrientes, que será suficiente para manutenção da planta. Portanto, nestes pontos do talhão, a produtividade será menor, mas os custos com fertilizantes, também serão menores (MOLIN *et al.*, 2015).

O sistema de aplicação de insumos localizados permite uma redução da quantidade de insumos químicos distribuídos no campo e à aplicação de fertilizantes nesse sistema é um dos pilares básicos que demonstra uma nova forma de conduzir um sistema de produção eficiente (TAKÁCS-GYORGY; TAKAC, 2011).

O sistema de taxa variável gera benefícios positivos e econômicos se for promovida a heterogeneidade em pequena escala na terra, dado que o maior potencial econômico depende da heterogeneidade de terras agrícolas (KARPINSKI *et al.*, 2015). No entanto, a heterogeneidade é demonstrada nos mapas de análise de solo, e quanto maior a variabilidade, ou seja, quanto maior o número de cores, maior a heterogeneidade.

Segundo Molin *et al.* (2015) e Fleming *et al.* (2000), independente do formato utilizado nos mapas, a interpretação é realizada por meio da análise das cores, sendo que, na maioria dos casos, três a cinco cores representam uma quantidade suficiente para consolidar a

avaliação. No entanto, esses autores relatam que as empresas responsáveis pela elaboração dos mapas utilizam a cor vermelha para indicar um setor com solo de baixa produtividade, e a cor verde, para solos com ótimas condições de produtividade.

De modo geral, as recomendações de doses de fertilizantes são embasadas nos boletins regionais de recomendação. Nesses boletins, geralmente são utilizadas duas variáveis: disponibilidade de nutrientes no solo, ou nutrição foliar. A outra variável é levar em consideração a produção esperada da cultura.

2.1. Análise de viabilidade econômica

A decisão acerca da viabilidade de um projeto requer a utilização de determinados critérios e regras, apesar de não existir um critério único aceito na literatura econômica (CUNHA *et al.*, 2014).

Na análise da viabilidade de um projeto, é preciso levar em consideração as variáveis, as quais consistem em estimativas de entradas e saídas, investimentos e todos os gastos, custos fixos e variáveis, juntamente com as receitas geradas no período de tempo analisado, a fim de obter o fluxo de caixa e calcular os indicadores econômicos inerentes ao investimento (ARAÚJO; HENRIQUES, 2017). Além disso, é preciso melhorar a percepção em relação aos riscos atrelados ao empreendimento, por exemplo, através da análise de sensibilidade dos principais fatores que exercem influência no desempenho econômico do projeto de investimento (LIMA *et al.*, 2013).

De acordo com Araújo e Henriques (2017), após serem estimadas as variáveis do projeto, é preciso aplicar técnicas de avaliação de investimentos, com o intuito de consolidar a criação de indicadores e parâmetros que possam indicar as probabilidades de sucesso ou de fracasso econômico. Segundo Osaki e Batalha (2015) e Bigaton *et al.* (2015), os métodos mais utilizados para analisar a seleção de oportunidades de investimentos são: o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *Payback*, juntamente com o Índice de Lucratividade (IL).

O VPL é uma técnica de orçamento sofisticada, e o seu valor é determinado pela subtração do valor inicial de um projeto, do valor presente dos fluxos de entrada de caixa, descontados a uma taxa igual ao custo do capital da empresa (GITMAN, 2002).

De acordo com Motta e Calôba (2011, p. 116), a TIR trata-se de “um índice relativo que mede a rentabilidade do investimento por unidade de tempo, necessitando, para isso, que haja receitas envolvidas, assim como investimentos”.

O *Payback* pode ser compreendido como o número de períodos necessários para que o fluxo de benefícios ultrapasse o capital investido, sendo que o risco do projeto de investimento aumenta à medida que o *Payback* se aproxima do final do horizonte de planejamento (SOUZA; CLEMENTE, 2004).

Depois de relacionadas às alternativas tecnicamente adequadas, de acordo com os objetivos estratégicos, é que serão analisadas as mais atrativas sob a perspectiva econômica do projeto (LIMA *et al.*, 2013).

2.2. Análise de riscos em decisões econômicas

O risco compreende as probabilidades de exposição a perdas. A determinação do risco baseia-se numa longa experiência, a fim de proporcionar informações que permitam a estimativa de consequências conhecidas (VIRLICS, 2013). A “certeza” ocorre quando todas as informações sobre o resultado futuro são conhecidas; e nesse cenário, a decisão de investimento seria uma tarefa simples. No entanto, na “incerteza”, o fator de risco é fundamental para a decisão de investimento, tendo em mente que o retorno promovido por um investimento, é compreendido por uma distribuição de probabilidade de retornos (FORBES, 2009).

Para os principais projetos, a análise de risco indica se os riscos foram levados em consideração na estimativa dos custos, que são medidas previstas para mitigar o impacto negativo dos principais riscos e as medidas consideradas adequadas para a minimização e prevenção do risco. Os fatores mais importantes, estão relacionados à identificação e mensuração dos elementos que podem desviar o investimento dos seus objetivos iniciais (PLATON; CONSTANTINESCU, 2014).

Segundo Virlics (2013), a análise econômica do risco identifica diferentes variáveis, com base nos custos e benefícios do projeto, sendo que essa análise pode identificar os fatores que estão criando os maiores riscos para o projeto de investimento. A incerteza e o risco sempre estarão presentes em um investimento, tendo em vista que estes possuem mais de um resultado possível.

A simulação de decisões econômicas pode ser aplicada a todos os tipos de problemas que incluem regras de operação, políticas e procedimentos, tais como os relativos à controle de decisão e política de preços. A ação da técnica de simulação não é, de fato, um processo de otimização da decisão. A resolução de problemas por meio de técnicas de simulação, envolve o uso de algoritmos iterativos e a existência de etapas bem definidas para alcançar os objetivos. Os dados de entrada geralmente são variáveis aleatórias proporcionadas por um gerador de números aleatórios (PLATON; CONSTANTINESCU, 2014).

3. Materiais e Métodos

A pesquisa contempla a comparação da viabilidade econômica de duas estratégias de gestão para aplicação de fertilizantes na cultura da cana-de-açúcar em uma propriedade agrícola da região de Ribeirão Preto, por meio de abordagens quantitativa e qualitativa.

Para a avaliação da quantidade de nutrientes, foram analisadas duas metodologias: aplicação de fertilizantes por taxa fixa baseada na média e aplicação de fertilizantes por taxa variável. As amostragens foram retiradas em agosto de 2015, no período da reforma do canavial, sendo que estas análises foram identificadas e enviadas ao laboratório para a avaliação dos teores de nutrientes, a qual determinou os macronutrientes e micronutrientes, acidez e PH.

Para a coleta das amostras foi utilizado um trado tipo holandês, sendo retiradas amostras nas camadas de 0-25 cm. Os nutrientes analisados foram nitrogênio, fósforo e potássio, todos macronutrientes essenciais, os quais são utilizados em maior quantidade nesta cultura.

Foi utilizado o método de Monte Carlo, para efetuar a análise das projeções por meio de uma abordagem estocástica. A simulação contou com 50.000 interações, que representa um valor bem elevado e capaz de fornecer parâmetros importantes a serem considerados (média, moda, mediana, desvio padrão, variância e coeficiente de variação), além de estimativas relativamente precisas. Segundo Carvalho *et al.* (2014), a simulação de Monte Carlo pode ser desenvolvida por meio de diferentes modelos, porém todos estes devem apresentar três pontos em comum: a construção de um modelo de fluxo de caixa, a utilização do VPL como medida de risco e a repetição da operação.

Foram gerados três cenários para a aplicação da simulação, onde o cenário real é caracterizado pelos valores determinados na projeção do fluxo de caixa, o cenário otimista

possui valores 10% maiores do que o cenário real e o cenário pessimista que contempla valores 10% menores do que o cenário real.

3.1. Caracterização do sistema de produção de cana-de-açúcar na região de Ribeirão Preto-SP

A região de Ribeirão Preto possui 6624 propriedades de cana-de-açúcar, abrangendo uma área de 512.633 hectares. O tamanho médio dessas propriedades é de 89,27 hectares (SÃO PAULO, 2008). Portanto, para fins comparativos, foi escolhida de forma aleatória, uma propriedade de 80 hectares situada na região de Ribeirão Preto. A área apresenta um histórico de vários anos com o plantio da cultura da cana-de-açúcar.

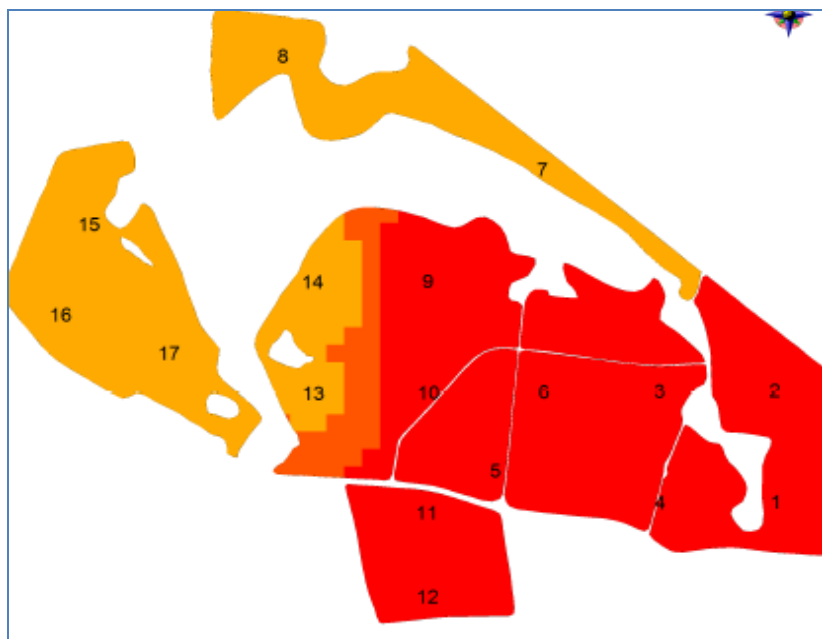


Figura 1: Pontos amostrais em uma área de reforma de cana-de-açúcar na região de Ribeirão Preto

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 1 mostra que foram coletadas 17 amostras em 80 hectares, isto corresponde a uma amostra de solo para cada 5 hectares.

3.2. Avaliação econômica para seleção do sistema de fertilizante a ser implantado

Para analisar a viabilidade econômica dos dois sistemas, foi necessária a elaboração de um fluxo de caixa que mostrasse a entrada e saída de todos os produtos e recursos necessários para o cultivo da cana-de-açúcar. Os dados primários de custos de produção e preços da tonelada da cana-de-açúcar foram extraídos da Associação dos Fornecedores de Cana de Guariba-SP (SOCICANA, 2016). Foram considerados 5 cortes do ciclo de vida da cultura da cana-de-açúcar na região de Ribeirão Preto, com produtividade média de 93 toneladas por hectares (SOCICANA,2016)

A partir dos fluxos de caixa, foram determinados: o VPL, considerando uma taxa de desconto de 9%, a TIR, valor este que corresponde a uma aplicação financeira sem risco remunerava no período. Este valor torna o valor presente do fluxo líquido igual a zero no momento inicial, e por fim, o *Payback* que estabelece o tempo necessário para a recuperação do capital.

3.3. Aplicação de taxa fixa baseada em uma amostra média

A amostragem de solo neste sistema subdivide os talhões em áreas de 10 hectares, levando em consideração a cor da terra, a topografia, relevo e a cor do solo.

Este sistema foi efetuado por meio do uso de um trator acoplado a um espalhador de fertilizantes, sendo que a regulagem deste equipamento foi realizada considerando a velocidade média que o trator percorreu em uma determinada distância. A partir da coleta do tempo, foi realizada a regulagem do equipamento com o trator parado, mas com a mesma rotação que percorreu a distância determinada. Posteriormente, após ligar o circuito hidráulico, foi efetuada a regulagem da vazão do fluxo regulador de dosagem do fertilizante. Ademais, neste sistema foi utilizada a taxa fixa de fertilizantes recomendada pela análise de solo, ou seja, uma aplicação feita por média.

Os fertilizantes formulados utilizados foram 00-20-20 no plantio, correspondente a 0% de nitrogênio, 20% de fósforo e 20% de potássio em uma tonelada. Já para o manejo do canavial, foi utilizado o fertilizante formulado 20-00-20, o qual corresponde a 20% de nitrogênio, 0% de fósforo e 20% de potássio para cada tonelada de fertilizante.

3.4. Aplicação de taxa variável por zona de manejo

O segundo sistema, denominado de taxa variável, foi realizado por um espalhador de fertilizantes, no caso, o mesmo do sistema anterior, mas com a opção de variação na dosagem, introduzido junto ao implemento, uma válvula reguladora de fluxo de óleo, para dosagem de fertilizantes. Contudo, para realizar este sistema foi necessário o acoplamento junto ao Sistema de Posicionamento Global (GPS) para identificar a localização do campo. Este sistema é capaz de mudar uma taxa de fertilizante variando a velocidade de trabalho (WERNER *et al.*, 2007)

Com um auxílio de um o aparelho GPSMAP GARMIM 60CSx, tornou-se necessário mapear os pontos da área e identificar sua localização, para posteriormente, com o auxílio do software *Track Maker*, determinar os mapas, levando em consideração os grids de interpolação dos dados de 35x35. Neste sistema, foi utilizada uma análise de solo a cada cinco hectares.

Para a análise dos mapas, foi utilizado o método de regressão para fertilizantes, pois esta técnica explica de modo satisfatório a relação entre várias variáveis, possibilitando a construção de prognósticos dos valores, de acordo com o interesse.

Para analisar a viabilidade econômica do investimento, foi empregado um fluxo de caixa que reflete a entrada e saída dos recursos e produtos utilizados para o plantio, manejo e colheita da cana-de-açúcar (AMORIM; TERRA, 2014).

Considerou-se como implantação, o plantio referente ao 1º corte da cana-de-açúcar. A partir dos fluxos de caixa, foram determinados o Valor Presente Líquido (VPL), considerando como a taxa de desconto 9% a.a., e a Taxa Interna de Retorno (TIR), que torna o valor presente do fluxo líquido igual à zero no momento inicial. Por fim, para avaliar o tempo de recuperação do investimento foi utilizado o *Payback*, que estabelece o tempo necessário para a recuperação do capital (AMORIM; TERRA, 2014).

4. Resultados e Discussões

Os custos de produção dos dois sistemas analisados são demonstrados nas Tabelas 1 e 2. Na Tabela 1 observa-se que os custos de plantio da cultura de cana-de-açúcar utilizando o sistema de taxa fixa de fertilizantes na região de Ribeirão Preto foram de R\$ 5.980,40 por hectare e R\$ 478.432,00 para 80 hectares.

A Tabela 2 mostra que no sistema de taxa variável, os custos de produção foram de R\$ 5.282,04 para cada hectare e R\$ 420.966,00 para 80 hectares. Valores próximos foram encontrados em (SOCICANA, 2016; PECEGE, 2014).

Tabela 1: Custos de produção de cana-de-açúcar através do sistema de taxa fixa de fertilizantes na região de Ribeirão Preto

Discriminação	Custo Unidade valores em (R\$)	Custo hectare (R\$)	Custo 80 hectares (R\$)
Preparo de solo*		696,00	55.680,00
Plantio mecanizado**		5.980,40	478.432,00
Corte, carregamento e transporte***	27,38		
Gasto com Contribuição Seguridade Social Rural (CSSR)	2,3%		

Os índices *, ** e *** foram baseados nos custos médio operacionais em propriedade de 50-100 hectares, a partir de dados da SOCICANA, (2016).

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Tabela 3 indica a receita bruta dos sistemas, sendo que foi estimada a mesma produção para ambos. Portanto, o valor médio líquido em 80 hectares, antes da contribuição da seguridade social, foi de R\$ 281.120,00, com uma produção de 38.000 toneladas de cana-de-açúcar em todo seu ciclo, o que representa 95 toneladas por hectare.

Tabela 2: Custos de produção de cana-de-açúcar região de Ribeirão Preto

Discriminação	Custo Unidade valores em (R\$)	Custo hectare (R\$)	Custo 80 hectares
Preparo de solo *		1.099,30	86.324,00
Plantio mecanizado **		5.282,04	420.966,00
Corte, carregamento e transporte mecanizado ***	27,38/tonelada		
Gasto com Contribuição Seguridade Social Rural (CSSR)	2,3%		

Os índices *, ** e *** foram baseados nos custos médio operacionais em propriedade de 50-100 hectares, da Associação dos Fornecedores de Cana de Guariba-SP.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Tabela 3, o ano 1 corresponde à safra-2011-2012, o ano 2 à safra 2012-2013, o ano 3 à safra 2013-2014, o ano 4 à safra 2014-2015 e o ano 5 à safra 2015-2016.

A Tabela 4 mostra que os custos de manutenção por hectare no sistema de taxa fixa por média foi de R\$ 942,70 e em uma propriedade de 80 hectares foi de R\$ 75.416,00. Valores próximos foram encontrados em (SOCICANA, 2016; PECEGE, 2014).

Tabela 3: Receita bruta de produção de cana-de-açúcar região de Ribeirão Preto

Ano	Produção em ton. de cana por hectare	Produção em ton. de cana em 80 hectares	Valor da tonelada da cana Junho/2016 em (R\$)	Valor bruto em (R\$)	Gasto com CCT R\$ 27,38/Tonelada	Valor líquido em (R\$) antes (CSSR)
1*	120	9.600	64,37	617.952,00	262.848,00	355.104,00
2**	110	8.800		566.456,00	240.944,00	325.512,00
3***	90	7.200		463.464,00	197.136,00	266.328,00
4****	80	6400		411.968,00	175.232,00	236.736,00
5*****	75	6000		386.200,00	164.280,00	221.920,00
Total	475	38.000		2.446,13	1.040,40	1.405,73
Média por hectare	95			6.115,15	2.601,10	281.120,00

Fonte: Elaborado pelos autores.

Esses custos valem para ambos os sistemas a partir do 2º corte da cultura da cana-de-açúcar, o qual se estende até o 5º corte. O cálculo do fertilizante para cada safra foi realizado de acordo com a produção. Neste caso, o elemento com maior dosagem é o potássio na forma de K₂O (1,45 kg/tonelada de cana produzida), enquanto o nitrogênio necessita de 1,2 kg/tonelada de cana produzida.

Tabela 4: Custos de manutenção do canavial através do sistema de taxa fixo por média na região de Ribeirão Preto

Discriminação	Tipo de máquina	Custo /unidade valores em R\$	Indicador operacional	Custo/ha (R\$)	Custo 80 hectares (R\$)
Aplicação e insumos para manutenção do canavial*	Trator+ máquinas agrícolas			924,00	73.920,00
Análise de solo	Manual	0,20 D/ha	81,00	16,20	1.296,00
Análise de solo Fertilizantes**	Laboratório	10 hectares	25,00	2,50	200,00
Total				R\$ 942,70	R\$ 75.416,00

O índice * foi baseado no custo médio operacional em uma propriedade de 50-100 hectares, a partir de dados da Associação dos Fornecedores de Cana de Guariba-SP. Com relação ao índice **, analisar a Tabela 6.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Tabela 5 mostra que os custos para manutenção de um canavial no sistema de taxa variável foram de R\$ 987,30 por hectare, e em uma propriedade de 80 hectares foi de R\$ 79.984,00. Valores próximos foram encontrados em (SOCICANA, 2016; PECEGE, 2014).

Tabela 5: Custos de manutenção do canavial, através do sistema de taxa variável na região de Ribeirão Preto

Discriminação	Tipo de máquina	Custo /unidade valores em (R\$)	Indicador operacional (R\$)	Custo/ha (R\$)	Custo 80 hectares (R\$)
Aluguel do sistema de taxa variável	GPS + válvula reguladora	60,00/ha		60,00	4.800,00
Análise de solo	Manual	0,20 D/ha	81,00	16,20	1.296,00
Análise de solo	Laboratório	5 hectares	25,00	5,00	400,00
Aplicação e Insumos para manutenção do canavial *	Trator+ máquinas agrícolas			906,10	72.488,00
Fertilizantes**					
Total				987,30	78.984,00

O índice * foi baseado no custo médio operacional em uma propriedade de 50-100 hectares, a partir de dados da Associação dos Fornecedores de Cana de Guariba-SP. Com relação ao índice **, analisar as Tabelas 7 e 8. Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Tabela 6 observa-se que o custo médio dos fertilizantes por hectare no sistema de taxa fixo foi de R\$ 862,62, sendo que a quantidade necessária de fertilizante por ano foi de 639,40 kg/ha. O custo total em 80 hectares na região de Ribeirão Preto, foi estimado em R\$ 343.129,60. O valor de mercado do fertilizante 20-00-20 em setembro de 2015 correspondia a R\$ 1.350,00, de acordo com o Instituto de Econômica Agrícola.

Tabela 6: Dosagem de fertilizante formulado, através do sistema de taxa fixa por média - por safra - de acordo com a produção

	Indicador Operacional 1,45kg/ T.	Produção	Ano	Custo hectare (R\$)	Custo em 80 hectares
	870 kg/ha	120 T./ha	1	R\$ 1.174,00	R\$ 93.920,00
	720 kg/ ha	100T./ ha	2	R\$ 970,00	R\$ 77.600,00
	652 kg/ha	90 T./ha	3	R\$ 880,87	R\$ 70.469,60
	580 kg/ha	80 T./ha	4	R\$ 783,00	R\$ 60.640,00
	375 kg/ha	75 T./ha	5	R\$ 506,25	R\$ 40.500,00
Total	3197 kg	465 T.		R\$ 4.314,12	R\$ 343.129,60
Média	639,40 kg/ha	93 T. ha		862,62	

Fonte: Elaborado pelos autores.

O cálculo do fertilizante para cada safra foi realizado de acordo com a produção, levando em consideração os teores de fertilidade no solo, sendo este o mesmo parâmetro para o sistema de taxa variável. Porém, como o fertilizante utilizado neste sistema é formado pelos elementos nitrogênio e potássio em um mesmo grão, o elemento utilizado para o cálculo exportado foi o potássio (1,45 kg/tonelada de cana produzida), pois a planta necessita desse nutriente em maior quantidade.

O fertilizante a base de nitrogênio utilizado, foi o nitrato, o qual contém 33% de nitrogênio. O seu valor de mercado em setembro de 2016, era de R\$ 930,00, de acordo com o Instituto de Econômica Agrícola. A quantidade de nitrogênio por hectare, foi determinada através da interpretação da Figura 1, levando em consideração a necessidade dos elementos no solo e o que foi exportado pela cultura, de acordo com a produção (Tabela 7).

Tabela 7: Dosagem de fertilizante, N, através do sistema de taxa variável - por safra - de acordo com a produção

Indicador Operacional 1,2%	Produção	Ano	Custo hectare (R\$)
144 kg/ha	120 T./ha	1	133,92
120 kg/ha	100 T./ha	2	111,60
108 kg/ha	90 T./ha	3	100,44
96 kg/ha	80 T./ha	4	89,28
90 kg/ha	75 T./ha	5	83,70
Média 111,60 Kg/ha	93 T. ha		103,79
Total	465 T. ha		R\$ 518,94

Fonte: Elaborado pelos autores.

O indicador para exportação de nitrogênio foi 1,2 kg/tonelada de cana produzida. O valor médio por hectare foi de R\$ 103,79, com uma necessidade de 111,60 kg/ha de nitrogênio.

Na Tabela 8, o fertilizante a base de potássio utilizado foi o cloreto de potássio (KCL), o qual contém 60% de potássio. O seu valor de mercado foi R\$ 1.770,00, estabelecido pelo Instituto de Econômica Agrícola, em setembro de 2016. A quantidade de potássio por hectare foi determinada a partir da análise da Figura 1, levando em consideração a necessidade dos elementos no solo e o que foi exportado pela cultura, de acordo com a produção. O indicador para exportação de nitrogênio foi 1,45 kg/tonelada de cana produzida. O valor médio por hectare foi de R\$ 238,68, com uma necessidade de 134,85 kg/ha de potássio.

Tabela 8: Dosagem de fertilizante, K20, através do sistema de taxa variável - por safra - de acordo com a produção

Indicador Operacional 1,45%	Produção	Ano	Custo hectare (R\$)
174 kg/ha	120 T./ha	1	307,98
145 kg/ha	100 T./ha	2	256,65
130,50 kg/ha	90 T./ha	3	230,98
116 kg/ha	80 T./ha	4	205,32
108,75 kg/ha	75 T./ha	5	192,48
Média	93		238,68
134,85 kg/ha			
Total	465 T. ha		1.193,41

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Tabela 9 mostra que o valor líquido de produção de cana-de-açúcar em uma propriedade de 80 hectares na região de Ribeirão Preto é R\$ 195.812,81, o que proporcionaria uma rentabilidade anual por hectare de R\$ 489,53. Valores próximos foram encontrados em Amorim e Terra (2014).

Tabela 9: Fluxo de caixa através do sistema fixo por média em uma propriedade de 80 hectares

Custos	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Total
Plantio	-478.432,00						-478.432,00
Colheita do canavial		-262.848,00	-240.944,00	-197.136,00	-175.232,00	-164.280,00	-1.040.440,00
Manut. do canavial		-169.336,00	-153.016,00	-145.885,60	-138.056,00	-92.732,80	-699.026,40
Total Gasto por safra	-478.432,00	-432.184,00	-393.960,00	-343.021,60	-313.288,00	-257.012,80	-2.217.898,40
Receita bruta		617.952,00	566.456,00	463.464,00	411.968,00	386.200,00	2.446.040,00
Receita líquida		177.600,61	165.009,23	114.316,86	93.235,07	124.083,04	195.812,81
Contrib. Seguridade Social Rural 2,3%		-8.167,39	-7.486,77	-6.125,54	-5.444,93	-5.104,16	-32.328,79
Valor líquido total	-478.432,00	177.600,61	165.009,23	114.316,86	93.235,07	124.083,04	163.484,02

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Tabela 10 indica que os resultados monetários da produção de 80 hectares, no sistema de taxa variável, equivalem a R\$ 420.428,01, em cinco cortes provenientes da produção de cana-de-açúcar, sendo que sua rentabilidade anual por hectare seria de R\$ 1.051,07.

Tabela 10. Fluxo de caixa da aplicação de fertilizantes através do sistema de taxa variável na produção de cana-de-açúcar.*

Custos	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Total
Plantio	-420.960,00						-420.960,00
Colheita do canavial		-262.848,00	-240.944,00	-197.136,00	-175.232,00	-164.280,00	-1.040.440,00
Manut. do canavial		-114.329,60	-108.440,00	-105.491,20	-102.550,40	-101.072,00	-531.883,20
Total Gasto por safra	-420.960,00	-377.177,60	-349.384,00	-302.627,20	-277.782,40	-265.352,00	-1.993.283,20
Receita bruta		617.952,00	566.456,00	463.464,00	411.968,00	386.200,00	2.446.040,00
Receita líquida		232.607,01	209.585,23	154.711,26	128.740,67	115.743,84	420.428,01
Contrib. Seguridade Social Rural 2,3%		-8.167,39	-7.486,77	-6.125,54	-5.444,93	-5.104,16	-32.328,79
Valor líquido total	-420.960,00	232.607,01	209.585,23	154.711,26	128.740,67	115.743,84	420.428,01

* Dados de uma propriedade de 80 hectares na região de Ribeirão Preto.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Tabela 11 demonstrou a comparação entre os cenários para o sistema de taxa fixa por média, sendo que no cenário real foi estimado um VPL de -R\$ 7.880,14, uma TIR de 14%, o que é maior do que a taxa de desconto de 9%, e o capital investido no projeto seria recuperado em um período de 3,23 anos (equivalente a 39 meses).

Tabela 11: Fluxo de caixa da aplicação de fertilizantes através do sistema de taxa fixa por média na produção de cana-de-açúcar.*

Anos	FCL Real	FCL Otimista	FCL Pessimista
0	-R\$ 478.432,00	-R\$ 478.432,00	-R\$ 478.432,00
1	R\$ 177.600,61	R\$ 195.360,67	R\$ 159.840,55
2	R\$ 165.009,23	R\$ 181.510,15	R\$ 148.508,31
3	R\$ 114.316,86	R\$ 125.748,55	R\$ 102.885,17
4	R\$ 93.235,07	R\$ 102.558,58	R\$ 83.911,56
5	R\$ 124.083,04	R\$ 136.491,34	R\$ 111.674,74
Total	R\$ 195.812,81	R\$ 263.237,29	R\$ 128.388,33
PAYBACK	3,230656769	2,807652891	3,800818981
VPL	-R\$ 7.880,14	R\$ 32.934,63	-R\$ 48.694,91
TIR	14%	19%	9%

* Dados de uma propriedade de 80 hectares na região de Ribeirão Preto.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Tabela 12 mostra a análise dos cenários para o sistema de taxa variável, onde o cenário real retornou um VPL de R\$ R\$ 150.140,62, uma TIR de 34%, que é bem maior do que a taxa de desconto de 9% e um período de retorno do capital em 1,89 anos (equivalente a

23 meses). No entanto, o VPL obtido no estudo de Amorim e Terra (2014), foi de R\$ 290.591,00, junto com uma TIR de -14,09% e um *Payback* de 5,38 anos.

Tabela 12: Fluxo de caixa do sistema de taxa variável

Anos	FCL Real	FCL Otimista	FCL Pessimista
0	-R\$ 420.960,00	-R\$ 420.960,00	-R\$ 420.960,00
1	R\$ 232.607,01	R\$ 255.867,71	R\$ 209.346,31
2	R\$ 209.585,23	R\$ 230.543,75	R\$ 188.626,71
3	R\$ 154.711,26	R\$ 170.182,39	R\$ 139.240,13
4	R\$ 128.740,67	R\$ 141.614,74	R\$ 115.866,60
5	R\$ 115.743,84	R\$ 127.318,22	R\$ 104.169,46
Total	R\$ 420.428,01	R\$ 504.566,81	R\$ 336.289,21
PAYBACK	1,898694006	1,716099612	2,165088757
VPL	R\$ 150.140,62	R\$ 201.759,90	R\$ 98.521,34
TIR	34%	40%	28%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em seguida, foi aplicada a simulação de Monte Carlo no software *Crystal Ball*, onde o FCL de cada ano é determinado por três valores que caracterizam os cenários estabelecidos (real, otimista e pessimista). Dessa forma, os pressupostos foram definidos em distribuições triangulares para a simulação do valor de cada ano, utilizando, como FCL mais provável, o valor do cenário real; como mínimo, o valor do cenário pessimista; e como máximo, o valor do cenário otimista.

De acordo com Martin *et al.* (2007), a distribuição de probabilidade triangular pode ser aplicada em casos onde é possível determinar o valor mais provável e os valores mínimo e máximo da variável aleatória, e em situações onde uma função linear se mostra uma alternativa viável para a descrição da distribuição dos valores dos erros das variáveis.

Pelo fato de não terem conhecimento das distribuições de cada variável de entrada (*inputs*), Araújo e Henriques (2017) também aplicaram a distribuição triangular em seu estudo, após definirem uma variação das taxas que fosse capaz de encobrir toda a incerteza do mercado, em meio as oscilações de juros para os valores selecionados.

Por meio de uma comparação com o estudo de Santos *et al.* (2016), onde os autores realizaram a fixação de três cenários para realizar a estimativa da receita da cultura de cana-de-açúcar, é possível determinar que a criação de cenários é capaz de contribuir com a geração de indicadores importantes para a análise de investimento, sendo que os autores elaboraram estes cenários por meio da utilização do TCH (Tonelada de Cana por Hectare) e do ATR/ton de cana-de-açúcar, a fim de realizar a análise de 6 cortes do cultivo.

Através da aplicação da simulação e da execução das interações com os valores levantados, foi possível obter o gráfico de frequência acumulativa do FCL total no sistema de taxa fixa por média, que é representando na Figura 2.

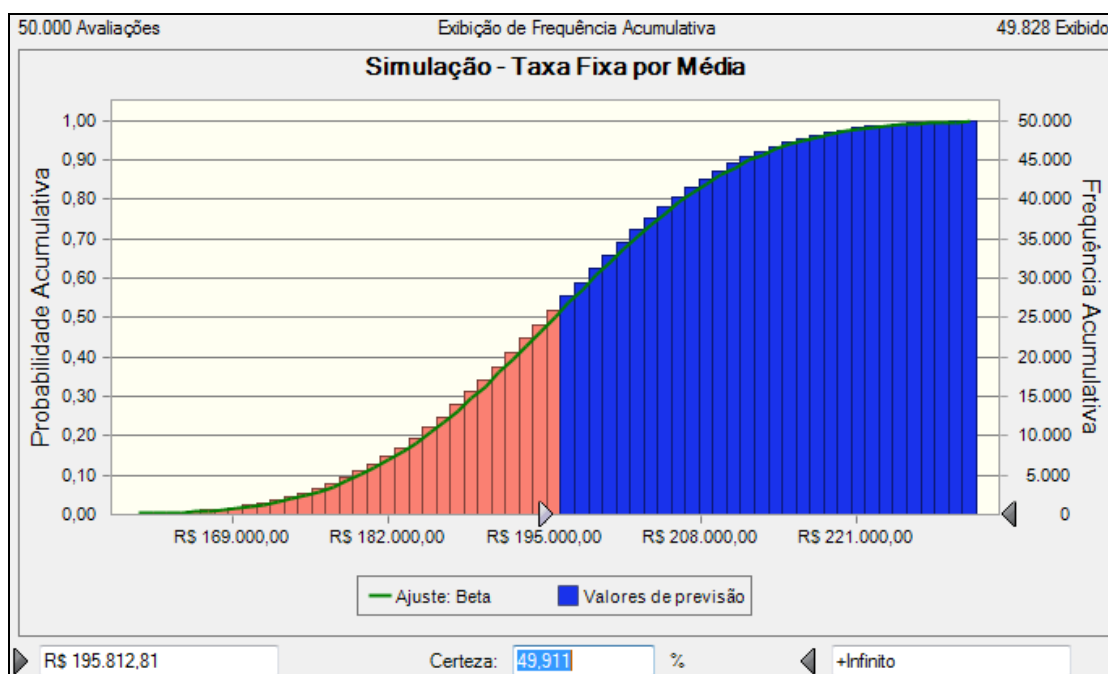


Figura 2: Gráfico de frequência acumulativa do FCL total no sistema de taxa fixa por média

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados obtidos indicam que a média do FCL Total para o sistema de taxa fixa por média foi de R\$ 195.807,74, que é um valor inferior, mas muito próximo ao estabelecido no cenário real (R\$ 195.812,81). O valor mínimo retornado pela simulação foi de R\$ 142.570,08, que é R\$ 14.181,75 superior ao FCL determinado no cenário pessimista (R\$ 128.388,33). O valor máximo retornado pela simulação foi de R\$ 243.839,73, que é R\$ 19.397,56 inferior ao FCL determinado no cenário otimista (R\$ 263.237,29).

Estes resultados podem ser comparados com o estudo de Simões e Scherrer (2014), onde o autor obteve um VPL mínimo de -USD 204,230.02 e um VPL máximo de USD 533,990.25 através da aplicação da simulação de Monte Carlo, sendo possível observar que estes valores apontam os riscos a serem medidos, em razão do grande intervalo dos resultados obtidos.

A simulação também proporcionou alguns parâmetros importantes para a análise dos cenários, tais como: uma mediana de R\$ 195.784,12; um desvio-padrão de R\$ 12.517,77; e uma variância de R\$ 158.049.352,54. Por meio da análise das frequências, a simulação

indicou que a probabilidade do sistema de Taxa Fixa por Média proporcionar um FCL total no quadrante otimista (entre R\$ 195.812,81 e 243.839,73) é de 49,911%.

A análise de sensibilidade evidenciou que todos os anos apresentam contribuição muito semelhante aos objetivos de retorno do cultivo, sendo que o ano 1 é o que exerce maior influência, sendo a variável responsável pelo maior retorno financeiro, de acordo com os dados levantados. A Tabela 13 indica os percentis proporcionados pela simulação de acordo com os valores de previsão para o FCL total do sistema de taxa fixa por média.

Tabela 13: Percentis da simulação do FCL do sistema de taxa fixa por média

Percentis	Valores de previsão
0%	R\$ 142.570,08
10%	R\$ 179.514,00
20%	R\$ 185.127,35
30%	R\$ 189.078,45
40%	R\$ 192.565,54
50%	R\$ 195.783,67
60%	R\$ 199.035,58
70%	R\$ 202.502,09
80%	R\$ 206.481,84
90%	R\$ 211.972,33
100%	R\$ 243.839,73

Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise dos percentis, permite que os intervalos de previsão sejam conhecidos e tratados de acordo com os valores estabelecidos, evidenciando que o FCL total dos cenários pessimista e otimista não são compreendidos ou alcançados por meio da simulação, mas mesmo assim, devem ser encarados como importantes parâmetros para o sucesso e viabilidade do projeto, uma vez que são originados de variáveis que apresentam distribuições gerenciáveis de forma individual.

Através da aplicação da simulação e da execução das interações com os valores levantados, foi possível obter o gráfico de frequência acumulativa do FCL total no sistema de Taxa Variável, que é representando na Figura 3.

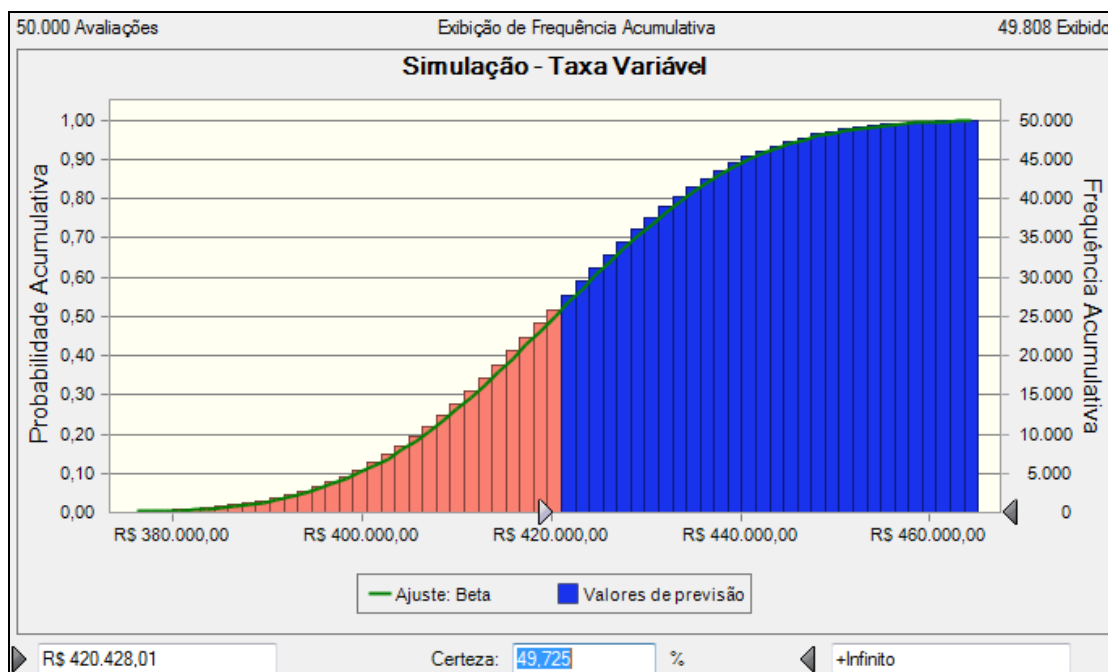


Figura 3: Gráfico de frequência acumulativa do FCL total no sistema de taxa variável
Fonte: Elaborado pelos autores.

A média do FCL Total para o sistema de taxa variável foi de R\$ 420.335,68, que é um valor superior, mas muito próximo ao estabelecido no cenário real (R\$ 420.428,01). O valor mínimo retornado pela simulação foi de R\$ 360.560,85, que é R\$ 24.271,64 superior ao FCL determinado no cenário pessimista (R\$ 336.289,21). O valor máximo retornado pela simulação foi de R\$ 476.947,72, que é R\$ 27.619,09 inferior ao FCL determinado no cenário otimista (R\$ 504.566,81).

A comparação com os resultados obtidos por Carreira *et al.* (2015), onde os autores aplicaram a simulação de Monte Carlo para analisar o VPL no horizonte de 10 anos, sendo que eles obtiveram um VPL mínimo de R\$ 72.080,14, um VPL esperado de R\$ 83.001,22 e um VPL máximo equivalente a R\$ 234.109,22, apresentando uma probabilidade de insucesso de 9,24%. Por outro lado, a análise de sensibilidade dos autores não evidenciou viabilidade da atividade em um horizonte de 15 anos, apresentando um Valor Presente Líquido (VPL) de - R\$ 202.804,18.

A simulação também proporcionou alguns parâmetros importantes para a análise dos cenários, tais como: uma mediana de R\$ 420.305,31; um desvio-padrão de R\$ 15.964,93; e uma variância de R\$ 254.879.069,44. Por meio da análise das frequências, a simulação indicou que a probabilidade do sistema de Taxa Variável proporcionar um FCL total no quadrante otimista (entre R\$ 420.428,01 e R\$ 476.947,72) é de 49,725%.

Assim como no sistema de taxa fixa por média, a análise de sensibilidade do sistema de taxa variável evidenciou que todos os anos apresentam contribuição muito semelhante aos objetivos de retorno do cultivo, sendo que o ano 1 é o que exerce maior influência, sendo a variável responsável pelo maior retorno financeiro, de acordo com os dados levantados.

A Tabela 14 mostra os percentis proporcionados pela simulação de acordo com os valores de previsão para o FCL total do sistema de taxa variável.

Tabela 14: Percentis da simulação do FCL do sistema de taxa variável

Percentis	Valores de previsão
0%	R\$ 360.560,85
10%	R\$ 399.750,18
20%	R\$ 406.737,76
30%	R\$ 411.847,40
40%	R\$ 416.208,33
50%	R\$ 420.305,21
60%	R\$ 424.469,58
70%	R\$ 428.824,30
80%	R\$ 433.989,90
90%	R\$ 440.970,74
100%	R\$ 476.947,72

Fonte: Elaborado pelos autores.

O FCL mínimo obtido no sistema de taxa variável é R\$ 217.990,77 superior ao proporcionado no sistema de taxa fixa por média. Além disso, o FCL máximo do sistema de taxa variável é R\$ 233.107,99 superior ao proporcionado no sistema de taxa fixa por média, evidenciando que mesmo no cenário mais pessimista ou otimista, a utilização do método de taxa variável se mostra superior ao sistema de taxa variável.

Mesmo se o sistema de taxa fixa por média proporcionar o FCL mais otimista possível obtido da simulação (R\$ 243.839,73), ainda será R\$ 116.721,12 inferior ao FCL mais pessimista do sistema de taxa variável (R\$ 360.560,85), evidenciando que a utilização do sistema de taxa fixa por média se mostra completamente inviável, de acordo com as estimativas e parâmetros gerados na simulação de Monte Carlo.

Outro resultado importante é obtido por meio da análise do Índice de Lucratividade (IL) que indica o retorno de acordo com a quantia investida, sendo mais indicado em uma situação de restrição de capital. De acordo com Berk e Demarzo (2009), determinar o quão alto deve ser o VPL de um projeto, a fim de determinar a viabilidade em sua execução, não é uma tarefa tão fácil. Por isso, muitas empresas utilizam o método do Índice de Lucratividade (IL), cujo objetivo consiste em relativizar o VPL em relação ao investimento inicial.

O cálculo do IL é realizado utilizando-se a seguinte fórmula:

$$IL = \frac{\Sigma VPret}{\Sigma VPinv} \quad (1)$$

Em que:

$VPret$ = valor presente dos fluxos de caixa de retornos;

$VPinv$ = valor presente dos fluxos de caixa dos investimentos.

Adota-se como critério de decisão, que se $IL \geq 1$, aceita-se o projeto, caso contrário, rejeita-se. Considerando a taxa de desconto igual a 9% ao ano, têm-se:

- para o sistema fixo:

$$IL = \frac{\Sigma VPret}{\Sigma VPinv} = \frac{674.244,81}{478.432,00} = 1,41 \quad (2)$$

- para o sistema variável:

$$IL = \frac{\Sigma VPret}{\Sigma VPinv} = \frac{841.388,01}{420.960,00} = 1,99 \quad (3)$$

Sendo assim, o IL do Sistema Variável é maior que o IL do Sistema Fixo, indicando que o sistema variável é o mais viável.

5. Conclusões

Os custos de plantio da cultura de cana-de-açúcar utilizando o sistema de taxa fixa de fertilizantes na região de Ribeirão Preto foram R\$ 5.980,40 por hectare, enquanto que os custos de produção no sistema de taxa variável foram R\$ 5.282,04 por hectare, ou seja, uma diferença de 11,68% entre os dois sistemas.

Os custos de manutenção com fertilizantes de cana-de-açúcar no sistema de taxa fixa por média foram R\$ 862,62, enquanto no sistema de taxa variável foram R\$ 342,46. Isto representa uma diferença de 251,89% entre os dois sistemas.

Nos 80 hectares do plantio, a recomendação média da aplicação de P_2O_5 sugerida pela análise do solo e utilizando o método de taxa fixa seria de 160 kg/ha. Entretanto, com o sistema de taxa variável se alcançou uma redução de 2.282,50 kg na aplicação de P_2O_5 , que equivalem a uma redução de 17,83% quando à aplicação for realizada pelo método de taxa fixa.

A aplicação recomendada de potássio (K_2O) com o método de taxa fixa seria de 250 kg/ha, sendo que, com a utilização do método de taxa variável em 15% da área (12 hectares) a dosagem foi aplicada conforme a recomendação, e em 85% da área (68 hectares) foram aplicados 2.280 kg (11,4%) a mais do que as 20 toneladas recomendadas para os 80 hectares analisados.

A simulação de Monte Carlo considerando uma área de 80 hectares e cinco anos de ciclo de cultivo, retornou um fluxo de caixa líquido médio de R\$ 195.807,74 para o sistema de taxa fixa por média e um VPL médio de R\$ 420.335,68. Nas mesmas condições o sistema de taxa variável apresentou um fluxo de caixa líquido médio R\$ 224.527,94 inferior ao FCL do sistema de taxa fixa por média. Além disso, os gráficos e parâmetros (média, desvio-padrão e variância) indicam a viabilidade do sistema de taxa variável, em razão da elevada probabilidade de ocorrência do fluxo de caixa máximos com o sistema de taxa variável.

O sistema de taxa variável para aplicação de fertilizantes no plantio e no manejo da cana-de-açúcar mostrou valores superiores ao sistema de taxa fixa por média em todos os seguintes indicadores de viabilidade econômica: *Payback*, Taxa Interna de Retorno, Valor Presente Líquido e Índice de Lucratividade.

Como sugestão para trabalhos futuros existe a necessidade de estudos relacionados a esta temática, comparando multicasos que relacionem as diferenças entre o consumo de fertilizantes por taxa fixa e por taxa variável, incluindo nessa análise o custo de transporte dos fertilizantes da fazenda até o local da aplicação, juntamente com os custos operacionais para cada tipo de sistema de aplicação de fertilizantes.

6. Referências

AMORIM, F. R.; TERRA, L. A. A. Comparativo econômico entre a cultura da cana-de-açúcar e da soja: o caso de um fornecedor da região de Ribeirão Preto. *FACEF Pesquisa: Desenvolvimento e Gestão*, v. 17, n. 3, p. 322-333, 2014.

ANDRADE, M. C. Inovações Tecnológicas No Setor Sucroalcooleiro: Determinantes, Estágio Vigente e Perspectivas no Contexto Brasileiro (2005 - 2014). *Revista Brasileira de Gestão e Inovação*, v. 4, n. 3, p. 90-106, 2017.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. *Informações Gerenciais (Dezembro/2016)*. 2016. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14854008/Boletim+de+Informa%C3%A7%C3%B5es+Gerenciais+4%C2%BA+trimestre+de+2016/2cc14375-3e1c-9dfe-f6a6-a5a1fd69f021?version=1.2>>. Acesso em: 31 out. 2017.

ARAÚJO, L. M. R.; HENRIQUES, R. S. Análise da viabilidade econômica do processamento mínimo de cenouras em uma agroindústria do Alto Paranaíba. *Custos e @gronegocio on line*, v. 13, n. 2, p. 338-362, 2017.

BARBIERI, D. M.; MARQUES JUNIOR, J; PEREIRA, G. T.; CAMARGO, L. A.; MATIAS, S. S. R.; SANCHES, R. B. Formas do relevo como critério auxiliar aplicação de insumos em uma argissolo. In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, Gramado-RS, *Anais...*, Gramado: SBCS, 2007.

BERK, J.; DEMARZO, P. *Finanças Empresariais*. Porto Alegre: Bookman, 2009.

BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília: Embrapa, 2014.

BIGATON, A.; DANELON, A. F.; CARVALHO, A.; D'ARAGONE, R. R.; SILVA, H. J. T.; MARQUES, P. V. Evolução dos preços de insumos e valores de mão-de-obra para produção de cana-de-açúcar na região Centro-Sul Tradicional: safra 2014/15. *Revista iPecege*, v. 1, n. 2, p. 187-197, 2015.

CARREIRA, L. B. T.; SABBAG, O. J.; ABE, A. S. Viabilidade econômica da criação de matrizes e reprodutores de Caiman Latirostris no estado de São Paulo. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 41, n. 3, p. 687-695, 2015.

CARVALHO, C. R. F.; PONCIANO, N. J.; SOUZA, P. M.; SOUZA, C. L. M.; SOUSA, E. F. Viabilidade econômica e de risco da produção de tomate no município de Cambuci/RJ, Brasil. *Ciência Rural*, v. 44, n. 12, p. 2293-2299, 2014.

CIRANI, C. B. S.; MORAES, M. A. F. D.; PESSOA, L. C.; SILVA, D. Uma análise de inovação a partir do estudo da adoção e uso de tecnologias da agricultura de precisão na indústria sucroalcooleira paulista. *Revista de Administração e Inovação*, v. 7, n. 4, p. 186-205, 2010.

CUNHA, C. A.; MEDEIROS, J. A. V.; WANDER, A. E. Utilização de opções reais na avaliação de confinamento de terminação de bovinos de corte. *Custos e @gronegocio on line*, v. 10, n. 1, p. 212-227, 2014.

DEMATTÊ, J. A. M.; DEMATTÊ, J. L. I.; ALVES, E. R.; BARBOSA, R. N.; MORELLI, J. Precision agriculture for sugarcane management: a strategy applied for Brazilian conditions. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 36, n. 1, p. 111-117, 2014.

FLEMING, L. K.; WESTFALL, G. D.; WIENS, D. W.; BRODAHL, M. C. Evaluating farmer defined management zone maps for variable rate fertilizer application. *Precision Agriculture*, v. 2, n. 2, p. 201-215, 2000.

FORBES, S. Portfolio theory and how parent birds manage investment risk. *Oikos*, v. 118, n. 10, p. 1561-1569, 2009.

GITMAN, L. J. *Princípios da administração financeira*. 7 ed. São Paulo: Harbra, 2002.

KARPINSKI, I.; SCHULER, J.; MULLE, K. A new approach to support site-specific farming and economic decision making for precision agriculture in East Germany. *Outlook on Agriculture*, v. 44, n. 4, p. 283-289, 2015.

LIMA, J. D.; SCHEITT, L. C.; BOSCHI, T. F.; SILVA, N. J.; MEIRA, A. A.; DIAS, G. H. Uma proposta de ajuste no cálculo do *payback* de projetos de investimentos financiados. *Custos e @gronegocio on line*, v. 9, n. 4, p. 162-180, 2013.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Estatísticas e Dados Básicos de Economia Agrícola (Julho/2017)*. 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/estatisticas-e-dados-basicos-de-economia-agricola/pasta-de-julho-2017.pdf/view>>. Acesso em: 31 out. 2017.

MARTIN, T. N.; STORCK, L.; DOURADO NETO, D. Simulação estocástica da radiação fotossinteticamente ativa e da temperatura do ar por diferentes métodos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 9, p. 1211-1219, 2007.

MELO, A. S.; SAMPAIO, Y. S. B. Uma nota sobre o impacto do preço do açúcar, do etanol e da gasolina na produção do setor sucroalcooleiro. *Revista Brasileira de Economia*, v. 70, n. 1, p. 61-69, 2016.

MENEGATTI, L. A. A.; MOLIN, J. P.; GÓES, S. L.; KORNDORFER, G. H.; SOARES, R. A. B.; LIMA, E. A. Benefícios econômicos e agrônômicos da adoção de agricultura de precisão em usinas de açúcar. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, São Pedro-SP, *Anais...*, Piracicaba: ESALQ/USP, 2006.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F. Agricultura de Precisão. In: JORNADA DE ATUALIZAÇÃO EM AGRICULTURA DE PRECISÃO, Piracicaba-SP, *Anais...*, Piracicaba: USP, 2015.

MOTTA, R. R.; CALÔBA, G. M. *Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais*. São Paulo: Atlas, 2011.

ORPLANA - Organização dos plantadores de cana da região Centro-Sul do Brasil. *Perfil do produtor*. 2010. Disponível em: <<http://www.orplana.com.br/perfil.html>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

OSAKI, M.; BATALHA, M. O. Avaliação econômica dos sistemas de produção de milho, soja e algodão em Sorriso e Campo Novo do Parecis/MT. *Custos e @gronegocio Online*, v. 11, n. 3, p. 315-343, 2015.

PECEGE - Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas. *Custos de produção de cana-de-açúcar, açúcar, etanol e bioeletricidade no Brasil: Fechamento da safra 2013/2014*. 2014. 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. 53 p.

PLATON, V.; CONSTANTINESCU, A. Monte Carlo Method in risk analysis for investment projects. *Procedia Economics and Finance*, v. 15, p. 393-400, 2014.

REIS, J. G. M.; VENDRAMETTO, O.; COSTA NETO, P. L. O.; MACHADO, S. T. Avaliação da sustentabilidade econômica, social e ambiental da atividade sucroenergética de Mato Grosso do Sul: uma análise com multicritério. *Revista de Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 10, n. 3, p. 673-695, 2017.

SALLES-FILHO S. L. M.; CASTRO, P. F. D.; BIN, A.; EDQUIST, C.; FERRO, A. F. P.; CORDER, S. Perspectives for the Brazilian bioethanol sector: the innovation driver. *Energy Policy*, v. 108, p. 70-77, 2017.

SANTOS, D. F. L.; CARNIO, C. M.; FARINELLI, J. B. M.; FARINELLI, R. Viabilidade econômica e financeira na produção de cana-de-açúcar em pequenas propriedades rurais. *Custos e @gronegócio on line*, v. 12, n. 4, p. 222-254, 2016.

SÃO PAULO - Estado. *Coordenadoria de Assistência Técnica Integral: Levantamento censitário das unidades de produção agropecuária do estado de São Paulo*. 2008. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa/dadosmunicipais.php>>. Acesso em: 04 jun. 2017

SIMÕES, D.; SCHERRER, L. R. Monte Carlo simulation applied to economic and financial analysis of an agribusiness project. *Tekhne e Logos*, v. 5, n. 2, p. 1-14, 2014.

SOCICANA - Associação dos Fornecedores de Cana de Guariba. *Custo de Produção*. 2016. Disponível em: <<http://socicana.com.br/custos-de-producao/>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. *Decisões financeiras e análise de investimento*. São Paulo: Atlas, 2004.

TAKÁCS-GYORGY, K.; TAKÁCS, I. Risk assessment and examination of economic aspects of precision weed management. *Sustainability*, v. 3, p. 1114-1135, 2011.

THRIKAWALA, S.; WEERSINK, A.; GARY, K.; FOX, G. Economic feasibility of variable-rate technology for nitrogen on corn. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 81, n. 4, p. 914-927, 1999.

VIRLICS, A. Investment decision making and risk. *Procedia Economics and Finance*, v. 6, p. 169-177, 2013.

WERNER, V.; SCHLOSSER, J. F.; DINORVAN, R.; PINHEIRO, E. D.; DORNELLES, M. E. C. Aplicação de fertilizantes a taxa variável em agricultura de precisão variando a velocidade de deslocamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, n. 6, p. 658-663, 2007.

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