

Analysis of economic viability in rice production in a municipality of Rio Grande do Sul by Monte Carlo simulation

Reception of originals: 10/09/2017
Release for publication: 01/10/2019

Paula Donaduzzi Rigo

Mestranda em Engenharia de Produção na Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Instituição: Universidade Federal de Santa Maria
Endereço: Centro de Tecnologia - Prédio 07 - Av. Roraima nº 1000, Bairro Camobi, Santa Maria - RS, CEP: 97105-900
E-mail: pauladonaduzzi@gmail.com

Flaviani Souto Bolzan Medeiros

Doutoranda em Administração na Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Instituição: Universidade Federal de Santa Maria
Endereço: Centro de Ciências Sociais e Humanas - Prédio 74C - Av. Roraima nº 1000, Bairro Camobi, Santa Maria - RS, CEP: 97105-900
E-mail: flavianiadm@gmail.com

Andreas Dittmar Weise

Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Instituição: Universidade Federal de Santa Maria
Endereço: Centro de Tecnologia - Prédio 07 - Av. Roraima nº 1000, Bairro Camobi, Santa Maria - RS, CEP: 97105-900
E-mail: andreasd.weise@gmail.com

Abstract

Rice production is very important for both the economy and society and the State of Rio Grande do Sul is responsible for more than 70% of the national production. Therefore, this research aims to identify the scenario of greater economic viability in rice production considering the municipality of São Gabriel/RS. In methodological terms, through bibliographical and documentary research, the main production scenarios were developed. Then, the data were collected, the NPVs of each case were calculated and, later, the Monte Carlo simulation method was used with the aid of Oracle Crystal Ball[®] Software. The work was developed using as base the said municipality of the State for the purposes of calculations of productivity. For this, interview were conducted with a rice producer in the region. Among the main results it was found that small farmers, 25ha and 50ha, are more likely to profit by not acquiring tractors, harvesters and silos. In contrast, from 100ha the scenario where this acquisition is carried out is the one with the highest probability of profit, surpassing 50%.

Keywords: Rice production. Economic viability. Simulation Monte Carlo.

1. Introdução

O arroz é um cereal produzido e consumido em todos os continentes (Souza et al., 2016; Ma et al., 2016) o que o torna protagonista da alimentação de mais da metade da população mundial, principalmente nos países em desenvolvimento, como o Brasil (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008). O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2016) afirma que o consumo médio anual de arroz no Brasil é de 25 quilos por habitante.

Para suprimento da demanda, a produção de arroz se mostra importante tanto em âmbito social como econômico. Em termos de produção, a safra de 2015 no Brasil, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016a), correspondeu um total de 12.303.130 toneladas colhidas e o Rio Grande do Sul contribuiu com 8.679.490 toneladas. Tais dados revelam que o Estado representou 70% da produção total do país. Já em relação à produtividade, a média nacional foi de 5.749 quilogramas por hectare enquanto no Rio Grande do Sul foi 7.738 quilogramas por hectare (IBGE, 2016b).

Mesmo com a alta produção e produtividade de arroz no Estado, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2015) aponta uma possível redução nos próximos 10 anos nas áreas destinadas à rizicultura. Essa projeção parte da grande concorrência com a soja e soma-se a outros fatores, como as mudanças climáticas. Diante disso, os pequenos agricultores são enfraquecidos, pois são os produtores com maior dificuldade para lidar com os altos custos fixos da produção de arroz.

Frente a esse cenário, a sobrevivência econômica dos produtores de arroz é aperfeiçoada por meio de detalhadas análises de seus custos de produção. Entretanto, os produtores rurais possuem dificuldades em levantar os custos de produção, mais especificamente, os custos fixos (DAL MOLIN et al., 2015). Em vista disso, o estudo da viabilidade econômica da produção de arroz torna-se necessária para auxiliar os agricultores na tomada de decisão, principalmente pelo fato de existirem várias opções para investimentos.

Diante do exposto, o presente artigo tem como objetivo identificar qual é o cenário de maior viabilidade econômica na produção de arroz no município de São Gabriel/RS. Para isso, utilizou-se o método de simulação Monte Carlo com o auxílio do *Software Oracle Crystal Ball*[®], pois a viabilidade econômica da produção de arroz envolve muitas variáveis, o que tem por consequência vários possíveis cenários produtivos, como: (1) o impacto financeiro da negociação do agricultor com as cooperativas; (2) a aquisição de maquinário

próprio para preparo, plantação e colheita *versus* alugar um ou mais desses equipamentos quando é necessário, eliminando o alto capital investido; e (3) a quantidade de hectares semeados para que seja alcançada a viabilidade econômica da produção de arroz de um determinado cenário.

Justifica-se essa pesquisa pelo fato de que apesar de existir na literatura outros estudos que tratam acerca da análise de alternativas de investimentos no agronegócio por meio da simulação Monte Carlo (Silveira e Rodrigues, 2011; Silveira, Soares e Silva, 2013; Carvalho et al., 2014; Vaudelle e L'Huillier, 2015; Kamali et al., 2017) e que, especificamente, pesquisas investigaram a viabilidade econômica na produção de arroz (Bassani e Breda, 2012; Dal Molin et al., 2015; Rigo et al., 2015; Rigo et al., 2016) existe uma lacuna quanto à análise que associe a simulação Monte Carlo considerando diferentes cenários produtivos de arroz. Portanto, ao utilizar a Simulação Monte Carlo para a análise dos diferentes cenários na produção de arroz, os produtores estarão munidos de informações fundamentadas, o que possibilitará uma otimização de tempo e recursos, aumentando as chances de sobrevivência dos pequenos agricultores.

Acerca da estrutura, além desta seção de caráter introdutório, o restante deste trabalho está organizado conforme descrito a seguir. A segunda seção apresenta o referencial teórico que embasou a presente pesquisa. Na sequência, na terceira seção, consta a metodologia adotada visando o alcance do objetivo proposto. Logo após, a quarta seção exhibe os resultados e discussões a partir do estudo realizado. Por fim, na quinta seção, seguem as considerações finais, bem como o apontamento para futuras pesquisas.

2. Referencial Teórico

O referencial teórico abordado neste artigo está dividido em subseções. Em um primeiro momento, apresentam-se estudos sobre o agronegócio e a cadeia produtiva do arroz no Brasil. Em seguida, são discutidos assuntos dentro da grande área da engenharia econômica, tais como: custos, depreciação, métodos de análise de investimentos e a simulação Monte Carlo conforme seguem expostos.

2.1. Agronegócio e a cadeia produtiva de arroz no Brasil

O agronegócio exerce uma forte influência na economia brasileira, pois o país é um grande exportador de uma variedade de alimentos como: soja, grãos, carne, sucos de frutas e açúcar (AMANOR; CHICHAVA, 2016). Nesse sentido, o agronegócio apresenta-se fundamental também para a sociedade, pois provoca inclusão social, sustenta famílias no campo e gera empregos (QUEIROZ, 2010). Quanto a cadeia produtiva de arroz, para Zamberlan e Sonaglio (2011), se manifesta como uma das mais importantes para o agronegócio no Brasil já que possui um elevado consumo interno e representa um grande volume da produção de grãos no país.

Desse modo, a cadeia produtiva agroindustrial, conforme Santos e Santos (2011), é formada por vários setores conectados através do material, capital e informação, envolvendo: (1) distribuidores de insumos; (2) produtores agrícolas; (3) comércio atacadista e varejista; e (4) os consumidores finais. De forma análoga, a Figura 1 apresenta o fluxograma da cadeia produtiva de arroz através do conceito de “antes da porteira”, “dentro da porteira” e “depois da porteira”, criada por Araujo (2005 apud ZAMBERLAN, WAQUIL e HENKIN, 2012).

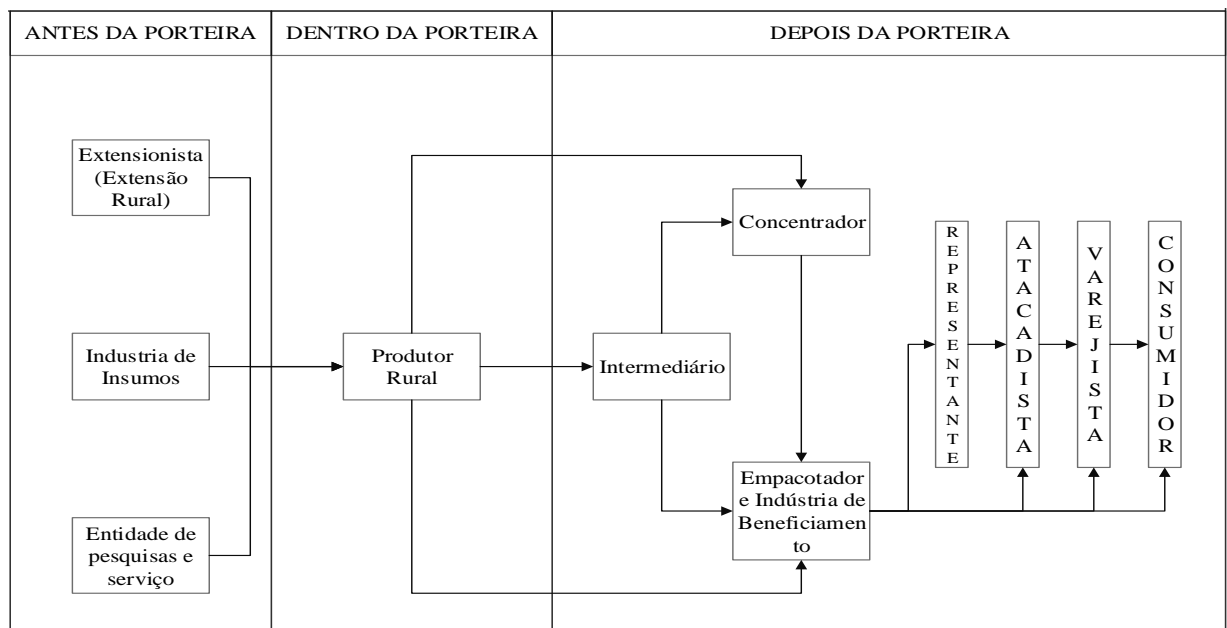


Figura 1: Fluxograma da cadeia produtiva de arroz

Fonte: Adaptado de Zamberlan, Waquil e Henkin (2012).

A Figura 1 analisada através da visão do Produtor Rural, que situa “dentro da porteira”, oferece três diferentes caminhos de negociação de sua produção: com o intermediário, com o concentrador, ou seja, as cooperativas que possuem os silos para secagem e a armazenagem do arroz, ou com as indústrias de beneficiamento de arroz. Essas

alternativas farão parte das estratégias que o agricultor decide assumir, sempre buscando o maior retorno financeiro.

Sendo assim, Miranda et al. (2009) asseguram que, além das cooperativas se apresentarem como uma alternativa de crédito para o produtor elas também exercem, muito presente no Rio Grande do Sul, a função de secagem, armazenagem, beneficiamento e distribuição do arroz. Soma-se a isso, a afirmação dos mesmos autores de que em 2005, apenas 28,4% dos produtores tinham armazenagem própria, considerando que aqueles produtores que possuem o sistema de armazenagem terão melhor autonomia de negociação.

Também “dentro da porteira” tem-se os tipos de cultivo de arroz e as etapas de cada cultivo que influenciarão na produtividade. Os principais cultivos de arroz irrigado são: o convencional, o plantio direto, o pré-germinado e o transplante de mudas (NITZKE; BIEDRZYCKI, 2016).

2.2. Custos

Frente à competitividade, os agricultores buscam reduções constantes nos custos de produção das *commodities*, por englobarem produtos de valores baixos e padronizados mundialmente (VALARINI; KUWAHARA, 2007). Acresce-se a isso, que muitos agricultores declaram que o preço dos produtos, comumente, está abaixo dos custos gerados pela produção (DAL MOLIN et al., 2015). Sendo assim, o agricultor tem a necessidade, para obter notoriedade no mercado competitivo, de apurar, controlar e minimizar os custos e obter uma maior rentabilidade de seu negócio (THOMAZ et al., 2015).

Dessa forma, a contabilidade de custos vem para auxiliar os gestores na classificação e contabilização destes. Em relação a classificação, no que diz respeito à facilidade com que os custos são alocados em termos de produtos e processos, são classificados como diretos ou indiretos (BORNIA, 2010). Na compreensão de Viceconti e Neves (2013a), os custos diretos são facilmente atribuídos a cada um dos vários produtos fabricados por existir uma medida objetiva de capitalização de custo, e se tem como exemplo custos com: Mão de obra direta; matéria-prima; e material de embalagem. Já os custos indiretos, para o mesmo autor, são aqueles que exigem cálculos ou estimativas para ser atribuído a um produto, e tem-se como exemplo: aluguel da fábrica ou propriedade; limpeza; e mão de obra administrativa. Entretanto, caso a empresa fabrique apenas um produto, todos os custos são classificados como diretos.

Bornia (2010) expõe que, de acordo com a variabilidade, os custos podem ser considerados através do volume de produção em custos fixos e variáveis. Os custos fixos independem do volume de produção, e relacionam-se com a capacidade instalada, já os custos variáveis são relacionados a quantidade de produção, sendo que quanto maior o volume de produção, maiores são os custos variáveis (BRUNI; FAMÁ, 2012).

Além disso, é muito frequente que alguns custos constituam uma combinação de fixos e variáveis. Ao analisar os custos sob uma base de volume, pode ser verificado que partes (ou faixas) que se comportam como variáveis e outras que se comportam como fixos, e esses custos são apontados como custos semivariáveis (LEONE; LEONE, 2010). Posto isto, levantar e classificar os custos é de extrema importância. Habitualmente os produtores rurais computam somente os seus custos variáveis, sendo que deixam de levantar os custos fixos, de depreciação, de oportunidade, entre outros (DAL MOLIN et al., 2015). Todavia, para compreender qual o nível de viabilidade econômica de um projeto é necessária a análise de todos os custos existentes no processo.

2.3. Depreciação

Um importante integrante do fluxo de caixa é o benefício fiscal da depreciação, representando valores positivos e que, no caso de ativos de alto custo, causam grande impacto na análise de substituição destes (ADKINS; PAXSON, 2013). Ademais, escolher um método de depreciação é importante, pois afeta o valor de impostos a pagar, sendo que métodos de depreciação acelerada são normalmente mais vantajosos (KULP; HARTMAN, 2011).

Sendo assim, em relação a legislação tributária, as taxas anuais de depreciação são de: (1) 4% para edifícios e construções; (2) 10% para equipamentos, máquinas, móveis e instalações; (3) 20% para semoventes; e (4) 25% para veículos de passageiros ou de carga (VICECONTI; NEVES, 2013b). Porém, podem haver desvios entre a depreciação dos equipamentos analisados em relação a tabelada. Santos, Marion e Segatti (2009) acrescentam que para as máquinas e implementos agrícolas, é possível depreciar um trator em até 4 anos (25% a.a.) ou seguir o padrão estabelecido para países em desenvolvimento, que estabelece 8.000 horas de uso para depreciar tratores de pneus e 9.000 horas de uso para tratores de esteira.

2.4. Engenharia econômica

A engenharia econômica é classificada como uma ciência de decisão (EHRlich; MORAES, 2013). Essa decisão, de onde e como investir, de modo a otimizar os resultados futuros da aplicação, é realizada na engenharia econômica por meio da formulação, estimação e avaliação dos resultados econômicos esperados pelo investidor (BLANK; TARQUIN, 2012). Para isso, o estudo da viabilidade econômica das diferentes alternativas é de grande importância. Nesse sentido, Casarotto Filho e Kopittke (2010) salientam que a análise de investimentos para a tomada de decisão na engenharia econômica pode ser realizada através do: (1) Método do Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE); (2) Método do Valor Presente Líquido (VPL); e (3) Método da Taxa Interna de Retorno (TIR). E se realizados de forma correta, os três referidos métodos irão resultar na mesma decisão.

2.4.1. Valor presente líquido

O Valor Presente Líquido (VPL) é o critério mais importante para estimar o investimento de um projeto e tem por objetivo representar em um único número o valor de um fluxo de caixa (PETKOVIĆ et al., 2016). Com isso, calcular o VPL tem como resultado a apuração do ganho financeiro do projeto em valores atuais, e para isso, é preciso descapitalizar os dados do fluxo de caixa e subtraí-lo do investimento inicial (COMLOFFSKI, 2014). Na concepção de Petković et al. (2016), o VPL de um fluxo de pagamentos é definido como sendo a soma dos valores descontados dos termos individuais do fluxo de caixa. Para calcular o VPL, os autores Casarotto Filho e Kopittke (2010) e Žižlavský (2014) sugerem a Equação 1.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \left(\frac{FC_t}{(1+k)^t} \right) - FC_0 \quad (1)$$

Onde: VPL é fluxo de caixa de um investimento, [R\$]; n é número de períodos na linha do tempo, [períodos]; t é o período genérico na linha do tempo, [ano]; k é taxa de custo de capital da empresa, TMA, [% a.a.]; FC_0 é o valor inicial do investimento, [R\$]; e FC_t são os valores futuros das entradas e/ou saídas de caixa a cada data “t”, [R\$].

Para aplicar a Equação 1 é necessário estimar qual a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) do investidor. Sabe-se que qualquer investidor deseja ter como retorno uma quantia

maior que a investida, e por isso, a TMA é uma taxa estabelecida pelo investidor como um retorno razoável para o capital investido (BLANK; TARQUIN, 2012).

Diante disso, o cenário do agronegócio demanda de métodos para analisar as possíveis opções de investimentos. Nessa linha de argumentação, Adusumilli, Davis e Fromme (2016) afirmam que o método do VPL é muito utilizado nas decisões sobre investimentos agrícolas, especialmente no que se refere ao primeiro investimento, auxiliando o agricultor a tomar a decisão sobre os possíveis cenários a se investir.

2.4.2. Taxa interna de retorno

De acordo com Comloffski (2014), a Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa de juros que faz com o VPL seja igual a zero, que significa a rentabilidade projetada do investimento em uma porcentagem de acordo com o fluxo de caixa analisado. Em outras palavras, a TIR é a taxa para o qual no final do projeto a soma dos valores acumulados de todas as entradas é equilibrado numericamente pela soma do acumulado de valores de todas as saídas (PERCOCO; BORGONOVO, 2012). A Equação 2, apontada por Siqueira, Souza e Ponciano (2011), expressa o cálculo da TIR.

$$0 = \sum_{t=1}^n \left(\frac{FC_t}{(1+k)^t} \right) - FC_0 \quad (2)$$

Acresce-se a isso, que a TIR é um procedimento prático, mas que exige do analista cuidados na interpretação de seus resultados, que nesse caso, será a comparação com uma taxa de referência adotada pelo investidor (EHRLICH; MORAES, 2013). Dessa maneira, no entendimento de Casarotto Filho e Kopittke (2010), essa taxa de comparação será a TMA do investidor. Se a TIR resultar em um valor abaixo da TMA isso significa que o investimento renderá menos que do que o mínimo esperado pelo investidor, então, o risco do projeto aumenta quanto mais a TIR se aproxima da TMA (RIBASKI; HOEFLICH; RIBASKI, 2009).

2.4.3. Simulação Monte Carlo

As técnicas de simulação são relevantes ferramentas para prever e minimizar riscos, bem como compreender as incertezas de um projeto (MONTEIRO; SANTOS; WERNER, 2012). Para Lin e Chen (2015), a simulação viabiliza a análise de cenários hipotéticos sem

que seja necessário executá-los fisicamente, o que seria irrealizável para os investidores. Com isso, a simulação serve de apoio para compreender as transformações que podem ocorrer se alguma variável for alterada (Martins, 2013), o que servirá de apoio para a tomada de decisão dos investidores.

Deste modo, a Simulação Monte Carlo (SMC) oferece ao investidor uma visão das alternativas fazendo com que este tome conhecimento dos possíveis resultados que as decisões tomadas podem gerar (ROSÁRIO et al., 2015). Souza et al. (2015) apontam que a SMC possui uma metodologia de avaliação interativa de um modelo determinístico, fazendo uso de números randomizados como entradas. Para Blank e Tarquin (2012), o critério da SMC para a análise na engenharia econômica segue 7 passos – todos descritos no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1: Passos para o critério de Simulação Monte Carlo

Nº	Passo	Descrição
1	Formular alternativa(s)	Criar cada uma das alternativas na forma que deve ser considerada pelos métodos de análise da engenharia econômica e escolher a medida de valor sobre a qual basear a decisão final.
2	Parâmetros com variação	Selecionar os parâmetros, em cada alternativa, que devem ser tratados como variáveis aleatórias. Estimar valores para todos os parâmetros restantes.
3	Determinar distribuições de probabilidade	Determinar se as variáveis são discretas ou contínuas e descrever uma distribuição de probabilidade para cada uma delas.
4	Amostragem aleatória	Definir uma amostra de tamanho n para cada variável.
5	Cálculo da medida de valor	Calcular n valores da medida de valor escolhida com base na(s) relação(ões) do Passo 1. Utilizar as estimativas feitas com certeza e os n valores amostrais para os parâmetros variáveis.
6	Descrição da medida de valor	Construir uma distribuição de probabilidade da medida de valor utilizando de 10 a 20 células de dados e calcular medidas como média, desvio padrão e outras probabilidades relevantes.
7	Concluir	Realizar as conclusões de cada alternativa e decidir qual deve ser a escolhida.

Fonte: Adaptado de Blank e Tarquin (2012).

Através do Quadro 1 é possível realizar a SMC no âmbito da engenharia econômica. Para complementar, se por um lado, na visão de Sabbag e Costa (2015), a SMC possui vantagens como: (1) os *softwares* realizam o trabalho de gerar os valores aleatórios; (2) os resultados da simulação são facilmente aceitos pois a legitimidade da teoria de simulação é reconhecida; e (3) é simples fazer modificações no modelo caso necessário, e os novos resultados podem ser comparados com os obtidos anteriormente. Por outro lado, Zago et al. (2006) ponderam que esse método também apresenta desvantagens, tais como: a

complexidade matemática que exige, determinar as distribuições de probabilidade corretamente e o próprio desenvolvimento computacional na geração dos números aleatórios.

3. Procedimentos Metodológicos

A metodologia adotada neste trabalho é apresentada em três subseções, a saber: a primeira descreve o cenário onde foi realizada a pesquisa; enquanto a segunda subseção trata dos aspectos metodológicos que nortearam o estudo e, por fim, a terceira e última subseção apresenta as etapas necessárias para atingir o objetivo proposto neste artigo.

3.1. Cenário

Este estudo envolveu a cidade de São Gabriel/RS. Para coletar informações sobre a produção de arroz da região foi utilizada uma propriedade do município. Na Figura 2 visualiza-se o mapa do Brasil indicando o Estado do Rio Grande do Sul, e em sua região da campanha central, a cidade de São Gabriel/RS.

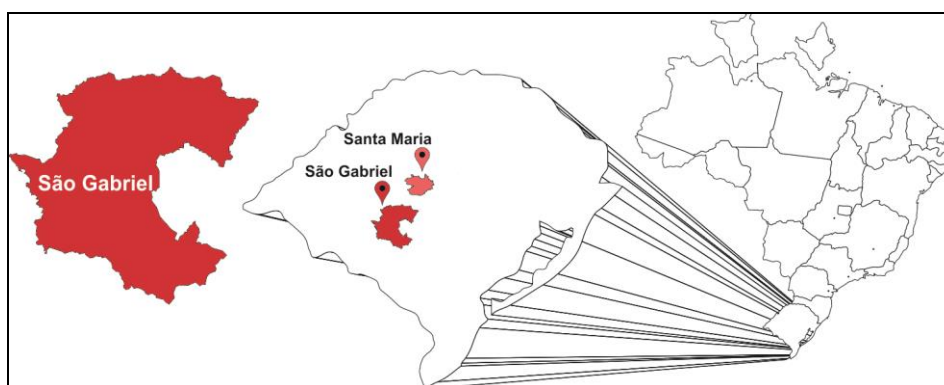


Figura 2: Mapa do local de aplicação da pesquisa

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

Essa região da Figura 2 apresenta historicamente uma grande produtividade de arroz, e para ratificar isso, os dados das produtividades municipais da safra 2014/15 apresentadas pelo Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA, 2016a) podem ser observadas no Quadro 2. É notório que São Gabriel/RS destina uma grande quantidade de hectares à produção de arroz e que possui uma produtividade média por hectare maior que a do restante do Brasil.

Quadro 2: Produtividade municipal da safra 2014/15

Município	Área semeada	Área perdida	Área colhida	Produtividade	Produção
-----------	--------------	--------------	--------------	---------------	----------

	(ha)	(ha)	(ha)	(kg/ha)	(t)
São Gabriel/RS	33.500	0	33.500	8.015	268.500

Fonte: Instituto Rio Grandense do Arroz (2016).

Os dados do Quadro 2 ao serem comparados com a produtividade média nacional apresentada pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2016), que foi de 5.419 kg/ha na safra de 2014/15, demonstram que as regiões possuem solo e clima favoráveis para a rizicultura. No entanto, um fator importante influenciou no cenário produtivo de arroz para as regiões estudadas na safra de 2015/16 e, conseqüentemente, na viabilidade econômica, é o fenômeno *El Niño*. Isso porque através do relatório produtividade da safra 2015/16 apresentada pelo Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA, 2016b), nota-se a uma redução de produtividade, pois em São Gabriel/RS a produtividade foi de 7.129 kg/ha. Por causa dessa intempérie, os cálculos deste estudo foram realizados a partir da produtividade da safra 2014/15.

A propriedade onde foi realizada a coleta de dados situa-se nesta região. A mesma é classificada como um grande agricultor, por possuir 900 hectares destinados somente a produção de arroz. Este possui todos os tratores, colheitadeiras, veículos, equipamentos e silos para realizar, respectivamente, a plantação, a colheita, o transporte interno, a manutenção da propriedade, a armazenagem e a secagem do arroz colhido.

3.2. Método de pesquisa

O presente estudo classifica-se quanto à natureza como aplicado e denota uma abordagem quantitativa. A pesquisa de natureza aplicada busca compreender problemas elencados no cenário de vivência do pesquisador e fornecem informações que acrescentam conhecimento científico à sociedade (GIL, 2010). No contexto da abordagem, esta tem como característica empregar a quantificação, ou seja, fazer com que tudo seja mensurado numericamente, desde a coleta das informações até a sua análise final (MATIAS-PEREIRA, 2012).

No que tangem os objetivos, esta pesquisa enquadra-se como descritiva, que tem por finalidade descrever ou traçar informações sobre um assunto em particular (KLEIN et al., 2015). Além disso, Gil (2010) complementa que a pesquisa descritiva também pode ter como objetivo avaliar possíveis relações entre variáveis. Esta classificação aplica-se a este estudo

devido a descrição dos cenários de diferentes custos e retornos, o qual serão analisadas as variáveis recorrentes e suas relações.

Por conseguinte, a maneira através da qual este trabalho é realizado, no que se refere aos procedimentos, qualifica-se, primeiramente, como bibliográfico e, posteriormente, uma modelagem e simulação de dados. Na pesquisa bibliográfica são utilizados tanto dados primários como dados secundários, pois todo estudo necessita de um levantamento sob várias fontes. Complementarmente, na concepção de Marconi e Lakatos (2010), a pesquisa bibliográfica busca reunir todo o conhecimento de obras já publicadas sobre determinado assunto e esse é visto em livros, revistas científicas, anais de trabalhos científicos, imprensa crítica, entre outros.

Já o procedimento de modelagem e simulação ocorreu por meio da Simulação Monte Carlo. Essa simulação surgiu durante a Segunda Guerra Mundial e objetiva analisar e resolver problemas fazendo uso de números aleatórios e probabilidades (MARTINS; MELLO; TURRIONI, 2014). Os mesmos autores afirmam que presentemente, através dos melhores *softwares* de simulação, é necessário e possível dar maior ênfase à sistemática de análise dos resultados do que a programação e depuração, o que torna viável a utilização desse procedimento. De encontro a isso, para esse estudo, foi utilizado o *Software Oracle Crystal Ball*[®] – versão 11.1.2.3.500 – que é baseado em planilha para modelagem, simulação e otimização.

3.3. Etapas da pesquisa

As etapas para a realização deste estudo são aliadas aos procedimentos elencados na seção anterior, ou seja, essas etapas englobaram a revisão de literatura, a coleta de dados e a respectiva análise. As etapas podem ser melhor visualizadas na Figura 3 **Figura** .

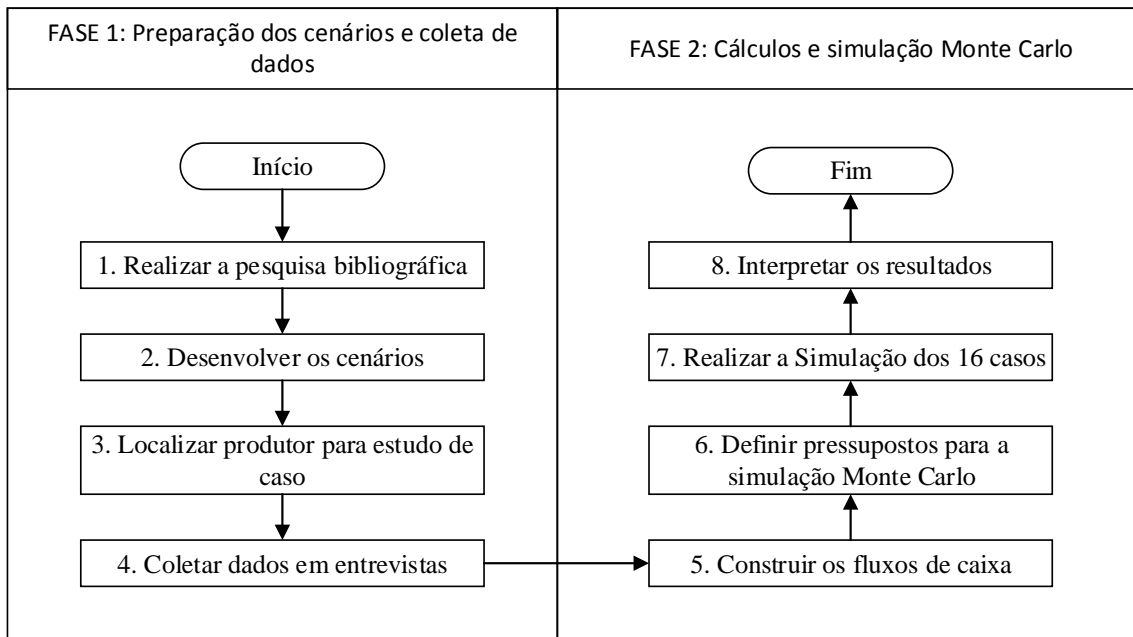


Figura 3: Fluxograma da pesquisa

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

A pesquisa encontra-se dividida em duas fases (Figura 3) descritas a seguir. A Fase 1 refere-se à preparação dos cenários, onde foi realizada uma pesquisa bibliográfica e documental, cujo objetivo era compreender os estudos já realizados neste tema e identificar qual a lacuna a ser estudada (exibidos nos Capítulos 1 e 2). Como a rizicultura é muito importante para o desenvolvimento econômico do Estado do Rio Grande do Sul, diversos estudos e relatórios são desenvolvidos pelo IRGA. Estes relatórios auxiliaram na definição dos principais cenários de produção presentes no Estado, pois são publicados relatórios técnicos e econômicos de diversas regiões a cada safra. Neste sentido, foi construído 2 cenários de estudo de viabilidade econômica:

- I. Cenário 1: Agricultores que adquirem todos os tratores, colheitadeiras, veículos, equipamentos e silos; e
- II. Cenário 2: Agricultores que não adquirem os tratores, colheitadeiras, alguns equipamentos e silos. Para isso, estes devem alugar os tratores, as colheitadeiras e negociar sua produção com as cooperativas da região.

Após a definição dos dois cenários econômicos recorrentes na produção de arroz foi necessário selecionar a extensão das propriedades de produção a serem simuladas. Com o objetivo de abranger tanto os pequenos como os grandes agricultores, foi determinado que cada cenário iria variar de 25ha até 1000ha, totalizando 16 casos. Sequencialmente, foram

investigadas quais as regiões de maior produção de arroz do Estado e que essa região tivesse como principal *commodity* o arroz, dado que a soja também é uma importante *commodity* no Estado. Deste modo, a cidade de São Gabriel foi selecionada para fins de análise, como supracitado na Seção 3.1.

Para a seleção da propriedade investigada alguns requisitos foram considerados, a saber: (1) a propriedade deveria produzir apenas arroz a fim de que o maquinário estivesse dedicado a rizicultura; (2) a propriedade deveria produzir arroz há, no mínimo, 10 safras, para que a experiência enriquecesse o estudo na entrevista; e (3) a propriedade deveria representar totalmente a situação do cenário 1 ou do cenário 2. A entrevista foi realizada com o proprietário – que assume a posição de administrador – tomando todas as decisões com relação à produção e aos investimentos.

A Fase 2 diz respeito a todos os cálculos e a simulação Monte Carlo. Essa fase teve início com a construção dos componentes de custos variáveis de cada cenário, seguido dos custos fixos para cada cenário combinadas a cada caso de quantidade de hectares. Para cada área do Cenário 1 foi estudado o dimensionamento de maquinário e de silos. Salienta-se que todos os custos são detalhados na Seção 4.1 para cada um dos 16 casos.

Na sequência, foram construídos todos os fluxos de caixa supramencionados na Seção 4.2. Após a construção dos 16 fluxos de caixa, foram realizados os cálculos de engenharia econômica para a análise de investimentos, os VPLs e TIR de cada caso. Após isso, foram construídos os pressupostos das variáveis da simulação, bem como suas respectivas distribuições de probabilidade, discutidos na Seção 4.3. Por fim, foi realizada a simulação Monte Carlo com o auxílio do *Software Oracle Crystal Ball*[®], selecionados os resultados gráficos e interpretados os resultados.

4. Resultados e Discussões

Em consonância com o objetivo, nesta seção constam os resultados obtidos na pesquisa em três subseções. A primeira exhibe a construção dos cenários a serem simulados, com seus respectivos custos variáveis e fixos e a discussão sobre as principais diferenças entre estes cenários. Na sequência, a segunda subseção apresenta a construção dos fluxos de caixa, exibindo como exemplo o estudo de caso. A terceira e última subseção remete à simulação Monte Carlo dos cenários construídos e a interpretação dos resultados.

4.1. Construção dos cenários

A capacidade de adquirir máquinas e implementos agrícolas sem comprometer grande parte da renda não é comumente presente nos agricultores do Rio Grande do Sul. Para isso, existem alternativas de reduzir o capital inicial investido e ainda assim produzir a safra. Para este caso, o agricultor deve alugar os tratores para todas as etapas de plantio, alugar colheitadeiras para o período de colheita e negociar o arroz colhido com as cooperativas da região, a fim de secar e armazenar o produto.

Por outro lado, com alto capital inicial investido, tem-se o agricultor que adquire os tratores necessários, a colheitadeira e, além disso, compra seu próprio silo para secagem e armazenagem, tendo então, o poder de negociação do seu produto no período mais desejável para venda. Estes dois cenários são os principais tratados neste estudo. Soma-se a isso, que a quantidade de hectares de cada agricultor varia desde os agricultores familiares, até os grandes agricultores, como visualiza-se na Figura 4.

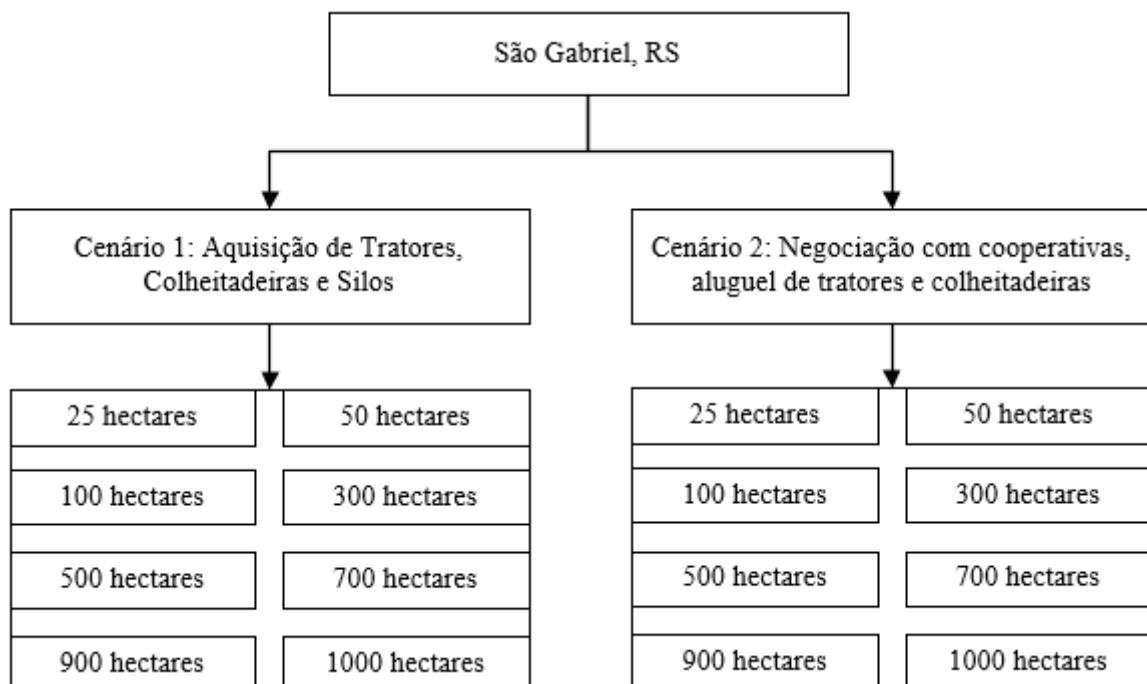


Figura 4: Cenários estudados

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

As quantidades de hectares escolhidos para a simulação, apresentados na Figura 4, englobam tanto agricultores familiares quanto os grandes agricultores. Sabe-se que até uma quantidade de 300 hectares plantados, o agricultor não tem a necessidade de um administrador

do negócio, e por isso, foi selecionado quatro valores de quantidade de hectares antes de possuir administrador e quatro valores de quantidades de hectares que tem a necessidade de possuir administrador.

Para seguimento da construção dos cenários foi necessário coletar os custos variáveis por hectare, e é neste momento que é inserida a cidade de São Gabriel/RS como estudo de caso. Com isso, foi selecionado para coleta de dados uma propriedade rural da cidade com 900 hectares de produção de arroz. Por meio da entrevista realizada com o proprietário, foram coletados os dados apresentados referentes aos produtos, frete, secagem e aluguel de tratores, colheitadeiras e equipamentos, disposto no Quadro 3.

Quadro 3: Custos variáveis de produção

Itens de custo	Custos (por hectare)	
	Cenário 1	Cenário 2
1. Combustível	R\$ 351,03	R\$ 71,25
2. Energia Elétrica irrigação	R\$ 257,52	R\$ 257,52
3. Produtos		
3.1 - Produtos para dessecação do solo	R\$ 196,00	R\$ 196,00
3.2 - Sementes	R\$ 200,00	R\$ 200,00
3.3 - Defensivo agrícola	R\$ 61,00	R\$ 61,00
3.4 - Adubo (base a cobertura)	R\$ 490,00	R\$ 490,00
3.5 - Produtos para controle de plantas daninhas	R\$ 340,00	R\$ 340,00
3.6 - Produtos para controle de pragas e doenças	R\$ 140,00	R\$ 140,00
4. Aviação	R\$ 208,63	R\$ 208,63
5. Frete		
5.1 Frete dos produtos comprados	R\$ 34,57	R\$ 34,57
5.2 Frete do arroz colhido	R\$ 00,00	R\$ 288,10
6. Transportes internos	R\$ 47,12	R\$ 47,12
7. Administrador	R\$ 60,97	R\$ 60,97
8. Taxas (CDO, FUNRURAL, LICENCIAMENTO)	R\$ 231,62	R\$ 231,62
9. Secagem	R\$ 207,82	R\$ 429,82
10. Salários	R\$ 455,93	R\$ 455,93
11. Reformas e manutenções	R\$ 548,51	R\$ 548,51
12. Aluguel de tratores e equipamentos	R\$ 00,00	R\$ 1.868,48
Total de custos variáveis	R\$ 3.830,62	R\$ 5.929,41

Fonte: Dados da pesquisa (2016) e IRGA (2016c).

Ao observar o Quadro 3, nota-se os custos relativos à combustível, irrigação, aviação, transportes internos, administrador, taxas, salários e manutenção foram introduzidos. Custos estes difíceis de mensurar e de coletar com os agricultores. Para isso, como forma de complementar o fluxo de caixa, foi determinado que alguns custos seriam contabilizados através dos custos apresentados pelo IRGA (2016c) em seu relatório de Custos de Produção de Arroz.

Entre os cenários 1 e 2 existem grandes diferenças, já que ao não investir em maquinário e silos, os custos variáveis são mais altos. O custo com combustível é menor no Cenário 2, porque o valor gasto com combustível para o trator e colheitadeira estão inclusos no aluguel dos mesmos. O custo com frete do arroz colhido é inexistente no Cenário 1, pois, quando o agricultor possui silos e vende seu arroz, é o comprador quem paga o frete, já quando se negocia com cooperativas, o valor do frete é pago pelo agricultor (Cenário 2).

O custo com secagem é calculado através do preço médio do arroz do último ano, sendo de 3% para o agricultor do Cenário 1 e 7% para o agricultor do Cenário 2. Por fim, o custo de aluguel de tratores é de 2 sacos por hectare incluindo combustível (utiliza-se nas 6 etapas) e da colheitadeira de 12% da colheita, somado ao combustível, que é de em média 25litros/hectare e o custo do litro de R\$ 2,83 (Cenário 2). Vale ressaltar que o custo com administrador só é presente para 300 hectares em diante em ambos cenários.

Em seguida, foi necessário estipular os custos fixos e estes variam em itens entre os dois grandes cenários e em número entre os valores de quantidades de hectares. O Quadro 4 apresenta os equipamentos necessários para a produção de 100 hectares, dados informados pelo IRGA (2016c).

Quadro 4: Investimento em maquinário, equipamentos e veículos

Itens de compra	Valor de compra	
	Cenário 1	Cenário 2
Trator 80-100 CV	R\$ 127.500,00	R\$ 00,00
Trator 120 CV	R\$ 173.750,00	R\$ 00,00
Colheitadeira	R\$ 563.000,00	R\$ 00,00
Veículo	R\$ 43.975,00	R\$ 43.975,00
Equipamentos	R\$ 90.200,00	R\$ 12.000,00
Total	R\$ 998.425,00	R\$ 55.975,00

Fonte: Adaptado de IRGA (2016c).

Devido à dificuldade de estabelecer o real dimensionamento de máquinas foi adotado os dados do Quadro 4, que contemplam a quantidade de máquinas utilizadas para a produção de 100 hectares e foi multiplicada essa quantidade de acordo com o incremento de hectares. Apenas para 25 e 50 hectares que foi usada uma colheitadeira de menor valor, de R\$ 350.00,00. Além desses custos, para o Cenário 1 também é necessário incluir o investimento em silos, apresentados no Quadro 5.

Quadro 5: Investimento em silos

Quantidade de hectares (ha)	Produção (Sacos de 50Kg)	Valor de compra
-----------------------------	--------------------------	-----------------

25	4.007,5	R\$ 80.000,00
50	8.015	R\$ 110.000,00
100	16.030	R\$ 110.000,00
300	48.090	R\$ 300.000,00
500	80.150	R\$ 440.000,00
700	112.210	R\$ 550.000,00
900	144.270	R\$ 770.000,00
1000	160.300	R\$ 880.000,00

Fonte: Dados da pesquisa (2016).

De acordo com os dados coletados na propriedade de São Gabriel/RS, percebe-se que o valor dos silos tem uma alta variação, para tanto, foi escolhido para base de cálculo um silo para 5.000 sacos de arroz no valor de R\$ 80.000,00 e um silo de 22.000 sacos de R\$ 110.000,00 e foram multiplicadas as quantidades necessárias de acordo com a produção do cenário (Quadro 5 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

4.2. Construção dos fluxos de caixa

Como princípio para a simulação Monte Carlo, ainda, é necessário elaborar os fluxos de caixa de cada cenário. Nesse sentido, foram construídos 16 fluxos de caixa, considerando que a vida econômica cursasse 10 anos, que é o período que leva para depreciar todos os equipamentos. O imposto de renda utilizado foi o mais simples, de 7,5%. A taxa mínima de atratividade considerada nos cálculos foi baseada na taxa básica de juros da economia brasileira, a taxa Selic, que teve como média do mês de setembro de 2016 o valor de 14,15% (Banco Central do Brasil, 2016), e o risco considerado foi de 2%, totalizando uma TMA de 16,15%.

O benefício fiscal da depreciação de veículos e equipamentos foi utilizado para reduzir o valor do imposto de renda, subtraindo do lucro bruto. Para isso, foi empregada a depreciação de 25% para os tratores, colheitadeiras e veículos e de 10% para os equipamentos e silos. Percebe-se que nem todos os investimentos foram realizados no tempo zero. Isso acontece porque para plantar a safra são necessários apenas os tratores, veículos e equipamentos anexos aos tratores. Sendo assim, os silos e as colheitadeiras só são adquiridos na entrada do primeiro ano.

Como a vida econômica considerada foi de 10 anos, não é necessário semear e colher no décimo ano, sendo eliminados todos os custos variáveis, o que torna a receita deste ano muito mais alta, auxiliando na viabilização do projeto. O Quadro 6 apresenta o fluxo de caixa

referente ao agricultor que forneceu os dados. Este se enquadra no Cenário 1 e possui uma plantação de arroz de 900 hectares em São Gabriel/RS. A análise de viabilidade econômica através do VPL foi positiva, com valor de R\$ 1.280.612,37 e a TIR, com 19%, superou a TMA de 16,15%. Também é relevante que o fluxo de caixa acumulado torna-se positivo do período 4 para o período 5, resultando este período como o tempo de retorno de investimento.

Quadro 6: Fluxo de caixa do Cenário 1 com 900 hectares

Tempo (ano)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I. Custos Variáveis											
1. Combustível	RS 315.927,00	RS 315.927,00	RS 315.927,00	RS 315.927,00	RS 315.927,00	RS 315.927,00	RS 315.927,00	RS 315.927,00	RS 315.927,00	RS 315.927,00	RS -
2. Energia elétrica irrigação	RS 231.768,00	RS 231.768,00	RS 231.768,00	RS 231.768,00	RS 231.768,00	RS 231.768,00	RS 231.768,00	RS 231.768,00	RS 231.768,00	RS 231.768,00	RS -
3. Produtos											
3.1 - Dessecação do solo	RS 176.400,00	RS 176.400,00	RS 176.400,00	RS 176.400,00	RS 176.400,00	RS 176.400,00	RS 176.400,00	RS 176.400,00	RS 176.400,00	RS 176.400,00	RS -
3.2 - Sementes	RS 180.000,00	RS 180.000,00	RS 180.000,00	RS 180.000,00	RS 180.000,00	RS 180.000,00	RS 180.000,00	RS 180.000,00	RS 180.000,00	RS 180.000,00	RS -
3.3 - Defensivo agrícola	RS 54.900,00	RS 54.900,00	RS 54.900,00	RS 54.900,00	RS 54.900,00	RS 54.900,00	RS 54.900,00	RS 54.900,00	RS 54.900,00	RS 54.900,00	RS -
3.4 - Adubo	RS 441.000,00	RS 441.000,00	RS 441.000,00	RS 441.000,00	RS 441.000,00	RS 441.000,00	RS 441.000,00	RS 441.000,00	RS 441.000,00	RS 441.000,00	RS -
3.5 - Controle de plantas daninhas	RS 306.000,00	RS 306.000,00	RS 306.000,00	RS 306.000,00	RS 306.000,00	RS 306.000,00	RS 306.000,00	RS 306.000,00	RS 306.000,00	RS 306.000,00	RS -
3.6 - Controle de pragas e doenças	RS 126.000,00	RS 126.000,00	RS 126.000,00	RS 126.000,00	RS 126.000,00	RS 126.000,00	RS 126.000,00	RS 126.000,00	RS 126.000,00	RS 126.000,00	RS -
4. Aviação	RS 187.767,00	RS 187.767,00	RS 187.767,00	RS 187.767,00	RS 187.767,00	RS 187.767,00	RS 187.767,00	RS 187.767,00	RS 187.767,00	RS 187.767,00	RS -
5. Frete											
5.1 Frete dos produtos comprados	RS 31.113,00	RS 31.113,00	RS 31.113,00	RS 31.113,00	RS 31.113,00	RS 31.113,00	RS 31.113,00	RS 31.113,00	RS 31.113,00	RS 31.113,00	RS -
5.2 Frete do arroz colhido	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -
6. Transportes internos	RS 42.408,00	RS 42.408,00	RS 42.408,00	RS 42.408,00	RS 42.408,00	RS 42.408,00	RS 42.408,00	RS 42.408,00	RS 42.408,00	RS 42.408,00	RS -
7. Administrador	RS 54.873,00	RS 54.873,00	RS 54.873,00	RS 54.873,00	RS 54.873,00	RS 54.873,00	RS 54.873,00	RS 54.873,00	RS 54.873,00	RS 54.873,00	RS -
8. Taxas	RS 208.458,00	RS 208.458,00	RS 208.458,00	RS 208.458,00	RS 208.458,00	RS 208.458,00	RS 208.458,00	RS 208.458,00	RS 208.458,00	RS 208.458,00	RS -
9. Secagem	RS 187.042,05	RS 187.042,05	RS 187.042,05	RS 187.042,05	RS 187.042,05	RS 187.042,05	RS 187.042,05	RS 187.042,05	RS 187.042,05	RS 187.042,05	RS -
10. Salários	RS 410.337,00	RS 410.337,00	RS 410.337,00	RS 410.337,00	RS 410.337,00	RS 410.337,00	RS 410.337,00	RS 410.337,00	RS 410.337,00	RS 410.337,00	RS -
11. Reformas e manutenções	RS 493.569,00	RS 493.569,00	RS 493.569,00	RS 493.569,00	RS 493.569,00	RS 493.569,00	RS 493.569,00	RS 493.569,00	RS 493.569,00	RS 493.569,00	RS -
12. Aluguel: tratores e coheitadeiras	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -	RS -
Total de custos variáveis	RS 3.447.562,05	RS 3.447.562,05	RS 3.447.562,05	RS 3.447.562,05	RS 3.447.562,05	RS 3.447.562,05	RS 3.447.562,05	RS 3.447.562,05	RS 3.447.562,05	RS 3.447.562,05	RS -
II. Custos Fixos											
1.1 - Trator 80-100 cv	RS 1.147.500,00	RS -									
1.2 - Trator 120 cv	RS 1.563.750,00	RS -									
1.3 - Colheitadeira	RS -	RS 5.067.000,00									
1.4 Veículos	RS 395.775,00	RS -									
1.5 Equipamentos	RS 811.800,00	RS -									
1.6 Silos	RS -	RS 770.000,00									
Total de custos fixos	RS 3.918.825,00	RS 5.837.000,00									
III - Receitas											
Venda		RS 6.234.735,05	RS 6.234.735,05	RS 6.234.735,05	RS 6.234.735,05	RS 6.234.735,05	RS 6.234.735,05	RS 6.234.735,05	RS 6.234.735,05	RS 6.234.735,05	RS 6.234.735,05
Total receitas		RS 6.234.735,05	RS 6.234.735,05	RS 6.234.735,05	RS 6.234.735,05	RS 6.234.735,05	RS 6.234.735,05	RS 6.234.735,05	RS 6.234.735,05	RS 6.234.735,05	RS 6.234.735,05
(-) Lucro bruto	-RS 7.366.387,05	RS 3.049.827,00	RS 2.787.173,00	RS 2.787.173,00	RS 2.787.173,00	RS 2.787.173,00	RS 2.787.173,00	RS 2.787.173,00	RS 2.787.173,00	RS 2.787.173,00	RS 6.234.735,05
(-) Depreciação		RS 857.936,25	RS 2.201.686,25	RS 2.201.686,25	RS 2.201.686,25	RS 1.424.930,00	RS 158.180,00	RS 158.180,00	RS 158.180,00	RS 158.180,00	RS 158.180,00
(-) Lucro antes do IR	-RS 7.366.387,05	RS 3.907.763,25	RS 585.486,75	RS 585.486,75	RS 585.486,75	RS 1.362.243,00	RS 2.628.993,00	RS 2.628.993,00	RS 2.628.993,00	RS 2.628.993,00	RS 6.076.555,05
(-) Imposto de Renda (7,5%)	RS -	RS -	RS 43.911,51	RS 43.911,51	RS 43.911,51	RS 102.168,22	RS 197.174,47	RS 197.174,47	RS 197.174,47	RS 197.174,47	RS 455.741,63
(=) Lucro líquido	-RS 7.366.387,05	RS 3.049.827,00	RS 2.743.261,49	RS 2.743.261,49	RS 2.743.261,49	RS 2.685.004,77	RS 2.589.998,52	RS 2.589.998,52	RS 2.589.998,52	RS 2.589.998,52	RS 5.778.993,42
(-) Fluxo de caixa acumulado	-RS 7.366.387,05	RS 10.416.214,05	-RS 7.672.952,56	-RS 4.929.691,07	-RS 2.186.429,58	RS 498.575,20	RS 3.088.573,72	RS 5.678.572,25	RS 8.268.570,77	RS 10.858.569,29	RS 16.637.562,72
VPL	RS 1.280.612,37										
TIR	19%										

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

4.3. Simulação Monte Carlo

Para realizar a simulação, primeiro foram escolhidos os pressupostos e construídos os parâmetros de variação, conforme constam no Quadro 7. Os pressupostos são os componentes do fluxo de caixa que compõem o cálculo do VPL, nesse caso: (1) custos iniciais, são todos os

investimentos iniciais; (2) receita, é o lucro líquido dos períodos; (3) receita do 10º período, é a receita de valor mais alto, pois não existem os custos de plantar; (4) TMA e (5) vida econômica.

Quadro 7: Pressupostos da simulação Monte Carlo

Pressupostos	Variação		Distribuição de probabilidade
	Até 300 ha	Acima 300 ha	
Custos iniciais	De -20% a 20%	De -30% a 10%	Uniforme
Receita	Desvio padrão de 20%	Desvio padrão de 20%	Normal
Receita 10º período	Desvio padrão de 20%	Desvio padrão de 20%	Normal
TMA	De -20% a 20%	De -20% a 20%	Triangular
Vida econômica	De -20% a 20%	De -20% a 20%	Triangular

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

Na variação dos pressupostos, deve-se inserir dados que irão variar aleatoriamente dentro do período estimado. Para isso, é necessário inserir um valor máximo e mínimo para a distribuição uniforme, valor médio e desvio padrão para a distribuição normal, e valor mínimo, médio e máximo para distribuição triangular. Diante disso, a variação dos custos iniciais para pequenos agricultores tende a ser maior, devido ao menor poder de negociação, já para os grandes agricultores, podem ser menores, já que os descontos para grandes compras são mais representativos (Quadro 7 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Logo após, foi realizada a simulação Monte Carlo. Para tal, simulou-se cada fluxo de caixa, dos 8 casos de cada cenário, totalizando 16 simulações. Cada simulação possui 10.000 avaliações, utilizando os pressupostos apontados e obteve-se como resultado os dados apresentados no Quadro 8. O referido Quadro apresenta as dezesseis simulações e os respectivos valores empregados como pressupostos, como custo inicial, receita, receita do 10º período, além da TMA e da vida econômica que é semelhante a todos.

O VPL calculado nos fluxos de caixa também é exibido e os resultados da simulação informados pelo *software* são o VPL médio, que se refere a média dos VPLs calculados e a probabilidade de o investidor obter lucro.

Quadro 8: Simulação Monte Carlo

Cenário (ha)	Custo Inicial (R\$)	Receita (R\$)	Receita 10º período (R\$)	VPL calculado (R\$)	VPL médio (R\$)	Prob. de lucro (%)	
25	Cenário 1	898.765,07	78.945,72	161.474,55	-508.097,44	-504.227,68	0
	Cenário 2	202.686,10	25.404,82	160.288,05	-51.876,36	-52.565,93	6,01
50	Cenário 1	1.018.757,51	157.891,44	321.672,61	-239.797,71	-232.100,62	11,11

	Cenário 2	349.397,19	49.895,11	320.486,11	-50.510,60	-53.445,55	20,91
100	Cenário 1	1.390.072,85	310.629,89	642.293,71	154.303,22	158.888,86	67,44
	Cenário 2	642.819,38	98.875,69	640.882,21	-47.779,06	-55.293,35	32,82
300	Cenário 1	4.162.758,49	914.745,50	1.926.656,14	390.844,97	408.966,44	65,45
	Cenário 2	1.946.749,14	279.707,90	1.922.646,64	-239.161,75	-261.988,97	23,46
500	Cenário 1	6.886.428,67	1.524.125,83	3.210.643,57	701.290,19	1.438.707,38	81,06
	Cenário 2	3.244.581,90	466.179,84	3.204.411,07	-398.602,91	-101.507,46	43,49
700	Cenário 1	9.584.347,77	2.133.281,16	4.494.405,99	1.036.676,36	2.025.579,46	81,30
	Cenário 2	4.542.414,66	652.651,78	4.486.175,49	-558.044,07	-156.087,99	41,94
900	Cenário 1	12.376.687,48	2.743.261,49	5.778.993,42	1.280.612,37	2.563.355,93	80,33
	Cenário 2	5.840.247,42	839.123,71	5.767.939,92	-717.485,24	-211.440,47	42,09
1000	Cenário 1	13.772.857,33	3.048.251,66	6.421.287,13	1.402.580,38	2.848.137,31	80,68
	Cenário 2	6.489.163,80	932.359,68	6.408.822,13	-797.205,82	-231.485,00	42,32

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

Pela análise do Quadro 8 se observa o comportamento econômico de cada simulação. Existem três principais resultados descritos a seguir. Primeiro, os casos de 25ha e 50ha assemelham-se quanto ao cenário de maior probabilidade de lucro, o Cenário 2. Porém, para ambos os cenários o VPL deu negativo, sendo o mais inviável o VPL médio de -R\$ 504.227,68 para o Cenário 1 de 25ha. Segundo, os casos de 100ha a 300ha são semelhantes, onde o Cenário 1 torna-se mais rentável que o Cenário 2, atingindo uma média de 65% de probabilidade de lucro e um VPL médio de R\$ 408.966,44, para o caso de 300ha do Cenário 1.

Em terceiro são classificados os casos de 500ha a 1000ha. Sendo que, para os grandes agricultores, onde o poder de compra é alto, a probabilidade de lucro do Cenário 1 é de em média 80%. Sendo que, se aplicado o real dimensionamento de máquinas, do caso de 500ha para 1000ha, a probabilidade deve aumentar. Em suma, o primeiro momento em que o VPL é positivo é o de 100ha do Cenário 1, e este cenário só aumenta sua rentabilidade até o VPL médio de R\$ 2.848.137,31 de 1000ha do Cenário 1. Já para o Cenário 2 o que ocorre é diferente, pois apresenta-se negativo em todos os casos.

Para compreender melhor o resultado desta simulação, observa-se os gráficos de distribuição de probabilidade do VPL e seus respectivos gráficos de sensibilidade dos pressupostos. A Figura 5 apresenta os gráficos da simulação para 25ha, onde na esquerda está o Cenário 1, com seus dois gráficos e na direita está os gráficos do Cenário 2. A parte azul é positiva e a vermelha negativa.

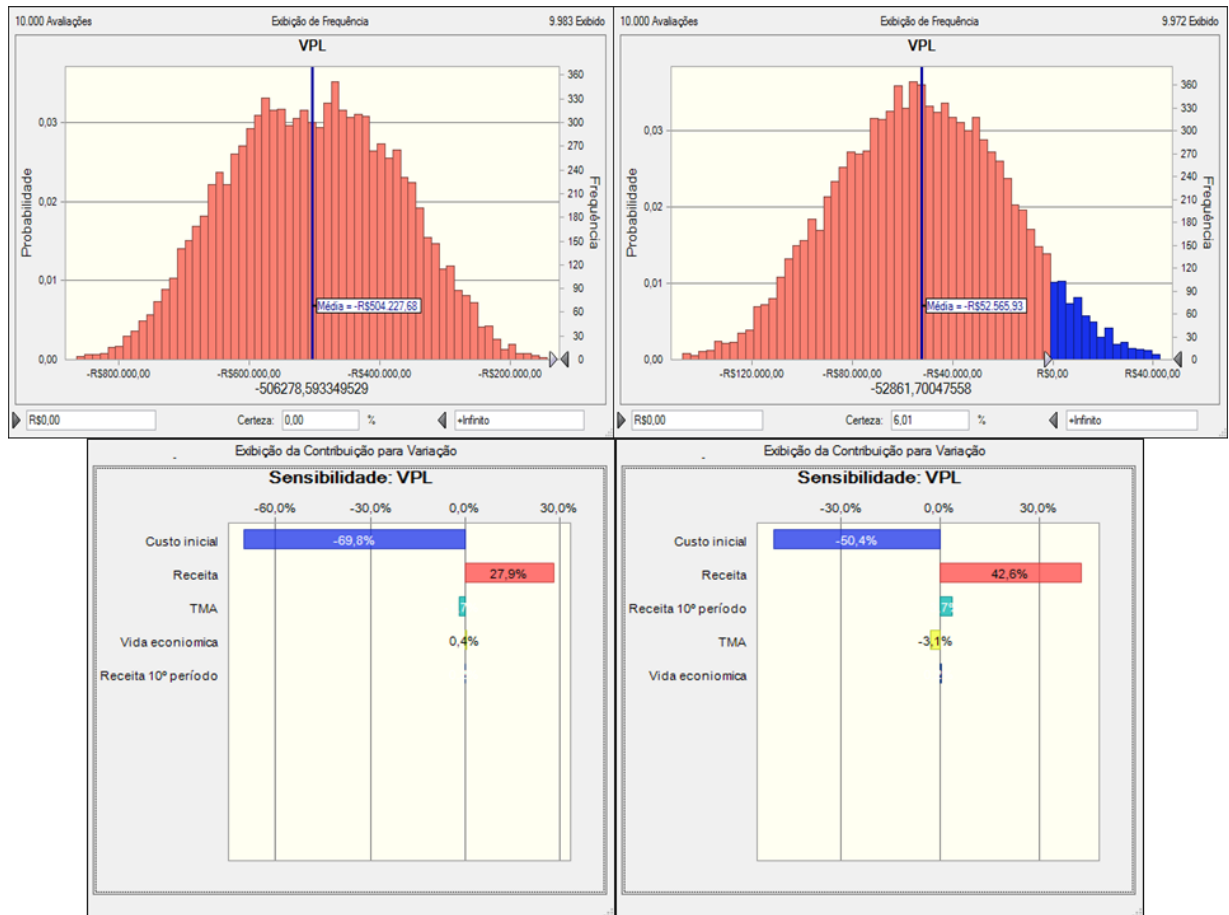


Figura 5: Simulação 25 ha: Cenário 1 (esquerda) e Cenário 2 (direita)

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

Este caso, exibido na Figura 5, é o de menor probabilidade de lucro de todos, sendo que, no Cenário 1 é 100% inviável adquirir os equipamentos, tratores, colheitadeira e silos, pois eleva os custos iniciais para 69,8% do VLP, onde a receita, com 27,9% não consegue pagar por esses investimentos. O Cenário 2 já possui uma probabilidade de lucro, mesmo que, na grande maioria das simulações o VPL tenha sido negativo, ainda é possível refinar a análise do cenário para investir.

Para melhorar a proporção da receita, que é de 42,6%, o agricultor pode tentar eliminar os custos de aluguel dos tratores, utilizando-se de financiamentos a juros baixos dos programas de agricultura familiar do governo. Entretanto, o impacto das intempéries do clima e do valor do saco do arroz sempre será grande. O caso de 1000ha é exibido na Figura 6.



Figura 6: Simulação 1000 ha: Cenário 1 (esquerda) e Cenário 2 (direita)

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

A Figura 6 apresenta os resultados da simulação Monte Carlo para o caso de 1000ha. Este trata-se de um grande agricultor, com poder de venda e negociação. Sendo assim, o Cenário 1 é viável, pois o capital inicial tem impacto de apenas 23,5% do VPL, e os ganhos são de 71,8%, tornando a probabilidade de lucro de 80,68%. Já o Cenário 2 possui um VPL médio negativo, e uma probabilidade de lucro aproximadamente metade que a do Cenário 1, de 42,32%. Isto se deve aos altos custos variáveis, que consomem muito do lucro obtido com a venda do arroz, inviabilizando o projeto.

Deste modo, em geral, as simulações comprovam a força dos grandes agricultores, que em ambos os cenários obtêm probabilidade de lucros superiores aos pequenos agricultores. E para os produtores de 25 e 50 hectares, é interessante intensificar a análise de não adquirir alguns tratores, colheitadeira, equipamentos, para trazer maior probabilidade de lucro aos pequenos agricultores.

5. Considerações Finais

Considerando que a produção de arroz é muito importante para a economia e para a sociedade esta pesquisa teve como objetivo identificar qual é o cenário de maior viabilidade econômica na produção de arroz em São Gabriel, no Rio Grande Sul. Para isso, foi utilizado como método de análise a simulação Monte Carlo de um total de 16 casos, considerando dois cenários econômicos distintos de 8 diferentes quantidades de hectares, que variam de 25ha até 1000ha.

Deste modo, através da simulação, constataram-se três principais resultados. O primeiro engloba os casos de 25ha e 50ha, onde o VPL médio da simulação e a probabilidade de lucro apontaram que é mais viável investir no Cenário 2 (alugar tratores e colheitadeiras e negociar com cooperativas), porém, a inviabilidade de ambos os cenários é alta. O segundo abrange os casos de 100ha e 300ha, onde pela primeira vez apontou-se viabilidade de investimento, todavia, apenas para o Cenário 1, e com equilíbrio de probabilidade de lucro entre os casos.

O terceiro e último resultado inclui os casos de 500ha, 700ha, 900ha e 1000ha. Estes casos apresentam altos valores de VPL médio para o Cenário 1, que crescem constantemente de 500ha até 1000ha, e a probabilidade de lucro mantém-se uma média de 80%. Ademais, também apresentam inviabilidade para o Cenário 2, com probabilidades de lucro de em média 42%. Nesse sentido, o cenário de maior viabilidade econômica é o Cenário 1 para 1000 hectares. Entretanto, para preservar o agricultor familiar, este estudo apresenta a alternativa de plantio com menor capital inicial investido, e que ainda apresenta probabilidade de lucro.

Devido ao alto custo fixo do Cenário 1 e ao alto custo variável do Cenário 2, os pequenos agricultores são prejudicados. Diante disso, é interessante analisar e buscar um equilíbrio entre ambos cenários, onde, por exemplo, o pequeno agricultor invista em tratores para reduzir o custo variável, alugue apenas a colheitadeira, e crie parcerias com cooperativas, buscando maior poder de venda do arroz, em momentos de valorização. Para conseguir esse investimento é essencial o apoio do governo através de financiamentos a juros baixos, redução de impostos, dentre outras alternativas.

Ao findar este trabalho, em termos de contribuição para a literatura, o destaque pode ser atribuído à questão da construção dos diferentes cenários de produção de arroz e na sua análise através da simulação Monte Carlo. Este tipo de simulação permitiu examinar diversas possibilidades de investimento na rizicultura de forma otimizada. Assim, viabilizando a

análise de cenários hipotéticos, isso proporcionará aos produtores de arroz mais uma opção que pode vir a ser considerada no processo de tomada de decisão referente à produção e investimentos que serão realizados para este cultivo.

Ademais, a metodologia deste estudo (a adoção da simulação Monte Carlo) – se observadas às condições e similaridades apresentadas nesta investigação pode ser replicada em diferentes *commodities* do Estado e de outras regiões do país – logo, também contribui para a literatura sob a forma de divulgação deste tipo de método no agronegócio como mais um mecanismo para a análise de investimentos neste setor de atividade.

No mais, por se tratar de uma simulação complexa, com muitas variáveis envolvidas, recomenda-se para pesquisas futuras que seja realizado um estudo do real dimensionamento de máquinas, como também, verificar o impacto dos valores de máximo e mínimo do preço de venda do arroz nos cenários. Além disso, que seja feita uma simulação de compra de alguns equipamentos agrícolas, tornando os cenários menos extremistas, e ainda, uma análise das opções de financiamentos para a aquisição de máquinas agrícolas.

6. Referências

ADKINS, R.; PAXSON, D. The effect of tax depreciation on the stochastic replacement policy. *European Journal of Operational Research*, v. 229, n. 1, p. 155-164, August 2013.

ADUSUMILLI, N.; DAVIS, S.; FROMME, D. Economic evaluation of using surge valves in furrow irrigation of row crops in Louisiana: a net present value approach. *Agricultural Water Management*, v. 174, p. 61-65, August 2016.

AMANOR, K. S.; CHICHAVA, S. South-South Cooperation, Agribusiness, and African Agricultural Development: Brazil and China in Ghana and Mozambique. *World Development*, v. 81, p. 13-23, May 2016.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. *Consulta à taxa selic diária*. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/htms/selic/selicdia.asp>>. Acesso em: 20 set. 2016.

BASSANI, T. P.; BRENDA, L. Análise dos custos de produção, da produtividade e da rentabilidade em relação a três tecnologias de cultivo de arroz irrigado na fazenda São Sebastião, Querência do Norte/PR. *Custos e @gronegócio Online*, v. 8, n. 2, p. 100-131, 2012.

BLANK, L. T.; TARQUIN, A. *Engineering economy*. 7. ed. New York: McGraw-Hill, 2012.

BORNIA, A. C. *Análise gerencial de custos: aplicações em empresas modernas*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. *Gestão de custos e formação de preços*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

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.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKKE, B. H. *Análise de investimentos*. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

COMLOFFSKI, R. *Análise de investimentos e viabilidade financeira das empresas*. São Paulo: Atlas, 2014.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília, 2016. *Safras: séries históricas*. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&>>. Acesso em: 21 maio 2016.

DAL MOLIN, M. A. M.; WATANABE, M.; YAMAGUCHI, C. K.; JENOVEVA-NETO, R. Análise dos custos como proposta de gerenciamento na produção de arroz irrigado em uma propriedade de agricultura familiar. *Custos e @gronegocio online*, v. 11, n. 3, p. 257-279, 2015.

EHRlich, P. J.; MORAES, E. A. *Engenharia econômica: avaliação e seleção de projetos de investimentos*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2013.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Banco de dados agregados: tabela 1618 – área plantada, área colhida e produção, por ano da safra e produto*. 2016a. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1618&z=t&o=26&i=P>>. Acesso em: 25 maio 2016.

_____. *Banco de dados agregados: tabela 188 – rendimento médio, por ano da safra e produto*. 2016b. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=188&z=t&o=26&i=P>>. Acesso em: 25 maio 2016.

IRGA – Instituto Rio Grandense do Arroz. *Produtividades municipais – safra 2014/15*. 2016a. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/upload/20150710145210produtividade_municipios_safra_14_15.pdf>. Acesso em: 21 maio 2016.

_____. *Produtividades municipais – safra 2015/16*. 2016b. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/upload/20160628092753produtividade_municipios_safra_15_16.pdf>. Acesso em: 16 set. 2016.

_____. *Custo de produção do arroz médio ponderado: sistema de cultivo mínimo do arroz irrigado: Rio Grande Do Sul safra 2015/16*. 2016c. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/upload/20160516144858custo_de_producao_do_arroz_2015_16.pdf>. Acesso em: 16 set. 2016.

KAMALI, F. P.; MEUWISSEN, M. P. M.; BOER, I. J. M. de; MODDELAAR, C. E.; MOREIRA, A.; LANSINK, A. G. J. M. O. Evaluation of the environmental, economic, and social performance of soybean farming systems in southern Brazil. *Journal of Cleaner Production*, v. 142, p. 385-394, January 2017.

KLEIN, A. Z.; SILVA, L. V.; MACHADO, L.; AZEVEDO, D. *Metodologia de pesquisa em administração: uma abordagem prática*. São Paulo: Atlas, 2015.

KULP, A.; HARTMAN, J. C. Optimal tax depreciation with loss carry-forward and backward options. *European Journal of Operational Research*, v. 208, n. 2, p. 161-169, January 2011.

LEONE, G. S. G.; LEONE, R. J. G. *Curso de contabilidade*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LIN, J. T. CHEN, C. M. Simulation optimization approach for hybrid flow shop scheduling problem in semiconductor back-end manufacturing. *Simulation Modelling Practice and Theory*, v. 51, p. 100-114, February 2015.

MA, L.; WANG, L.; JIA, Y.; YANG, Z. Arsenic speciation in local grown rice grains from hunan province, China: Spatial distribution and potential health risk. *Science of The Total Environment*, v. 557-558, p. 438-444, July 2016.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. *Fundamentos de metodologia científica*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARTINS, A. G. *Simulação das operações de lavra da Mina de Brucutu utilizando um modelo de programação linear para alocar os equipamentos de carga*. 2013. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Programa de Pós-graduação do Departamento de Engenharia de Minas – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

MARTINS, R. A.; MELLO, C. H. P.; TURRIONI, J. B. *Guia de elaboração de monografia e TCC em engenharia de produção*. São Paulo: Atlas, 2014.

MATIAS-PEREIRA, J. *Manual da metodologia da pesquisa científica*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. *Culturas: Arroz*. 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/arroz>>. Acesso em: 25 maio 2016.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. *Projeções do agronegócio: Brasil 2014/15 a 2024/25*. 2015. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/PROJECOES_DO_AGRONEGOCIO_2025_WEB.pdf>. Acesso em: 26 maio 2016.

MIRANDA, S. H. G.; SILVA, G. S.; BRAGHETTA, M. A. N. S.; ESPÓSITO, H. O. M. A cadeia agroindustrial orizícola do Rio Grande do Sul. *Análise econômica*, Porto Alegre, v. 27, n. 52, p. 75-96, 2009.

MONTEIRO, C. A.; SANTOS, L. S.; WERNER, L. Simulação de Monte Carlo em decisão de investimento para implantação de projeto hospitalar. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 32., Bento Gonçalves, 2012. *Anais...* Bento Gonçalves: ENEGEP, 2012.

NITZKE, J. A.; BIEDRZYCKI, A. In: *Terra de arroz: produção*. Porto Alegre: ICTA/UFRGS, 2016. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/alimentus1/terradearroz/producao/pd_irrigado_sistemas_de_cultivo.ht>. Acesso em: 27 maio 2016.

PERCOCO, M.; BORGONOVO, E. A note on the sensitivity analysis of the internal rate of return. *International Journal of Production Economics*, v. 135, n. 1, p. 526-529, January 2012.

PETKOVIĆ, D.; SHAMSHIRBAND, S.; KAMSIN, A.; LEE, M.; ANICIC, O.; NIKOLIĆ, V. Survey of the most influential parameters on the wind farm net present value (NPV) by adaptive neuro-fuzzy approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 57, p. 1270-1278, May 2016.

QUEIROZ, J. E. L. Por uma agência reguladora do agronegócio. *Meritum*, v. 5, n. 1, p. 181-231, 2010.

RIBASKI, S. A. G.; HOEFLICH, V. A.; RIBASKI, J. Sistemas silvipastoris como apoio ao desenvolvimento rural para a região sudoeste do Rio Grande do Sul. *Pesquisa Florestal Brasileira*, n. 30, p. 27-37, 2009.

RIGO, P. D.; SCHRIPE, P.; MEDEIROS, F. S. B.; WEISE, A. D. Fluxo de caixa percebido versus o real: uma aplicação com base na produção de arroz no Rio Grande do Sul. *Custos e @gronegócio Online*, v. 12, n. 1, p. 331-350, 2016.

RIGO, P. D.; SCHRIPE, P.; MEDEIROS, F. S. B.; WEISE, A. D. Viabilidade econômico-financeira de um projeto de produção de arroz na cidade de Agudo – RS. *Engevista*, v.17, n. 1, p. 105-111, 2015.

ROSÁRIO, K. P.; AZEVEDO, R. L.; SILVA, B. G. T.; MARCELINO, D. F.; OLIVEIRA, D. P. Aplicação da teoria das filas e simulação de Monte Carlo em uma rede de farmácias localizada no município de Castanhal, Pará. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., Fortaleza, 2015. *Anais...* Fortaleza: ENEGEP, 2015.

SABBAG, O. J.; COSTA, A. M. A. L. Análise de custos da produção de leite: aplicação do método de Monte Carlo. *Revista Extensão Rural*, v. 22, n.1, p. 125-145, 2015.

SANTOS, A. S.; SANTOS, L. C. S. Aplicação das classificações do sistema de informação estatística brasileiro à cadeia produtiva óleo-suco-citrícola nacional. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 41, n. 4, p. 731-737, 2011.

SANTOS, G. J.; MARION, J. C.; SEGATTI, S. *Administração de custos na agropecuária*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SILVEIRA, R. G.; SOARES, M. A.; SILVA, M. A. Rentabilidade do gado de corte na fase de recria: uso da simulação de Monte Carlo para planejamento e controle empresarial. *Custos e @gronegócio online*, v. 9, n. 4, p. 60-82, 2013.

SILVEIRA, T. S.; RODRIGUES, M. T. Planejamento de produção através do método de Monte Carlo para agricultura familiar. *Revista Agrarian*, v. 4, n. 11, p. 54-59, 2011.

SIQUEIRA, H. M.; SOUZA, P. M.; PONCIANO, N. J. Café convencional versus café orgânico: perspectivas de sustentabilidade socioeconômica dos agricultores familiares do Espírito Santo. *Revista Ceres*, v. 58, n. 2, p.155-160, 2011.

SOUZA, D.; SBARDELOTTO, A. F.; ZIEGLER, D. R.; MARCZAK, L. D. F.; TESSARO, I. C. Characterization of rice starch and protein obtained by a fast alkaline extraction method. *Food Chemistry*, v. 191, p. 36-44, January 2016.

SOUZA, J. G. M.; NASCIMENTO, A. A.; SOUSA, R. R. C.; CAMPOS, N. S.; ALMEIDA, A. R. S. S. M. Incerteza da viabilidade econômica de um projeto portuário: uma aplicação da simulação Monte Carlo. *Revista Eletrônica Gestão & Saúde*, v. 6, p. 1042-1056, 2015.

THOMAZ, J. L. P.; KOHLS, L. P.; RAMOS, T. J. F. R.; GOULARTE, J. L. L.; KRONBAUER, C. A. Gestão de custos: um estudo multicaso sobre o gerenciamento na produção de arroz no município de Dom Pedrito - RS. *Revista de Auditoria Governança e Contabilidade*, v. 3, n. 5, p.22-34, 2015.

VALARINI, J. P.; KUWAHARA, M. Y. O mercado da soja: evolução da *commodity* frente aos mercados internacional e doméstico. *Mackenzie*, v. 4, n. 1, p. 1-20, 2007.

VAUDELLE, F.; L'HUILLIER, J. P. Influence of the size and skin thickness of apple varieties on the retrieval of internal optical properties using Vis/NIR spectroscopy: a Monte Carlo-based study. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 116, p. 137-149, August 2015.

VICECONTI, P. E. V.; NEVES, S. *Contabilidade de custos*. 11. ed. São Paulo: Saraiva, 2013a.

_____. *Contabilidade avançada e análise das demonstrações financeiras*. 17. ed. São Paulo: Saraiva, 2013b.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1184-1192. jul. 2008.

ZAGO, A. P. P.; ARANTES, B. R. M.; NUNES, E. F.; LEMES, S. Cálculo do ponto de equilíbrio em condições de risco e incerteza. In: SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO, 9., São Paulo, 2006. *Anais...* São Paulo: SEMEAD, 2006.

ZAMBERLAN, C. O.; SONAGLIO, C. M. A produção orizicola brasileira a partir da década de 1990: evolução e perspectivas econômicas. *Qualistas Revista Eletrônica*, v. 1, n. 4280, p. 1-15, 2011.

ZAMBERLAN, C. O.; WAQUIL, P. D.; HENKIN, H. É preciso ser grande para competir no agronegócio? Um estudo de caso sobre inovação em uma agroindústria de beneficiamento de arroz. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, v. 5, n. 2, p. 251-281, 2012.

ŽIŽLAVSKÝ, O. Net present value approach: method for economic assessment of innovation projects. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, v. 156, n. 26, p. 506-512, November 2014.