

## **Economic feasibility analysis of the implementation of robotic milking on a family farm**

Reception of originals: 02/01/2021  
Release for publication: 04/21/2022

### **Francieli Pacassa**

Mestra em Ciências Contábeis e Administração - Unochapecó  
Instituição: Universidade Comunitária da Região de Chapecó - Unochapecó  
Endereço: Rua Barão do Rio Branco, 126 D, Apt. 203, Centro,  
Chapecó – Santa Catarina/SC – Brasil – CEP: 89801-030  
E-mail: [francielpacassa@unochapeco.edu.br](mailto:francielpacassa@unochapeco.edu.br)

### **Antonio Zanin**

Doutor em Engenharia de Produção – UFRGS  
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS  
Endereço: Avenida Rosilene Lima Oliveira, 64 - Jardim Universitário  
Nova Andradina/MS – Brasil: CEP: 79750-000  
E-mail: [zanin.antonio@ufms.br](mailto:zanin.antonio@ufms.br)

### **Leonir Villani**

Mestre em Engenharia da Produção e Sistemas – UTFPR  
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR  
Endereço: Rua Pedro Álvares Cabral, nº 403 Apto 103, Brasília,  
São Lourenço do Oeste - Santa Catarina/SC – Brasil  
E-mail: [leonirvilani@hotmail.com](mailto:leonirvilani@hotmail.com)

### **José Donizetti de Lima**

Doutor em Engenharia de Produção – UFRGS  
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR  
Endereço: Via do Conhecimento, km 01, Pato Branco-PR - Brasil  
CEP: 85501-970  
E-mail: [donizetti@utfpr.edu.br](mailto:donizetti@utfpr.edu.br)

## **Abstract**

Despite the development of several relevant studies on economic feasibility analysis by the scientific community, little progress has been made in evaluating robotic milking systems. From this perspective, this research aims to analyze the economic viability of the implantation of automated milking systems on a family farm property in the West of Santa Catarina. Therefore, quantitative research was carried out, with a descriptive character, using documental data collection and semi-structured interviews with the property managers. Despite the high investment, robotic milking has several benefits linked to improved quality of life, reduced labor costs, and increased productivity. From the results, the investment is economically viable since, in the worst-case scenario, a considerable profit is still expected. Furthermore, the Monte Carlo Simulation (MCS) technique, joint with the Expanded Multi-index Methodology (EMIM), provides reliable data to support the decision-making on this type of investment. As a limitation of the research, we point out the difficulty of collecting data on rural property due to the lack of cost and expense controls. For future research, we suggest expanding the scope of the approach, carrying out analyses of the risks involved in

the project, and using the MCS to assess the economic viability in rural properties that do not yet have robotic milking installed.

**Keywords:** Dairy Cattle. Robotic Milking. Economic Feasibility Analysis. Monte Carlo Simulation.

## 1. Introdução

A pecuária leiteira é uma das principais atividades econômicas do setor agropecuário brasileiro, sendo responsável por gerar milhares de empregos direta e indiretamente (BUSS; DUARTE, 2011; NETO; LOPES, 2014). No estado de Santa Catarina, a produção de leite representa 2,97 milhões de litros/ano, representando 10% da produção nacional (IBGE, 2018), ocupando a quarta posição do *ranking* dos maiores estados produtores de leite no Brasil (EMBRAPA, 2019).

Todavia, a atual conjuntura econômica associada aos distintos problemas inerentes ao setor agrícola (mudanças climáticas, altos custos de equipamentos, descaso de políticas governamentais e efeitos de demanda e oferta), geram impactos diretos na cadeia de suprimentos do leite, principalmente o de produção primária (produtores rurais – dentro da porteira) (BUSS; DUARTE, 2011; VILELA et al., 2017). Diante destas transformações, surge a necessidade da adoção de novas práticas para o gerenciamento dos recursos produtivos na atividade leiteira, além da utilização de tecnologias que possibilitem o aumento da eficiência produtiva e redução de custos (BUSS; DUARTE, 2011; NETO; LOPES, 2014; FERREIRA; SIQUEIRA; PEREIRA, 2015; VILELA et al., 2017).

A busca por melhorias e aperfeiçoamento na pecuária leiteira teve início na adoção da ordenha mecânica em substituição a ordenha manual, a qual era um dos fatores que acabava por limitar a produção de leite em larga escala e com melhor qualidade. Assim, a fim de suprir limitações presentes no processo produtivo e com o intuito na modernização produtiva, tecnologias passaram a ser adaptadas para o processo de ordenha robotizado, obtendo de tal modo um importante avanço no setor (CÓRDOVA et al., 2018).

A ordenha robotizada possibilita a realização de um manejo produtivo com maior higiene, sendo uma alternativa para amenizar problemas atrelados aos custos e qualidade de mão de obra. As ordenhas ocorrem conforme a necessidade do animal e dispensam a presença de indivíduos para a atividade (NETO; LOPES, 2014; VIK et al., 2019; FEUZ; LARSEN, 2020).

Diante do exposto, o presente artigo se propõe a responder a seguinte problemática: a implantação da ordenha robotizada na atividade leiteira em propriedade rural familiar

apresenta viabilidade econômica? Para tanto, estabeleceu-se como objetivo analisar a viabilidade econômica na implantação de sistema robotizado de ordenha da atividade leiteira em uma propriedade rural familiar do Oeste de Santa Catarina.

A pesquisa evidencia-se pertinente pela necessidade da realização de uma análise de viabilidade econômica da atividade leiteira da propriedade estudada, ao possibilitar avaliar a rentabilidade e os riscos do investimento da ordenha robótica e auxiliar ao gestor rural no planejamento e processo decisório em relação a melhor alocação dos fatores produtivos e eficiência da atividade. Ademais, esta necessidade justifica-se devido à alta diversidade socioeconômica, cultural e climática dos sistemas produtivos, o que acarreta estudos regionais sobre a produção leiteira, atividade presente em mais de 80% dos municípios brasileiros (OLIVEIRA et al., 2007; VILELA et al. 2017).

Nesse sentido, novos estudos sobre este setor mostram-se fundamentais para um melhor entendimento e caracterização da atividade pecuária leiteira no Brasil e suas particularidades, principalmente na região Sul do Brasil, em que tem-se o predomínio do sistema de produção familiar (OLIVEIRA et al., 2007; ZANIN, et al., 2020). Assim, espera-se contribuir com o tema e a literatura sobre simulações e avaliações econômicas de sistemas de produção, assim como, auxiliar produtores de leite a escolher diferentes modelos de produção e selecionar sistemas apropriados que garantam a viabilidade econômica do empreendimento (SIMÕES et al., 2009; SALFER et al., 2017).

Espera-se ainda, evidenciar a relevância da elaboração e análise de um planejamento e estudo de viabilidade econômica anterior à realização do investimento, devido ao processo de implantação de sistemas de produção leiteira possuir altos custos decorrentes dos equipamentos serem importados. Diante desta perspectiva, a implementação de sistemas robotizados torna-se atualmente uma realidade apenas para os grandes produtores de leite, devido dificuldades atreladas as limitações financeiras e acesso ao crédito (BOTEGA et al., 2008; FERREIRA; SIQUEIRA; PEREIRA, 2015). Por fim, almeja-se cooperar ao fornecer informações sobre a atividade e setor leiteiro a demais interessados na cadeia de valor como governo, indústria, distribuidores e consumidores.

## 2. Revisão da Literatura

Nesta seção apresenta-se o referencial teórico que servirá de sustentação para o desenvolvimento da pesquisa empírica, segregada em três subseções: atividade leiteira e inovação, análise de investimentos e estudos correlatos.

## 2.1. Atividade leiteira e inovação

O agronegócio tem se mostrado um dos setores mais importantes da economia nacional, dinâmico e que auxilia o crescimento dos demais, além de representar um importante fator na geração de empregos e distribuição de renda. A pecuária leiteira logrou substancial crescimento durante a última década e consolidou-se como uma das atividades essenciais da agropecuária brasileira (JÚNIOR; JUNG, 2017).

O leite mostra-se essencial à alimentação humana, sendo produzido em todo o mundo. A sua importância pode ser observada no ambiente produtivo e econômico mundial, principalmente em países considerados em desenvolvimento e em sistemas de agricultura familiar (JÚNIOR, JUNG; 2017; TEIXEIRA et al., 2013; ZANIN et al., 2020).

Conforme dados da EMBRAPA (2019), ao avaliar as áreas da produção do Sul do Brasil, observa-se que a região mais produtiva abrange o Sudoeste do Paraná, o Oeste de Santa Catarina e o Noroeste do Rio Grande do Sul, sendo que do volume total da produção de tais estados, 26,2% são provenientes de sete microrregiões com as maiores densidades, como São Miguel do Oeste, Chapecó, Concórdia em Santa Catarina; Francisco Beltrão, Capanema e Pato Branco no Paraná; e Três Passos no Rio Grande do Sul. Para Júnior e Jung (2017) e Zanin et al. (2020), a região Sul do Brasil além de possuir o volume mais representativo da produção leiteira, tem como característica o predomínio de pequenas propriedades com mão de obra de base familiar.

Apesar do atual cenário da atividade, a pecuária leiteira permaneceu insignificante por mais de três séculos, tendo sua expansão do Sul ao Nordeste apenas após a abolição da escravidão em 1888. Isso ocorreu, por meio da modernização das fazendas e um cenário político que beneficiou o desenvolvimento agrário e posteriormente o amadurecimento da cadeia produtiva (VILELA et al., 2017).

Com a evolução da atividade ao longo dos anos e as novas exigências para o alcance de eficiência econômica, produtiva e zootécnica (NETO; LOPES, 2014; VILELA et al., 2017), a produção leiteira necessitou aderir mudanças não apenas atreladas às condições sanitárias envolvidas no processo, ou em relação a saúde e bem estar animal, mas também passa a aderir a utilização de novas tecnologias, com o intuito de facilitar a vida dos produtores e elevar a produtividade (MACULAN; LOPES, 2016).

Diversos equipamentos e tecnologias inovadoras estão disponíveis para atender a atividade pecuária (BOTEGA et al., 2008). Os sistemas de ordenha robótica, são um exemplo

de tecnologias que buscam ganhar espaço no mercado (MACULAN; LOPES, 2016). O primeiro sistema robótico de ordenha foi desenvolvido pelo professor e engenheiro agrônomo especializado em pecuária leiteira, Karl Rabold, na Universidade de Hohenheim na Alemanha no ano de 1980, com o objetivo de substituir a escassez de mão de obra (NETO; LOPES, 2014).

O “robô consiste em um braço mecânico que realiza todas as tarefas do processo da ordenha de forma autônoma” (MACULAN; LOPES, 2016, p. 2), desde o controle de entrada e saída dos animais, fornecimento de alimentação durante a ordenha, limpeza e higienização do úbere e tetos, colocação e retirada das teteiras, diagnósticos de mastite e desinfecção pós ordenha. É um sistema inteligente que executa todas as atividades sem a intervenção direta do homem, e que por meio de relatórios informacionais, proporciona ao gestor rural acompanhar a quantidade produzida, a qualidade do leite e demais informações relacionadas a saúde do animal (BOTEGA et al., 2008; MACULAN; LOPES, 2016; FEUZ; LARSEN, 2020).

Está tecnologia foi implantada em 1992 na Holanda, mas devido aos altos custos de implantação, os robôs são encontrados mais comumente em países desenvolvidos, principalmente na Europa (HOGEVEEN; STEENVELD, 2001; MACULAN; LOPES, 2016; SHORTALL et al., 2016; SALFER et al., 2017), aonde teve um crescimento consistente e rápido em sua adoção, e mais recentemente, na América do Norte. Segundo algumas estimativas da indústria, existem mais de 35.000 unidades AMS (*Automatic Milking Systems*) em fazendas em todo o mundo (SHORTALL et al., 2016). Por sua vez, em um contexto brasileiro, a utilização do sistema de robotização ainda está presente em poucas propriedades brasileiras devido ao alto custo dos equipamentos que são importados (BOTEGA et al., 2008).

Dentre as vantagens do sistema robotizado de ordenha, destaca-se a automação da atividade, em que os animais apresentam-se voluntariamente para a ordenha, e a alimentação de qualidade oferecida no momento ideal constitui-se no principal estímulo de incentivo (FEUZ; LARSEN, 2020), cabendo ao gestor apenas o gerenciamento adequado do equipamento para evitar filas de animais e competição na entrada do mesmo (MACULAN; LOPES, 2016). Ademais, a implementação do sistema possibilita a diminuição dos custos com mão de obra, maior controle no monitoramento da qualidade do produto (NETO; LOPES, 2014), além de gerar flexibilidade e melhoria no estilo de vida dos agricultores que optam pela aquisição (SALFER et al., 2017; VIK et al., 2019).

Com isso, são inúmeras as razões para o investimento em tecnologias de precisão, desde a expectativa de redução do trabalho, maior facilidade no manejo diário do rebanho, a crescente falta de recursos trabalhistas e o desejo dos produtores de leite para melhorar

aspectos da atividade, como técnicas de manuseio, qualidade de vida, profissionalização dos trabalhadores leiteiros, aumento da produção de leite devido ao acréscimo da frequência de ordenha, melhorias na gestão e conseqüentemente obtenção de resultados econômicos positivos (SVENNERSTEN-SJAUNJA; PETTERSSON, 2008; CASTRO et al., 2012; STEENEVELD; HOGEVEEN, 2015; SHORTALL et al., 2016; VIK et al., 2019).

Entretanto, para que o Brasil eleve sua participação produtiva internacionalmente, é preciso a melhoria de inúmeros aspectos que vão além da implementação de sistemas de robotização de ordenha e demais tecnologias disponíveis no mercado. É fundamental que os produtores rurais e todos os integrantes da cadeia produtiva busquem aperfeiçoar o processo de obtenção, processamento e comercialização do leite, permitindo assim, elevar a qualidade do produto, garantir segurança alimentar ao consumidor e obter a sustentabilidade da atividade pecuária leiteira (BODENMÜLLER-FILHO et al., 2010; VILELA et al., 2017; ZANIN et al., 2020). Para isso, é fundamental conhecer os fatores envolvidos no sistema produtivo, as técnicas de manejo e cuidado animal, dentre outras informações necessárias que visem auxiliar no aperfeiçoamento produtivo e qualidade do leite (BODENMÜLLER-FILHO et al., 2010; WERNCKE et al., 2016). Não obstante, é imprescindível uma maior conscientização por parte dos produtores sobre a necessidade de uma administração eficiente de sua atividade, a fim de tornarem-se mais competitivos e buscarem maior rentabilidade e qualidade do produto oferecido (SILVEIRA et al., 2011).

## 2.2. Análise de investimento

Custos e retornos futuros são sempre incertos. Assim, uma representação acurada do risco da adoção de tecnologias na atividade leiteira, pode ser imprescindível para o processo de tomada de decisão (FERREIRA; SIQUEIRA, PEREIRA, 2015), ao proporcionar ao investidor avaliar o custo de oportunidade do negócio ou projeto de investimento. Nesse sentido, mostra-se de extrema relevância a avaliação da viabilidade econômico-financeira de investimentos, partindo de um adequado levantamento de todos os custos e variáveis relacionadas ao investimento do capital (SILVA et al., 2019).

A análise de viabilidade econômica de um investimento pode ser possível através da utilização de métodos específicos ou análises complementares, como é o caso das análises de riscos, que trabalham com probabilidades e simulações de cenários, o que permite identificar os riscos do empreendimento, levando em conta um grande conjunto de variáveis (FERREIRA; SIQUEIRA; PEREIRA, 2015; LIMA et al. 2017a; SILVA et al., 2019;

TONIAL et al., 2020). Dessa forma, a análise de viabilidade econômica de um Projeto de Investimento (PI) pode ocorrer por meio da Metodologia Multi-índice (MMI), com a utilização de vários indicadores de retorno e risco, tais como Valor Presente Líquido (VPL), VPL Anualizado (VPLA), Índice Benefício/Custo (IBC), Retorno Adicional sobre o Investimento (ROIA), *Payback*, Taxa Interna de Retorno (TIR), Grau de Comprometimento da Receita (GCR), Risco do Negócio (RN) e Risco de Gestão (RG), de modo que estes proporcionam que a análise realizada seja mais confiável, ao considerar as incertezas dos diferentes cenários e as probabilidades de riscos que devem ser ponderados (SOUZA; CLEMENTE, 2008; LIMA et al., 2016; BERNARDI et al., 2017; LIZOT et al., 2017; SOUZA et al., 2020).

Com o intuito em melhorar as análises efetuadas via MMI, Lima et al. (2015) e Lima et al. (2017a) ampliaram a abordagem, passando a defini-la como MMIA (MMI Ampliada). Para tanto, fez-se a inclusão de diversos índices na MMI por meio de Limites de Elasticidade (LEs) e Valores-Limites (VLs), a fim de permitir realizar uma Análise de Sensibilidade (AS) no investimento (BERNARDI et al., 2017; LIZOT et al., 2017; SILVA et al., 2019; VILANI, LIMA, 2020; PIOVESAN et al., 2021; TOMAZINI et al., 2021).

Nesta perspectiva, a Simulação de Monte Carlo (SMC) surge como uma técnica para analisar riscos e incertezas (MOORE; WEATHERFORD, 2005; MACHADO; FERREIRA, 2012; CARICIMI; LIMA, 2018; DRANKA et al., 2017; 2020; SILVA et al., 2019; VILANI, 2020; TONIAL et al., 2020), por meio da geração de números aleatórios, os quais associados a técnicas probabilísticas é utilizado para solução de problemas não convencionais, cuja solução pela abordagem determinística seria muito trabalhosa, quando não inviável (MACHADO; FERREIRA, 2012; MARTINS et al., 2016).

A principal vantagem da SMC é determinar como uma variação randomizada (ou aleatória), já conhecida, ou o erro, afetam a performance ou a viabilidade do sistema que está sendo modelado, assim como, pode ser amplamente utilizada na avaliação de projetos, na qual os riscos envolvidos podem ser expressos de forma simples e de fácil leitura, e as simulações auxiliam a decisão. Assim, os indicadores deixam de ser determinísticos e passam a ser estocásticos (ou probabilísticos) (MOORE; WEATHERFORD, 2005; SOUZA et al., 2020).

Outra característica da aplicação do SMC é a possibilidade de gerar uma grande quantidade de cenários dos possíveis custos, receitas, riscos ou prazos de um PI (MACHADO; FERREIRA, 2012). Nesse contexto, o resultado final será uma curva de distribuição de probabilidades, por exemplo do VPL, permitindo estimar a chance de

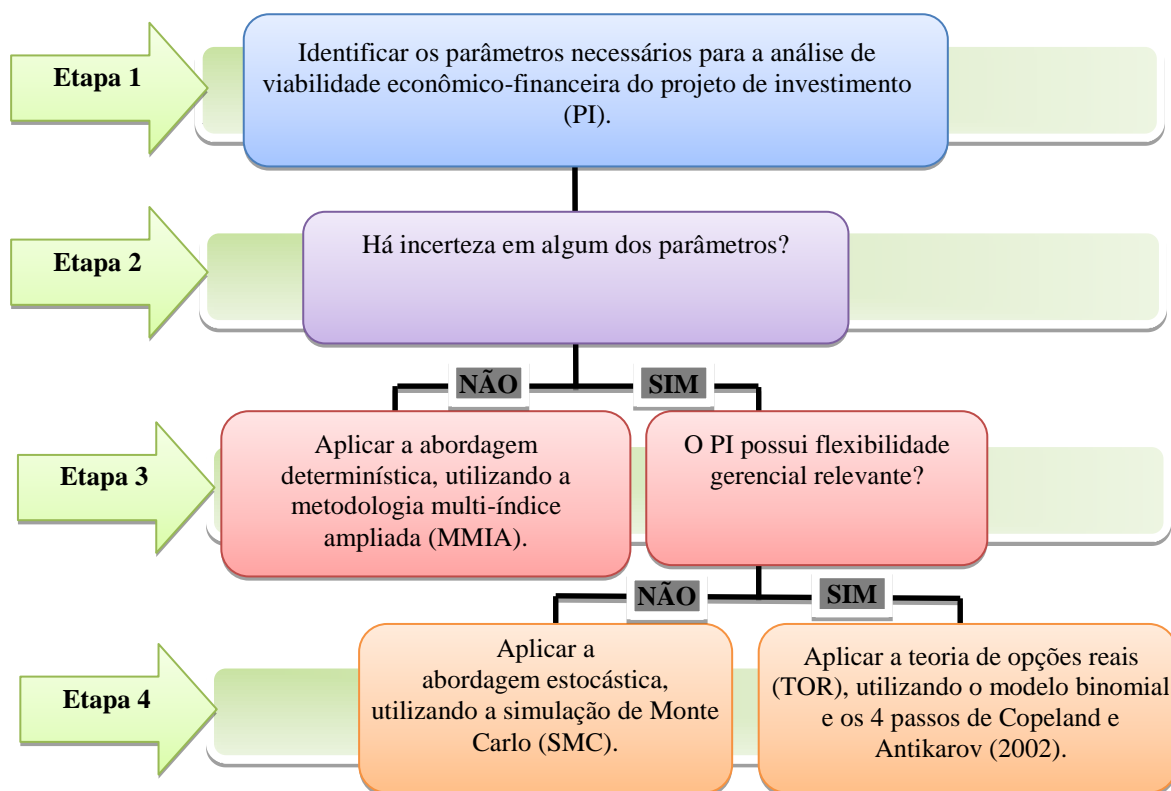
insucesso financeiro na implementação do PI em estudo (GOFFI et al., 2019; SILVA et al., 2019; TONIAL et al., 2020).

ABORDAGEM/DIMENSÃO	INDICADOR	MODELO MATEMÁTICO
MMI <sup>1</sup> /MMIA <sup>2</sup> /RETORNO	Valor Presente (VP)	$VP = \sum_{j=1}^N \frac{FC_j}{(1 + TMA)^j}$
	Valor Presente Líquido (VPL <sup>3</sup> )	$VPL = \sum_{j=0}^N \frac{FC_j}{(1 + TMA)^j}$
	Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA)	$VPLA = \frac{VPL \cdot TMA \cdot (1 + TMA)^N}{(1 + TMA)^N - 1}$
	Índice Benefício Custo (IBC) ou Índice de Liquidez (IL)	$IBC = \frac{\sum_{j=0}^N \frac{FC_j}{(1 + TMA)^j}}{ FC_0 }$
	Retorno Adicional sobre o Investimento (ROIA)	$ROIA = \sqrt[N]{IBC} - 1$
	TIRM <sup>4</sup> ou ROI <sup>5</sup>	$TIRM = (1 + TMA) \cdot (1 + ROIA) - 1$
	Índice ROIA/TMA <sup>6</sup>	$\text{Índice ROIA/TMA} = ROIA/TMA$
MMI <sup>1</sup> /MMIA <sup>2</sup> /RISCOS	Payback <sup>3</sup>	$\text{Payback} = \min\{k\}, \text{ tal que: } \left\{ \sum_{j=1}^k \frac{FC_j}{(1 + TMA)^j} \geq  FC_0  \right\}$
	Taxa Interna de Retorno (TIR <sup>3</sup> )	$\sum_{j=0}^N \frac{FC_j}{(1 + TIR)^j} = 0$
	Índice Payback/N	$\text{Índice Payback/N} = \text{Payback/N}$
	Índice TMA/TIR	$\text{Índice TMA/TIR} = TMA/TIR$
MMIA <sup>2</sup> /SENSIBILIDADES: LIMITES DE ELASTICIDADES (LEs)	$\Delta\%TMA$	$\Delta\%TMA = \frac{TIR}{TMA} - 1$
	$\Delta\%FC_0$	$\Delta\%FC_0 = IBC - 1$
	$\Delta\%FC_j$ (j = 1, 2, ..., N)	$\Delta\%FC_j = 1 - \frac{1}{IBC}$
MMIA <sup>2</sup> /SENSIBILIDADES: VALORES-LIMITES (VLs)	VL <sub>TMA</sub>	$VL_{TMA} = TMA \cdot (1 + \Delta\%TMA) = TIR$
	VL <sub>FC0</sub>	$VL_{FC_0} = FC_0 \cdot (1 + \Delta\%FC_0) = VP$
	VL <sub>FCj</sub> (j = 1, 2, ..., N)	$VL_{FC_j} = FC \cdot (1 - \Delta\%FC_j)$
SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO (SMC)	Probabilidade – P(VPL < 0) <sup>7</sup>	$P(VPL < 0) = \sum_{k=\overline{VPL}-5 \cdot S_{VPL}}^0 \left( \frac{VPL + 5 \cdot S_{VPL}}{10,000} \right) \cdot \frac{1}{S_{VPL} \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{k - \overline{VPL}}{S_{VPL}} \right)^2}$
	Valor em Risco – VaR <sub>5%</sub> <sup>8</sup>	$VaR_{5\%}(VPL) = \overline{VPL} + Z_{5\%} \cdot S_{VPL} \cong X_{5\%}$
	VaR Condicional – CVaR <sub>5%</sub> <sup>9</sup>	$CVaR_{5\%}(VPL) = \text{média dos VPLs, tal que: } VPL < VaR_{5\%}$
Teoria das Opções Reais (TOR)	Valor da Opção Real (VOR)	$VOR = VPL_{\text{Expandido}} - VPL_{\text{Tradicional}}$

**Figura 1: Metodologias, dimensões e indicadores para a análise de viabilidade econômica**  
 Fonte: Elaborada por Lima e Southier (2022) a partir de e Dranka et al. (2020) e Guares et al. (2021).

Uma síntese comparativa dessas metodologias (DRANKA et al., 2020; GUARES et al., 2021), com respectivas dimensões e indicadores é apresentada na Figura 1. Todas estas metodologias estão implementadas no aplicativo web de acesso livre \$AVEPI® (LIMA et al., 2017b; PIOVESAN et al., 2021; TOMAZINI et al., 2021; LIMA et al., 2021).

O investidor deve escolher adequadamente a abordagem de avaliação de um investimento (DAMODARAN, 2018). A abordagem adotada deve ser compatível com a natureza do empreendimento avaliado e os dados disponíveis (ABNT NBR 14653-1:2019). Para auxiliar nessa escolha, Dranka et al. (2020), Guares et al. (2021) e Petri (2021), recomendam a utilização do framework exposto na Figura 2.



**Figura 2: Roteiro para auxiliar na escolha do instrumento de avaliação**

Fonte: Adaptado de Dranka et al. (2020), Guares et al. (2021) e Petri (2021).

De acordo com o framework exposto na Figura 2 recomenda-se que inicialmente para avaliar um investimento seja determinado os parâmetros necessários, e proceda-se com a identificação das incertezas envolvidas no projeto. No caso da existência de incertezas, o gestor deverá observar se o investimento possui flexibilidade gerencial, para então determinar os modelos de simulações a serem aplicados, sejam estes SMC ou Modelo Binomial e os 4 passos de Copeland e Antikarov (2002). Por sua vez, se o projeto não

apresentar incertezas aplica-se a abordagem determinística, com a utilização da metodologia multi-índice ampliada (MMIA).

### 2.3. Estudos correlatos

No âmbito deste estudo, destacam-se algumas pesquisas nacionais e internacionais publicadas que denotam preocupação similar ao investigarem a temática da viabilidade econômica dos sistemas de ordenha robótica ou a utilização do SMC para análise de investimentos, como as pesquisas de Hyde e Engel (2002), Oliveira et al. (2007), Buss e Duarte (2011), Salfer et al. (2017) e Gonçalves et al. (2017).

Hyde e Engel (2002) buscaram estimar o ponto de equilíbrio do sistema de ordenha robótica, a fim de representar o valor máximo que poderia ser pago para a aquisição do equipamento, em relação a uma sala de ordenha, dadas condições de incerteza em uma fazenda de gado leiteiro nos Estados Unidos. A análise simulou vários cenários em três distintos tamanhos de rebanho, 60, 120 e 180 animais.

Oliveira et al. (2007) analisaram a viabilidade econômica para três sistemas produtivos de bovinocultura de leite tipo C em Piracanjuba, GO, sob condições de riscos. Para a realização do estudo, foi levantado a estrutura de custos e receitas da propriedade. Os indicadores de rentabilidade utilizados foram o VPL e a TIR, com base em uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 6% ao ano e um horizonte de planejamento de 15 anos. A análise de riscos foi realizada por meio da técnica de SMC. Dentre os resultados obtidos, é possível observar por meio da análise determinística a inviabilidade no sistema produtivo com menor nível de produção e melhores resultados no sistema com maior produção. As variáveis com maior nível de incerteza apreciadas no estudo foram o preço de venda do leite e a produtividade.

Buss e Duarte (2011), buscaram analisar a viabilidade econômica da atividade leiteira em uma fazenda localizada no Mato Grosso do Sul, no período de outubro de 2007 a setembro de 2008. Para a realização do estudo, levantou-se informações mensais relativas a despesas e receitas das atividades, o que possibilitou com apoio de planilhas eletrônicas avaliar o retorno da atividade. Os resultados apontam que devido às variações da produtividade e do preço de leite, o retorno tende a sofrer variações mensais significativas em que as receitas decorrentes da atividade não se mostram satisfatórias em relação às despesas e custos produtivos.

Salfer et al. (2017), elucidam em sua pesquisa que devido ao maior custo de capital por quilograma de leite produzido, estudos observacionais na Europa e estudos de simulação

mostraram que a AMS é menos lucrativa do que os sistemas de salas de ordenha, embora os achados anteriores sejam um tanto mistos. Melhor desempenho das novas gerações de AMS, melhor *design* das instalações para acomodar o comportamento das vacas e melhor gerenciamento dessas instalações têm o potencial de tornar a AMS mais lucrativa. Os principais fatores de gestão que influenciaram o impacto líquido anual foram as mudanças no custo da mão de obra e na produção de leite. Outro fator significativo que afeta o impacto anual líquido foi a vida econômica do AMS. Nesse caso, é necessária uma vida econômica de 13 anos ou mais para que um AMS tivesse um impacto anual líquido consistentemente positivo (dependendo da produção de leite por vaca e do custo do trabalho).

Gonçalves et al. (2017) determinaram a rotação econômica de plantações de eucalipto em três diferentes sítios produtivos sob condições de risco. Para a análise de risco utilizou-se a SMC, tendo como variáveis de incerteza o preço da terra e madeira, o custo da colheita, transporte, taxa de juros e produção de madeira. Para a simulação, os pesquisadores utilizaram 10.000 interações. Os resultados evidenciaram que a idade de rotação econômica foi de 6, 8 e 11 anos para os sítios bom, médio e ruim, respectivamente. A análise determinística indicou que o PI foi economicamente viável, apresentando um VPL positivo. Não obstante, concluíram que a análise de risco do PI via SMC, possibilita maiores informações para subsidiar o processo decisório e permite ao decisor vislumbrar o impacto de decisões mais ou menos conservadoras.

### 3. Procedimentos Metodológicos

No que tange aos aspectos metodológicos, esta pesquisa é caracterizada em relação aos objetivos como explicativa, ao possuir finalidade em coletar dados para aplicar em uma metodologia de análise de riscos via técnica SMC para a obtenção dos resultados. A abordagem classifica-se como quantitativa, tendo em vista que este processo é consequência de atividades, que envolvem a coleta, categorização e interpretação dos dados.

Quanto aos procedimentos metodológicos, define-se como estudo de caso, pois se concentra no estudo de uma única propriedade rural localizada na região Oeste de Santa Catarina que atua na atividade leiteira. A propriedade caracteriza-se como de médio porte, com predominância familiar na gestão, sendo escolhida por conveniência de acessibilidade e por ter instalado o sistema de ordenha robotizado. As conclusões se limitam ao contexto do objeto pesquisado (GIL, 2010; CRESWELL, 2014), porém, contribuem empiricamente no avanço da aplicação da técnica SMC para análise desse tipo de empreendimento agropecuário.

A utilização da SMC permite vislumbrar distintos cenários frente às variáveis de riscos, o que possibilita aos gestores decisões mais assertivas e flexíveis, não considerando valores pontuais (GONÇALVES et al., 2017; VILANI; LIMA, 2020; CARICIMI; LIMA, 2018; SILVA et al., 2019; TONIAL et al., 2020; DRANKA et al., 2020; GULARTE et al., 2020).

Para a coleta dos dados, empregou-se entrevistas semiestruturadas, que possibilitam definir o seu foco principal, e não só a descrição dos fenômenos sociais, mas também sua explicação e a compreensão de sua totalidade (CRESWELL, 2014). As entrevistas foram realizadas junto aos gestores da propriedade, a partir das planilhas elaboradas pela Epagri-Ciran (2019), as quais contém a estrutura dos sistemas produtivos (coeficientes técnicos, alimentação, medicamentos e vacinas, mão de obra empregada, máquinas e equipamentos utilizados, inseminação artificial, etc.) e que foram adaptadas de acordo com as especificidades da atividade leiteira da propriedade sob análise.

Ademais, fez-se uso de informações obtidas junto a profissionais técnicos vinculados à empresa fornecedora do equipamento, sendo possível extrair dados sobre volume de produção esperada, valores de investimento e custos associados a implementação do sistema robotizado. Os custos e receitas foram identificados via análise de documentos (notas fiscais de venda do produto e comprovantes de despesas), relatórios emitidos pelo robô e anotações dos gestores. O período de coleta dos dados compreendeu o ano de 2019. Não obstante, fez-se uso de séries históricas de preços e custos dos fatores de produção da Epagri/SC, referente a outubro de 2019.

Além de informações de custos obtidas por meio da coleta de dados, a fim de operacionalizar a análise de riscos pela técnica SMC com o uso do \$AVEPI<sup>®</sup> (Sistema de Análise de Viabilidade Econômica de Projetos de Investimento – LIMA et al., 2017b), considerou-se uma quantidade de 100.000 simulações, com um horizonte de planejamento (N) de 20 anos (conforme informações do fabricante do equipamento) e Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 10%.

A opção pelo uso da SMC, é resultado da aplicação do *framework* para análise de viabilidade econômica de PI agropecuário, proposto por Vilani (2020). O PI em estudo foi caracterizado com incertezas elevadas e não apresentou flexibilidades gerenciais. Nesse tipo de PI, a abordagem indicada pelo *framework* e que apresenta resultados mais assertivos é a MMIA estocástica, por meio da utilização da técnica da SMC.

O investimento inicial ( $FC_0$ ) foi estimado em R\$ 1.443.000,00, sendo R\$ 1.193.000,00 para a aquisição dos dois robôs ordenadores e R\$ 250.000,00 para a infraestrutura necessária (galpão e gerador) para implantação do projeto. O valor residual (VR) foi estimado em

aproximadamente R\$ 477.000,00. Esses valores foram considerados constantes durante as simulações. Por outro lado, algumas variáveis seguiram distribuições de probabilidades triangular, com os parâmetros apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1: Configuração seguida na SMC**

Parâmetro	Valor Mínimo	Valor Mais Provável	Valor Máximo
TMA (%)	5	10	15
Quantidade (L)	165.892,50	184.325	202.757,50
Preço (R\$/L)	1,00	1,24	1,68
Custo Fixo anual* (R\$)	-84.920,51	-77.200,46	-69.480,41

\*Os custos fixos são negativos pois esses representam uma economia.

Fonte: Dados da pesquisa.

Por fim, as alterações de custos de produção advindas com a implantação do sistema robotizado são apresentadas na Tabela 2. Os valores grafados em negativo representam economias no comparativo entre os sistemas de ordenha (robotizado e canalizado).

**Tabela 2: Alterações nos custos de operação e manutenção**

Item	Valor anual
Redução de mão de obra com a inclusão dos encargos (2,5)*	- R\$ 46.787,40
Manutenção, materiais e consumíveis nos robôs	R\$ 43.000,00
Chamados para atendimentos	R\$ 10.000,00
Aumento no consumo de energia elétrica	R\$ 17.948,16
Alimentação ordenha*	- R\$ 101.361,22
<b>Total</b>	<b>- R\$ 77.200,46</b>

\*Os valores negativos representam a diferença entre os sistemas comparados.

Fonte: Dados da pesquisa.

Destaca-se que estão incorporadas nas Tabelas 1 e 2, o volume extra de leite produzido em função da implantação do sistema robotizado (5 L/dia por animal x 365 dias x 101 animais em lactação), os preços de venda unitário do leite (R\$/L) e as modificações nos custos fixos com a migração para o novo sistema de ordenha. A informação disponibilizada pela propriedade referente a quantidade de leite extra, foi de 184.325 L/ano. Contudo, a produção pode variar, sendo uma das principais fontes de incertezas desse tipo de atividade. Diante disso, utilizou-se o índice de captação de leite Brasil da CEPEA (ICAP-L/CEPEA), o qual estima a variação no volume produzido e permite a construção de uma distribuição de probabilidades triangular para essa variável, sendo adotado os seguintes parâmetros: (i) valor mínimo: 165.892,5 L/ano; (ii) valor esperado ou mais provável: 184.325,0 L/ano; e (iii) valor máximo: 202.757,5 L/ano.

Os preços de vendas considerados para as simulações, representam a principal variável do PI em questão, pois o valor é definido pelo mercado e com muitas variações durante o ano. Para incorporar essa incerteza no PI fez-se uso do histórico de preços dos últimos 10 anos da

CEPA/EPAGRI/SC, descapitalizado pela inflação de cada período (mês), o que permitiu construir uma distribuição de probabilidades triangular com os seguintes parâmetros: (i) valor mínimo: 1,00 R\$/litro; (ii) valor esperado: 1,24 R\$/litro; e (iii) valor máximo: 1,68 R\$/litro.

Os custos considerados na análise são resultado da planilha de controle de custos utilizada. Saliencia-se que não foi considerado variações nos custos variáveis, pois esses custos podem ser administrados durante o ano, ou seja: se em um determinado período os custos foram maiores, os gestores podem adotar estratégias para que haja redução dos custos nos próximos períodos, equilibrando os resultados anuais. Outro fator que dispensa a aplicação de incerteza nos custos, deve-se ao fato que 97% dos custos são variáveis, e a incerteza já foi aplicada na quantidade produzida/vendida e no preço esperado. A partir destas informações, foi possível alimentar a ferramenta computacional \$AVEPI<sup>®</sup> com os dados de entrada (*input*) do investimento em estudo e por meio da técnica SMC, obter os resultados necessários para a análise do investimento. Os resultados e análises são apresentados na próxima seção.

#### **4. Apresentação e Análise dos Dados**

No estabelecimento rural sob análise, tem-se o cultivo de diferentes culturas agrícolas e produção zootécnicas. A mão de obra da propriedade é predominantemente familiar, sendo admitida ajuda de terceiros no processo da atividade pecuária. A família em nenhum momento utilizou qualquer sistema de apuração e gestão de custos para melhor controle dos custos e resultados. Os mesmos são apurados de maneira informal, apenas pelo conhecimento do proprietário. Os custos indiretos como depreciação, pró-labore, entre outros, em tempo algum eram contabilizados como custos de produção.

A instalação do sistema de ordenha robotizado, de acordo com relatos dos gestores da propriedade, deu-se principalmente em virtude de fatores atrelados a escassez de mão de obra e tempo despendido na atividade, o qual aproximava-se de 8 horas diárias para o processo de ordenha, mesmo dispondo no período de 10 conjuntos de ordenhas do sistema canalizado. Com isso, mediante a implementação do sistema robotizado, os gestores rurais almejavam reduzir custos com mão de obra terceirizada e aumentar consequentemente a produtividade. Os animais recebem a quantidade de alimentação e nutrientes adequados conforme volume produzido, além de possibilitar que os mesmos possam ser ordenhados até 5 vezes ao dia, conforme a necessidade do animal. A utilização da robotização da ordenha proporcionou o aumento da produção em 5 L/dia por animal, aproximadamente.

Contudo, a instalação apresentou inúmeros desafios e desvantagens, dos quais menciona-se a adaptação dos animais aos robôs que demanda tempo, descarte de animais devido suas características físicas que não se ajustam ao equipamento, necessidade de apanhar e direcionar as vacas em período de fim de lactação devido a diminuição da ração oferecida, o que ocasiona o desinteresse do animal pela ordenha. Além disso, tem-se ainda os altos custos de manutenção e revisão anual do equipamento exibidos nas Tabelas 1 e 2.

Frente a este cenário, torna-se imprescindível a realização da análise de viabilidade econômica do projeto. A Tabela 3 evidencia os dados de saída do \$AVEPI<sup>®</sup>, em que por meio da média, mínimo e máximo é possível avaliar os indicadores econômicos do investimento na dimensão de retorno (VP, VPL, VPLA, IBC, ROIA e índice ROIA/TMA) e na dimensão de riscos (TIR, TMA/TIR, *Payback* e *Payback/N*). Assim, pode-se observar os resultados atrelados aos indicadores de retorno e de riscos, considerando 100.000 cenários aleatórios. Para todos os indicadores avaliados, os valores das medianas foram próximos dos valores médios (ou mais prováveis), como esperado, sendo omitidos.

Conforme aponta Assaf, Lima e Araújo (2008) para que o investimento seja seguro, a rentabilidade proporcionada pelas receitas líquidas em relação aos desembolsos, deve ser maior que o custo de capital do investimento. Dessa forma, o VP (Valor Presente) necessita ser maior que o valor investido ( $FC_0$ ) aplicado a uma TMA representativa. Fato, que pode ser comprovado pelos resultados obtidos, em que o VP nos distintos cenários (mínimo, média e máximo) é superior ao investimento de R\$ 1.443.000,00 para a aquisição e implantação dos robos.

**Tabela 3: Indicadores da MMIA com SMC**

Dimensão	Indicador	Estatísticas Descritivas		
		Média	Mínimo	Máximo
Retorno	Valor Presente – VP (R\$)	2.827.747,48	1.893.506,37	4.403.223,09
	VP Líquido – VPL (R\$)	1.384.747,48	450.506,37	2.960.223,09
	VPL Anualizado – VPLA (R\$)	156.522,69	70.615,61	238.275,74
	Índice Benefício Custo – IBC	1,9596	1,3100	3,0514
	Retorno adicional s/ o investimento – ROIA (%)	3,37	1,37	5,74
	Índice ROIA/TMA (%)	36,96	9,33	113,90
Riscos	<i>Payback</i> (anos)	7	5	10
	Taxa Interna de Retorno – TIR (%)	21,76	19,35	24,47
	Índice de <i>Payback/N</i> (%)	35,00	25,00	50,00
	Índice TMA/TIR (%)	45,99	21,23	74,09
VaR (5%)		R\$ 690.205,15		
CVaR (5%)		R\$ 639.363,42		

Fonte: Dados da Pesquisa.

Em relação aos indicadores de retorno, o VPL é tido como o valor adicional gerado em um investimento, sendo calculado a partir dos custos e receitas esperadas, descontado a uma

TMA estipulada (GITMAN, 2010). Logo, quando calculado este indicador, já é possível vislumbrar a despeito da viabilidade econômica do PI, sendo que se o resultado é superior a zero, pode ser considerado economicamente viável dentre as alternativas possíveis. Assim, nesta pesquisa, a SMC apresenta que o VPL mínimo para o projeto é de R\$ 450.506,37 mas pode chegar até R\$ 2.960.223,09, sendo R\$ 1.384.747,48 o valor mais provável.

O VPLA esperado no pior cenário é de R\$ 70.615,61 e pode chegar no melhor cenário a R\$ 238.275,74, sinalizando o quanto o investimento na ordenha robótica pode agregar de valor por ano de execução do projeto. Este indicador representa o fluxo de caixa descapitalizado (FCD) referente ao presente período, demonstrando o quanto o projeto renderia de adicional mensalmente, caso fosse investido com o rendimento da TMA utilizada (SOUZA; CLEMENTE, 2008; HARZER et al., 2014; LIMA et al., 2016; GULARTE et al., 2017; 2020).

Por sua vez, o IBC é uma medida de quanto se espera ganhar por unidade de capital investido, em termos presentes. Considera apenas os custos de implantação (investimento inicial), sendo medido pela razão entre o VP dos fluxos líquidos dos benefícios e o VP dos fluxos de investimentos, sendo reinvestidos a TMA estabelecida (SOUZA; CLEMENTE, 2008). No pior cenário, a rentabilidade por unidade de capital investido será de 1,31 e no melhor cenário 3,05, sendo 1,96 o valor mais provável.

O retorno adicional sobre o investimento (ROIA) foi de 1,37% no pior cenário e 5,74% no melhor cenário, além da TMA de 10%. Para auxiliar na análise, pode-se observar o índice ROIA/TMA do investimento, o qual mostra o quanto os robôs ordenadores poderão lucrar além da TMA. O valor obtido para este índice foi de 9,33% no pior cenário e 113,90% no melhor contexto, sendo 36,96%, podendo ser enquadrado como de retorno médio (LIMA et al., 2015).

Com relação ao tempo de retorno do investimento, pode-se averiguar o *Payback*. Para Lima et al. (2013), na metodologia de cálculo tradicional, este indicador pode apontar de forma incorreta a viabilidade econômica do investimento, ao ponto de evidenciar o risco do projeto não ser pago dentro do horizonte de tempo do planejamento. Assim, ao observar a Tabela 3, tem-se que o *Payback* obtido com a utilização da SMC, o qual apresenta que no pior cenário o *Payback* encontrado é 10 anos e no melhor cenário pode chegar a 5 anos, com apenas 25% do projeto executado (Índice de *Payback*/N (%)), o que representa no pior cenário a existência de baixos riscos, quanto a recuperação do investimento inicial. Assim, pode-se salientar, uma distinção dos resultados achados no estudo de Salfer et al. (2017), em que seria

necessária uma vida econômica de 13 anos ou mais para que um AMS tivesse um impacto anual líquido positivo.

Ainda, em relação aos indicadores de riscos, examina-se que a Taxa Interna de Retorno (TIR) pode apresentar uma variação de 19,35% até 24,47%, ou seja, este indicador de risco delimita o máximo que a TMA pode atingir para que o projeto ainda seja financiamento viável (HARZER et al., 2014; LIMA et al., 2016; GULARTE et al., 2017; DRANKA et al., 2020).

O risco financeiro pode ser calculado por meio da comparação entre a TMA e a TIR, pelo índice TMA/TIR, de modo que a sua variação indica o nível de risco do investimento, sendo que próximo a zero sinaliza riscos baixos e próximos de um, níveis mais elevados (HARZER et al., 2014). Nesta pesquisa, para esse índice obteve-se o valor mínimo igual a 21,23%, um valor médio de 45,99% e um máximo igual a 74,09%.

Pela análise dos resultados da SMC, depreende-se que a probabilidade de o PI em estudo apresentar prejuízos financeiros para a propriedade rural é nula, pois os valores mínimos observados foram promissores:  $VPL > 0$ ,  $VPLA > 0$ ,  $IBC > 1$ ,  $ROIA > 0$ ,  $TIR > TMA$  e  $Payback < N$ , por exemplo. Em outras palavras, em nenhuma das 100.000 simulações o VPL foi negativo. Pode-se concluir assim, que as chances do projeto apresentar prejuízos dentro das incertezas incorporadas na análise é nula. Por fim, os valores para os indicadores de riscos extremos: Value at Risk (VaR(5%)) e Condicional CVaR(5%) foram positivos, mostrando a segurança financeira nesse tipo de empreendimento (SILVA et al., 2019; TONIAL et al., 2020). Portanto, os resultados encontrados nessa pesquisa apontam para a viabilidade econômica da implementação da robotização da ordenha na propriedade em análise.

## 5. Considerações Finais

O presente estudo teve por objetivo analisar a viabilidade econômica na implantação de sistema robotizado de ordenha da atividade leiteira em uma propriedade rural familiar do Oeste de Santa Catarina. A pesquisa realizou-se em uma propriedade que implementou os robôs ordenadores para auxiliar nas atividades leiteiras.

Visualiza-se que apesar do alto investimento, tem-se diversas vantagens associadas à sua aquisição, que vão além dos benefícios econômicos. Além de melhora na qualidade de vida, gera economia nos custos com mão de obra, bem como elevação no nível de produtividade do leite. Já as desvantagens estão associadas aos altos custos de manutenção.

Para que se possa obter maiores retornos, assim como Bach e Cabrera (2017) apontam em sua pesquisa, mostra-se de extrema relevância que os gestores realizem um gerenciamento adequado do equipamento, a fim de adaptar as vacas às rotinas e ao tráfego, eliminando ao máximo as interações humanas e a necessidade de buscar os animais para a ordenha.

Os resultados apontam que sendo o investimento nos robôs ordenadores de aproximadamente R\$ 1.443.000,00, ao considerar os resultados médios esperados, o investimento retornaria a um valor presente (VP) de R\$ 2.827.747,48. Isso implica em um retorno líquido total (VPL) de R\$ 1.384.747,48 em 20 anos, equivalente a R\$ 156.522,69 por ano (VPLA). Cabe ressaltar que este ganho é o adicional ao oportunizado pelo mercado (TMA). Por conseguinte, para este investimento a cada unidade monetária investida, há a expectativa de retorno de 1,96, sendo equivalente a um ganho de 3,37% ao ano, além da TMA de 10%. O retorno fica melhor expresso pelo índice ROIA/TMA, cujo valor obtido é de 36,96% (retorno de grau médio). Quanto ao *Payback*, a média corresponde à aproximadamente 7 anos para o retorno do investimento, com 35% do projeto executado. Isso permite expor que o investimento mostra-se economicamente viável, mesmo analisando os cenários extremos (mínimo e máximo) na pior das hipóteses consideradas, ainda há um lucro expressivo.

Ademais, os resultados sugerem que apesar da metodologia clássica de cálculo de viabilidade econômica ser mais amplamente conhecida e disseminada, devido a facilidade no cálculo, esta não considera a análise do risco do investimento em diferentes cenários. Dessa forma, ao utilizar 100 mil interações por meio do SMC é possível obter dados mais confiáveis e que permitirá decisões mais assertivas, não apenas aos gestores rurais, mas também como uma técnica que pode ser utilizada pelos demais integrantes da cadeia de valor na análise de seus investimentos. Assim, este estudo contribui, ao evidenciar a aplicabilidade da técnica de SMC em conjunto com a MMIA, sendo esta abordagem útil para analisar a viabilidade econômica de diversos projetos de investimento.

Algumas das limitações encontradas nesta pesquisa se reportam à dificuldade de levantamento e mensuração de alguns dados da propriedade, devido a inexistência de controle de custos e despesas do período. Ressalta-se ainda, a pandemia da Covid-19, a qual acabou por limitar as visitas na propriedade, o que delongou o processo de coleta de dados de custos e economias.

Para pesquisas futuras, sugere-se a realização de novos estudos que possam ampliar o conhecimento existente sobre a temática, confirmando ou refutando os achados da pesquisa. Não obstante, recomenda-se ampliar o escopo da pesquisa para possibilitar os gestores

escolherem a melhor abordagem para cada investimento, realizar análises de riscos do projeto, bem como, utilizar a SMC para avaliar a viabilidade econômica em propriedades rurais que ainda não possuam a ordenha robótica instalada.

## 6. Referências

ABNT NBR 14653-1:2019. *Avaliação de bens – Parte 1: Procedimentos gerais*. 2019. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=419099>.

ASSAF NETO, A.; LIMA, F. G.; ARAÚJO, A. M. P. Uma proposta metodológica para o cálculo do custo de capital no Brasil. *Revista Administração*, v.43, n.1, p.72-83, 2008.

BACH, A.; CABRERA, V. Robotic milking: Feeding strategies and economic returns. *Journal of dairy science*, v. 100, n.9, p. 7720-7728, 2017. Doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11694>

BERNARDI, A.; LIMA, J. D. de; TRENTIN, M. G.; OLIVEIRA, G. A. Análise de investimento em segregação de milho: estudo de caso em agroindústria produtora de ração para frangos de corte. *Custos e Agronegócio on line*, v.13, n.4, p. 147-171, set/dez. 2017.

BODENMÜLLER FILHO, A.; DAMASCENO, J. C.; PREVIDELLI, I. T. S.; SANTANA, R. G.; RAMOS, C. E. C. D. O.; SANTOS, G. T. D. Tipologia de sistemas de produção baseada nas características do leite. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 8, p. 1832-1839, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000800028>.

BOTEGA, J. V. L., BRAGA JÚNIOR, R. A., LOPES, M. A., RABELO, G. F. Diagnóstico da automação na produção leiteira. *Ciência e Agrotecnologia*, v, 32, n.2, p. 635-639, 2008.

BUSS, A. E.; DUARTE, V. N. Estudo da viabilidade econômica da produção leiteira numa fazenda no Mato Grosso do Sul. *Custos e Agronegócio on line*, v. 6, n.2, p. 110-130, 2011.

CARICIMI, R.; LIMA, J. D. de. Economic Analysis for Small Hydroelectric Power Plant using Extended Multi-Index Methodology: An Approach Stochastic by the Monte Carlo Simulation. *IEEE Latin America Transactions*, v. 16, n.8, p. 2184-2191, Aug. 2018. Doi: 10.1109/TLA.2018.8528233

CASTRO, A.; PEREIRA, J. M.; AMIAMA, C.; BUENO, J. Estimating efficiency in automatic milking systems. *Diário de Dairy Science*, v.95, p.929-936, 2012. Doi: 10.3168 / jds.2010-3912.

CENTRO DE PESQUISAS ECONÔMICAS DA ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ (CEPEA) (São Paulo). *ICAP-L/CEPEA - Índice de Captação de Leite Brasil*. 2020. Disponível em: <https://cepea.esalq.usp.br/br/indicador/leite-indice-de-captacao.aspx>. Acesso em: 15 jun. 2020.

CENTRO DE SOCIOECONOMIA E PLANEJAMENTO AGRÍCOLA (CEPA). (Florianópolis) *Preços agrícolas mensais*. 2020. Disponível em: <https://cepa.epagri.sc.gov.br/index.php/produtos/mercado-agricola/precos-agricolas-mensais-indice/>. Acesso em: 15 jun. 2020.

CÓRDOVA, H. D. A.; ALESSIO, D. R. M.; CARDOZO, L. L.; THALER NETO, A. Impact of the factors of animal production and welfare on robotic milking frequency. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 53, n.2, p. 238-246, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2018000200013>

CRESWELL, J. W. *Investigação qualitativa e projeto de pesquisa: escolhendo entre as abordagens*. 3.ed. Porto Alegre: Penso, 2014.

DAMODARAN, A. *Introdução à Avaliação de Investimentos: ferramentas e técnicas para a determinação do valor de qualquer ativo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2018.

DRANKA, G. G.; CUNHA, J.; LIMA, J. D. de; Ferreira, P. Economic evaluation methodologies for renewable energy projects. *AIMS Energy*, v. 8, n. 2, p. 339-363. 2020. Doi: [10.3934/energy.2020.2.339](https://doi.org/10.3934/energy.2020.2.339)

DRANKA, G. G.; LIMA, J. D. de; BONOTTO, R. C.; MACHADO, R. H. S. Economic and Risk Analysis of Small-Scale PV Systems in Brazil. *IEEE Latin America Transactions*, v. 16, n. 10, p. 2.530-2.538, Oct. 2018. Doi: [10.1109/TLA.2018.8795132](https://doi.org/10.1109/TLA.2018.8795132)

EMBRAPA (Brasil) (Org.). *Anuário Leite 2019*. Brasil: Texto Comunicação Corporativa, 2019. 53 p. Disponível em: <[embrapa.br/gado-de-leite](http://embrapa.br/gado-de-leite)>. Acesso em: 19 nov. 2019

FERREIRA, F. C.; SIQUEIRA, K. B.; PEREIRA, L. G. R. A pecuária leiteira de precisão sob a ótica econômica. *Embrapa Gado de Leite-Artigo em periódico indexado (ALICE)*, 2015.

FEUZ, R.; LARSEN, R. Even Robots Need a House: The Robotic Milking System Facility Investment Decision Case Study. *Applied Economics Teaching Resources (AETR)*, v. 2, n. 1, p. TBD-TBD, 2020.

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

GITMAN, L. J. *Princípios de administração financeira*. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

GOFFI, A. S.; TROJAN F.; LIMA, J. D. de; LIZOT, M.; THESARI, S. S. Economic Feasibility for Selecting Wastewater Treatment Systems. *Water Science and Technology*, v. 78, n. 12, p. 2518-2531, 2019. Doi: <https://doi.org/10.2166/wst.2019.012>

GONÇALVES, J. C.; OLIVEIRA, A. D., CARVALHO, S. P. C., GOMIDE, L. R. Análise econômica da rotação florestal de povoamentos de eucalipto utilizando a Simulação De Monte Carlo. *Ciência Florestal*, v. 27, n. 4, p. 1339-1347, 2017. Doi: <https://doi.org/10.5902/1980509830215>

GULARTE, L. C. P.; LIMA, J. D. de; OLIVEIRA, G. A.; BARICHELLO, R.; PINTO, M. A. N. Modelo de avaliação da viabilidade econômico-financeira da implantação de usinas de reciclagem de resíduos da construção civil em municípios brasileiros. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. v. 25, n. 2, mar./abr. 2020, p.281-291. Doi: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522020193153>

GULARTE, L. C. P.; LIMA, J. D. de; OLIVEIRA, G. A.; TRENTIN, M. G.; SETTI, D. Estudo de viabilidade econômica da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil no município de Pato Branco – PR utilizando a metodologia multi-índice ampliada. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. v. 22, n. 5, set./nov. 2017, p.985-992. Doi: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522017162097>

HARZER, J. H.; SOUZA, A.; SILVA, W. V.; CRUZ, J. A. W. Abordagem probabilística do indicador TMA/TIR para avaliação do risco financeiro em projetos de investimentos. In: *Congresso Brasileiro de Custos*, 21, 2014, Natal/RN. Anais..., 2014.

HOGVEEN, H.; OUWELTJES, W.; KONING, C. J. A. M. de; STELWAGEN, W. Milking interval, milk production and milk flow-rate in an automatic milking system. *Pecuária Ciência da Produção*. v. 72, p.157-167, 2001. Doi: 10.1016 / S0301- 6226 (01) 00276-7.

HYDE, J.; ENGEL, P. Investing in a robotic milking system: A Monte Carlo simulation analysis. *Journal of dairy science*, v. 85, n. 9, p. 2207-2214, 2002. Doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74300-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74300-2)

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (Org.). *Estatística da Produção Pecuária*. Brasil: IBGE, 2018. 48 p. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2380/epp\\_2019\\_2tri.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2380/epp_2019_2tri.pdf)>. Acesso em: 19 nov. 2019

JÚNIOR, A. A. M., JUNG, C. F. Produção leiteira no Brasil e características da bovinocultura leiteira no Rio Grande do Sul. *Ágora*, v. 19, n.1, p. 34-47, 2017.

LIMA, J. D. de; ALBANO, J. C. da S.; OLIVEIRA, G. A.; TRENTIN, M. G.; BATISTUS, D. R. Estudo de viabilidade econômica da expansão e automatização do setor de embalagem em agroindústria avícola. *Custos e Agronegócio on line*, v. 12, n. 1, 2016. p.89-112.

LIMA, J. D. de; BENNEMANN, M.; SOUTHER, L. F. P.; BATISTUS, D. R.; OLIVEIRA, G. A. \$AVEPI – Web System to Support the Teaching and Learning Process in Engineering Economics. *Brazilian journal of operations and production management*, v. 14, p. 469-485, 2017b. Doi: <https://doi.org/10.14488/BJOPM.2017.v14.n4.a4>

LIMA, J. D. de; COLOMBO, J. A.; DRANKA, G. G.; OLIVEIRA, G. A. *Ferramenta computacional \$AVEPI como suporte para o processo de ensino e aprendizagem de Engenharia Econômica*. In Relatos de Experiências em Engenharia de Produção 2021. 1 ed. Rio de Janeiro/RJ: Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEPRO, 2021, v. I, p. 85-104. DOI: 10.14488/encep.9786588212011.95-103

LIMA, J. D. de; SCHEITT, L. C.; BOSCHI, T. de F.; SILVA, N. J. da; MEIRA, A. A. de; DIAS, G. H. Propostas de ajuste no cálculo do *Payback* de projetos de investimentos financiados. *Custos e Agronegócio on line*. v. 9, n. 4 – Out/Dez, p. 162-180. 2013.

LIMA, J. D. de; SOUTHER, L. F. P. *Guia prático para usuário do \$AVEPI®: sistema de análise de viabilidade econômica de projetos de investimento*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR – Campus Pato Branco). Departamento Acadêmico de Matemática (DAMAT) e Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS). 2022. Disponível em: <http://pb.utfpr.edu.br/savepi>

LIMA, J. D. de; TRENTIN, M. G.; OLIVEIRA, G. A.; BATISTUS, D. R.; SETTI, D. A systematic approach for the analysis of the economic viability of investment projects. *Int. J. Engineering Management and Economics*. v. 5, n. 1/2. p. 19-34. 2015. Doi: <https://doi.org/10.1504/IJEME.2015.069887>

LIMA, J. D. de; TRENTIN, M. G.; OLIVEIRA, G. A.; BATISTUS, D. R.; SETTI, D. *Systematic Analysis of Economic Viability with Stochastic Approach: A Proposal for Investment*. In: *Engineering Systems and Networks: The Way Ahead for Industrial Engineering and Operations Management*. Amorim, M.; Ferreira, C.; Vieira Junior, M.; Prado, C. (Org.). Volume 10, Serie 11786: *Lecture Notes in Management and Industrial Engineering*. 1ed.Switzerland: Springer International Publishing, 2017a, v. 10, p. 317-325. Doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-45748-2\\_34](https://doi.org/10.1007/978-3-319-45748-2_34)

LIZOT, M.; ANDRADE JUNIOR, P. P.; LIMA, J. D. de; TRENTIN, M. G.; SETTI, D. Análise econômica da produção de aveia preta para pastejo e ensilagem utilizando a metodologia multi-índice ampliada. *Custos e Agronegócio on line*, v. 13, n. 2, p. 141-155, 2017.

MACHADO, N. R.S. FERREIRA, A. O. Método de simulação de Monte Carlo em planilha Excel: desenvolvimento de uma ferramenta versátil para análise quantitativa de riscos em gestão de projetos. *Revista de Ciências Gerenciais*, v. 16, n. 23, 2012.

MACULAN, R.; LOPES, M. A. Ordenha robotizada de vacas leiteiras: uma revisão. *Boletim de Indústria Animal*, v. 73, n. 1, p. 80-87, 2016.

MARTINS, É. D. A., CAMPOS, R. T., CAMPOS, K. C., ALMEIDA, C. D. S. Rentabilidade da produção de acerola orgânica sob condição determinística e de risco: estudo do distrito de irrigação tabuleiro litorâneo do Piauí. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.54, n.1, p 9-28, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-9479005401001>

MOORE, J. H.; WEATHERFORD, L. R. *Tomada de Decisão em Administração com Planilhas Eletrônicas*. Porto Alegre: Bookman, 2005.

NETO, A. F.; LOPES, M. A. Uso da robótica na ordenha de vacas leiteiras: uma revisão. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, v. 22, n. 3, p. 101-107, 2014.

OLIVEIRA, E. R.; NORONHA, J. F.; FIGUEIREDO R. S.; SILVA JR., R. P. Estudo de viabilidade econômica e risco para sistemas de bovinocultura de leite em Piracanjuba, GO. *Revista de Política Agrícola*. Ano XVI – Nº 3 – Jul./Ago./Set. 2007.

PETRI, J. M. *Proposta de um framework de avaliação de projetos de investimento em inovação tecnológica de startup*. 2021. 143 p. Dissertação. (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/>

PIOVESAN, G. T.; LIMA, J. D. de; OLIVEIRA, G. A. Uma abordagem multi-índice na análise de custos e investimentos na automação de equipamentos de sanitização na indústria de rações. *Custos e Agronegócio on line*, v. 17, n. 1, p. 145-165, 2021. Disponível: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero1v17/OK%20%20automacao.pdf>

SALFER, J. A.; MINEGISHI, K. L. W.; BERNING, E.; ENDRES, M. I. Finances and returns for robotic dairies. *Journal of dairy science*, v. 100, n. 9, p. 7739-7749, 2017. Doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11976>

SHORTALL, J.; SHALLOO, L.; FOLEY, C.; SLEATOR, R. D.; O'BRIEN, B. Investment appraisal of automatic milking and conventional milking technologies in a pasture-based dairy system. *Journal of dairy science*, v. 99, n.9, p. 7700-7713, 2016. Doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11256>

SILVA, K. P.; LIMA, J. D. de. MALACARNE, K.; CARICIMI, R. Análise da viabilidade econômica da automação de processo: estudo de caso em uma cooperativa agroindustrial avícola. *Custos e Agronegócio on Line*, v.15, Ed. Especial. Abr. p. 537-555, 2019.

SILVEIRA, I. D.; PETERS, M. D. D. P.; STORCH, T.; ZIGUER, E. A.; FISCHER, V. Simulação da rentabilidade e viabilidade econômica de um modelo de produção de leite em free-stall. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 63, n. 2, p. 392-398, 2011.

SIMÕES, A. R. P.; DA SILVA, R. M.; DE OLIVEIRA, M. V. M.; CRISTALDO, R. O.; BRITO, M. C. B. Avaliação econômica de três diferentes sistemas de produção de leite na região do Alto Pantanal Sul-mato-grossense. *Agrarian*, n. 2, v.5, 2009, 153-167.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. *Decisões Financeiras e Análise de Investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações*. 6. ed., São Paulo: Atlas, 2008.

SOUZA, A.; DE OLIVEIRA, A. M. M; FOSSILE, D. K.; ÓGUCHI OGU, E.; DALAZEN, L. L.; DA VEIGA, C. P. Business Plan Analysis Using Multi-Index Methodology: Expectations of Return and Perceived Risks. *SAGE OPEN*, v. 10, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1177/2158244019900171>

STEENEVELD, W.; VERNOOIJ, J. C. M.; HOGEEVEEN, H. Effect of sensor systems for cow management on milk production, somatic cell count, and reproduction. *Journal of dairy science*, v. 98, n. 6, p. 3896-3905, 2015. Doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9101>

SVENNERSTEN-SJAUNJA, K. M.; PETTERSSON, G. Pros and cons of automatic milking in Europe. *Journal of Animal Science*, v. 86, p.37-46, 2008. Suplemento 1. Doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0527>

TEIXEIRA, K.; DE OLIVEIRA, A. A. Uso e boas práticas nos sistemas de produção de leite, em Sergipe. *Embrapa Tabuleiros Costeiros*. p. 31-47. 2013

TOMAZINI, C. E. G.; SANTOS, E. P.; ABATTI, L.; BORSATTI, A. C.; TAVARES, B.; LIMA, J. D. de. Análise de viabilidade econômica da produção de physalis em estufa como opção de renda para a agricultura familiar. *Custos e Agronegócio on line*, v. 17, ed. Especial, p. 161-183, 2021. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/especialv17/OK%207%20phisalis.pdf>

TONIAL, C. H.; RODRIGUES, M. F. F.; BOSSE, M. A.; SOUZA, I. M. O.; LIMA, J. D. de; CUNHA, M.A.A. da; FOGGIO, M.A., Marques, M.O.M.; MARCHESE, J.A. Technical and economic evaluation of cultivation and obtaining of *Varronia curassavica* Jacq. essential oil.

*Industrial Crops and Products*, 154, p. 1-12, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112650>

VIK, J.; STRÆTE; E. P.; HANSEN, B. G.; NÆRLAND, T. The political robot – The structural consequences of automated milking systems (AMS) in Norway. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, v. 90, p. 100305, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100305>

VILANI, L. *Proposta de um framework para análise de viabilidade econômica de projetos de investimentos agropecuário*. 2020, 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – PR.

VILANI, L.; LIMA, J. D. de. Análise da viabilidade econômica da produção integrada de grãos e eucalipto na região Oeste de Santa Catarina. *Custos e Agronegocio on line*, v. 16, p. 354-373, 2020.

VILELA, D.; RESENDE, J. C. D.; LEITE, J. B.; ALVES, E. A evolução do leite no Brasil em cinco décadas. *Revista de Política Agrícola*, v. 26, n. 1, p. 5-24, 2017.

WERNCKE, D.; GABBI, A. M.; ABREU, A. S. D.; FELIPUS, N. C.; RECHE, N. L. M.; CARDOZO, L. L.; THALER NETO, A. Qualidade do leite e perfil das propriedades leiteiras no sul de Santa Catarina: abordagem multivariada. Arquivo brasileiro de medicina veterinária e zootecnia. *Brazilian journal of veterinary and animal sciences*. Belo Horizonte. Vol. 68, n. 2, p. 506-516.2016. Doi: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8396>

ZANIN, A.; DAL MAGRO, C. B.; KLEINIBING BUGALHO, D.; MORLIN, F.; AFONSO, P.; SZTANDO, A. Driving Sustainability in Dairy Farming from a TBL Perspective: Insights from a Case Study in the West Region of Santa Catarina, Brazil. *Sustainability*. v. 12, p. 60-38, 2020. Doi: <https://doi.org/10.3390/su12156038>