

Viabilidade econômica da suplementação animal e da adubação fosfatada e potássica na soja em sistema integrado de produção agropecuária

Recebimento dos originais: 17/06/2024
Aceitação para publicação: 26/03/2025

Renato Marchesan

Doutorando em Zootecnia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos
Endereço: Estrada para Boa Esperança, Km 04 – Comunidade São Cristóvão
CEP: 85.660-000 – Dois Vizinhos – PR - Brasil
E-mail: renatomarchesan@yahoo.com.br

Laércio Ricardo Sartor

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal do Paraná
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos
Endereço: Estrada para Boa Esperança, Km 04 – Comunidade São Cristóvão
CEP: 85.660-000 – Dois Vizinhos – PR - Brasil
E-mail: laerciosartor@utfpr.edu.br

José Donizetti de Lima

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco
Endereço: Via do Conhecimento, km 01, Bairro Fraron
CEP: 85503-390 – Pato Branco – PR - Brasil
E-mail: donizetti@utfpr.edu.br

Almir Antônio Gnoatto

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal do Paraná
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos
Endereço: Estrada para Boa Esperança, Km 04 – Comunidade São Cristóvão
CEP: 85.660-000 – Dois Vizinhos – PR - Brasil
E-mail: almirgnoatto@utfpr.edu.br

Denise Adelaide Gomes Elejalde

Pós-Doutora em Agronomia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco
Endereço: Via do Conhecimento, km 01, Bairro Fraron
CEP: 85503-390 – Pato Branco – PR - Brasil
E-mail: denise.elejalde@gmail.com

Géremi Gilson Dranka

Doutor em Engenharia Industrial e de Sistemas pela Universidade do Minho - Portugal
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco
Endereço: Via do Conhecimento, km 01, Bairro Fraron
CEP: 85503-390 – Pato Branco – PR - Brasil
E-mail: geremidranka@utfpr.edu.br

Luis Fernando Glasenapp de Menezes

Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Santa Maria
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a viabilidade econômica de um SIPA com animais recebendo níveis de suplementação em pastagem hibernal e o sistema recebendo doses de fósforo e potássio, sendo a soja a cultura de lavoura no verão. Os tratamentos avaliados foram três níveis de suplemento para os animais: 0,0%, 0,3% e 0,5% do peso corporal e quatro doses de P₂O₅ e K₂O na cultura da soja, sendo 0-0 kg ha⁻¹, 30-30 kg ha⁻¹, 60-60 kg ha⁻¹ e 90-90 kg ha⁻¹, respectivamente. A pastagem hibernal, composta de aveia e azevém consorciados, recebeu 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples (19% de P₂O₅), 70 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio (60% de K₂O) e 130 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia (45% de N), quantidade estimada com base na expectativa de rendimento de grãos de soja de 5 t ha⁻¹. Foram obtidos todos os custos e receitas do sistema para formar o fluxo de caixa de cada tratamento. Após isso, foram aplicadas duas abordagens para avaliar as dimensões retorno e risco de cada um dos tratamentos: Metodologia Multi-índice Ampliada (MMIA) e Simulação de Monte Carlo (SMC). Os resultados da MMIA indicaram que todos os tratamentos são viáveis do ponto de vista econômico, no entanto em todos os tratamentos verificou-se uma alta sensibilidade nas variáveis Custo Total e Receita Total, o que mostra que existe um certo risco, por isso recomendou-se a utilização da SMC para melhor avaliar esse risco. Por sua vez a SMC demonstrou que todos os tratamentos possuem baixo risco de insucesso. Conclui-se que é possível recomendar o fornecimento de 0,3% de suplemento energético para os animais no período do inverno em sistemas integrados. Além disso recomenda-se o uso de adubação de sistema, fazendo a aplicação da adubação somente na pastagem que antecede a lavoura.

Palavras-chave: Integração Lavoura-Pecuária. Metodologia Multi-Índice Ampliada. Simulação de Monte Carlo.

1. Introdução

A crescente demanda por alimentos no mundo e a evolução tecnológica fizeram com que a agricultura moderna fosse conduzida a modelos de monocultura, visando uma maior produção em escala. No entanto, esses modelos já estão apresentando sinais de saturação, trazendo problemas como a degradação dos solos. Os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) são apresentados com uma alternativa a esse problema, trazendo consigo, além da melhoria das condições do solo, incremento na rentabilidade da propriedade rural (VINHOLIS et al., 2021).

Esses sistemas consistem na implantação, na mesma área, de diferentes atividades, como agricultura, pecuária e silvicultura, em consórcio, sequencial ou rotacionado, aproveitando assim a sinergia entre elas (ANJOS et al., 2021). A utilização desses sistemas é

Marchesan, R.; Sartor, L.R.; Lima, J. D. de; Gnoatto, A.A.; Elejalde, D.A.G.; Dranka, G.G.; Menezes, L.F.G. de. uma estratégia mais vantajosa que o sistema de monocultura convencional, pois apresenta um menor custo de produção e maior produtividade, com menor risco sistemático devido a fonte de renda diversificada (SILVA et al., 2021). Lemaire et al. (2014) sugerem que os SIPA podem proporcionar interações ecológicas entre os diferentes sistemas de utilização da terra, tornando os ecossistemas agrícolas mais eficientes na ciclagem dos nutrientes, preservando o ambiente e os recursos naturais, melhorando a qualidade do solo e aumentando a biodiversidade. Além disso, segundo os mesmos autores, é possível melhorar a eficiência da utilização da mão de obra devido a diversificação da produção.

Os SIPA são complexas estratégias de produção, cujo principais componentes são: o solo, a planta e o animal. Vários estudos abordaram sobre a interação entre eles e concluíram que há viabilidade técnica nesses sistemas, no entanto poucos estudos avaliam a sua viabilidade econômica (ELEJALDE et al., 2023). Segundo Vinholis et al. (2021), o fato de um sistema de produção ser tecnicamente viável, não significa que ele seja economicamente viável. Dessa forma, deve-se considerar a análise de viabilidade econômica antes da tomada de decisões (ELEJALDE et al., 2023). De acordo com Lima et al. (2015), não basta que um projeto seja desenvolvido de forma excepcional sob o ponto de vista técnico, se ele for inviável economicamente, ou seja, um projeto é muito melhor avaliado quando as duas análises forem desenvolvidas e, sempre que possível, de forma conjunta.

Ainda de acordo com Elejalde et al. (2023), uma das maiores dificuldades para os produtores rurais é de conseguir administrar a sua propriedade como uma empresa, onde ele precisa considerar todas as entradas e saídas financeiras e também fazer projeções para as safras futuras. Dessa forma, a falta de dados sobre viabilidade econômica é um dos motivos que afastam ainda mais os produtores em aderir ao SIPA.

De acordo com Carvalho et al. (2018), é de conhecimento teórico e prático que os sistemas integrados trazem diversos benefícios técnicos e ambientais. Além disso, esses autores destacam esse tipo de sistema como sendo uma boa alternativa para melhorar a rentabilidade de uma fazenda.

É nesse contexto que entra a necessidade de uma análise de viabilidade econômica, a qual leva em consideração o retorno e os riscos envolvidos, os quais devem ser analisados de forma conjunta de forma que é possível aceitar um risco maior quando o retorno também for alto (SOUZA E CLEMENTE, 2022). Existem algumas metodologias que devem ser empregadas para se conhecer esses parâmetros de retorno e risco, porém anteriormente a isso é de suma importância que seja estimado o fluxo de caixa, o qual é formado através das

Marchesan, R.; Sartor, L.R.; Lima, J. D. de; Gnoatto, A.A.; Elejalde, D.A.G.; Dranka, G.G.; Menezes, L.F.G. de. informações de investimento inicial, levantamento de custo de produção, custos de manutenção e previsão das receitas (RASOTO et al., 2012).

Portanto, a falta de informações relativas à viabilidade econômica de SIPA na região sudoeste do Paraná motivou a realização dessa pesquisa, já que esses sistemas possuem um grande potencial de crescimento na região. Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo geral, avaliar a viabilidade econômica de um SIPA implantado na região Sudoeste do Paraná. Os objetivos específicos são: (i) verificar a viabilidade econômica da suplementação de bovinos de corte sobre pastagens hibernais em sistemas integrados de produção agropecuária; (ii) observar qual nível de adubação fosfatada e potássica proporciona maior viabilidade econômica na cultura da soja em um sistema integrado de produção agropecuária e por consequência avaliar a viabilidade econômica da utilização de adubação de sistema em SIPA.

2. Referencial Teórico

Nesta seção será abordado uma breve descrição dos SIPA e seus benefícios. Também a importante função que esses sistemas têm para o futuro da produção agropecuária, onde busca-se a intensificação sustentável da produção, visando atender a demanda crescente de alimentos com menores impactos ambientais e sociais.

2.1. Análise de viabilidade técnica, regulatória e de sustentabilidade ambiental e social

O crescimento populacional das últimas décadas fez crescer também a demanda por alimentos no mundo. Para isso, ocorreram diversos avanços tecnológicos na agricultura, e muitos desses avanços conduziram a modelos de monocultura, visando uma maior produção de alimentos em escala. Porém, esses modelos já estão apresentando sinais de saturação, trazendo diversos problemas ambientais e também a degradação dos solos (VINHOLIS et al., 2021). Muitos desses problemas ambientais são consequência do uso excessivo de insumos químicos necessários para atingir elevados níveis de produção. Entre as causas desses impactos ambientais negativos estão a simplificação e homogeneidade dos sistemas de produção agrícola, tanto em escala espacial, quanto temporal (LEMAIRE et al., 2023). Sendo assim, o principal desafio dos pesquisadores e dos produtores rurais é aumentar a produção de alimentos para atender a demanda da população, sem degradar os recursos naturais nem aumentar as contribuições para as mudanças climáticas (KUNRATH et al., 2020).

Marchesan, R.; Sartor, L.R.; Lima, J. D. de; Gnoatto, A.A.; Elejalde, D.A.G.; Dranka, G.G.; Menezes, L.F.G. de.

Neste sentido, os SIPA se apresentam como uma alternativa para aumentar a produção de alimentos de maneira sustentável (VINHOLIS et al., 2021). Segundo a FAO (2010), os SIPA se destacam como uma forma promissora para se alcançar a intensificação sustentável da agricultura e garantir a segurança alimentar da população global. Os SIPA são mais eficientes no uso dos recursos naturais, promovem a ciclagem de nutrientes dentro do sistema, auxiliam também na melhoria da qualidade do solo, possibilitam redução de custos de produção mantendo alta produtividade, além de produzirem inúmeros serviços ecossistêmicos (CARVALHO et al., 2014).

Segundo Anjos et al. (2021), os SIPA consistem na implantação, na mesma área, de diferentes atividades, sendo elas atividades de agricultura, pecuária e silvicultura, em consórcio, sequencial ou rotacionado, aproveitando assim a sinergia entre elas. De acordo com Gasparini et al. (2017), podem ser colocados como benefícios dos SIPA: a melhoria dos atributos físicos do solo; a redução da ociosidade das áreas agrícolas; a diversificação da produção e estabilização da renda da propriedade; a quebra do ciclo de doenças e redução de pragas e plantas daninhas; a melhora do ambiente para os animais quando há uso de árvores, além de incremento de renda com a comercialização de madeira e; aumento da matéria orgânica do solo, o que contribui para maior infiltração e armazenamento de água no solo e também para um maior sequestro de carbono e mitigação de gases de efeito estufa.

Carvalho et al. (2018) dividem os benefícios dos SIPA em quatro áreas: (i) agronômica, que inclui a preservação e a manutenção da capacidade produtiva do solo; (ii) econômica, a qual visa a diversificação da produção de alimentos e maior produtividade com custos reduzidos; (iii) ecológica, reduzindo a ocorrência de pragas e doenças, além de um menor uso de pesticidas e controle de erosão do solo; e (iv) social, diminuindo a migração rural-urbana através do aumento de oportunidades de emprego nas áreas rurais. Esses autores ainda colocam como um importante benefício a redução do risco associado as frustrações de safra no verão e também o risco de baixos preços dos cereais de inverno, o que contribui para maximizar os lucros e melhorar a eficiência do uso da terra. Essa diminuição de risco também pode ser chamada de resiliência. Portanto, as fazendas que adotarem o SIPA passam a ter uma maior resiliência para sobreviver aos fatores externos como frustrações de safra e/ou variações do mercado (PETERSON et al., 2020).

2.2. Levantamento de custos no agronegócio

Antes de iniciar uma Análise de Viabilidade Econômica é de extrema importância realizar o levantamento dos custos de produção, os quais juntamente com a previsão das receitas irão formar o fluxo de caixa do projeto (RASOTO et al., 2012). Toda atividade agrícola apresenta uma natureza de grande competitividade, portanto a caracterização dos custos de produção é um ponto de extrema importância para que se possa identificar os entraves do processo produtivo e também suas vantagens, e posteriormente a realização de uma análise econômica e consequente tomada de decisão (MORAES et al., 2014).

Segundo a norma de CONAB (2020), o cálculo do custo é composto por todos os dispêndios, explícitos ou não, que devem ser assumidos pelo produtor, desde as fases iniciais de produção, até as fases de comercialização do produto final. Ainda segundo a mesma norma, o custo está associado as características de cada unidade produtiva, ao nível de tecnologia empregada e aos preços dos fatores em uso. Em resumo o custo é obtido pela multiplicação da matriz de coeficientes técnicos pelo preço dos fatores.

A metodologia de levantamento de custos do Instituto de Economia Agrícola (IEA) do estado de São Paulo, proposto por Matsunaga *et al.* (1976) divide os custos em custo operacional efetivo (custos variáveis), custo operacional total (soma dos custos fixos com os custos variáveis), custo de oportunidade (de uso alternativo da terra e de capital investido) e custo total (soma do custo operacional total com o custo de oportunidade). O custo operacional efetivo comprehende os custos que variam em função da produção e que são de fato desembolsados pelo produtor, por exemplo a aquisição de sementes, defensivos e fertilizantes. O custo fixo (que compõe o custo operacional total juntamente com o custo variável) são os custos que independem da produção, ou seja, irão existir independentemente se houver ou não produção, como é o caso das depreciações. Os custos de oportunidade são divididos em dois tipos de custos: custo de oportunidade do capital investido e custo de oportunidade de uso alternativo da terra. Por fim, o custo total nada mais é do que a soma do custo operacional total com custo de oportunidade.

2.3. Análise de viabilidade econômica de projetos de investimento

Uma empresa tem como objetivo, além de gerar lucros, atender a satisfação dos seus funcionários, acionistas, fornecedores e clientes (LIMA et al., 2016). Além disso, Souza e

Custos e @gronegócio on line - v. 20, n. 3, Jul/Set - 2024.

ISSN 1808-2882

www.custoseagronegocioonline.com.br

Marchesan, R.; Sartor, L.R.; Lima, J. D. de; Gnoatto, A.A.; Elejalde, D.A.G.; Dranka, G.G.; Menezes, L.F.G. de. Clemente (2022), afirmam que a empresa pode ser uma entidade de capital cujo objetivo é a sua valorização. Dessa forma, é possível considerar que a empresa é uma unidade de capital em expansão, e essa expansão provém da sua capacidade de gerar lucros e acumulá-los. Sendo assim, é muito comum verificar que as empresas tendem a buscar tal expansão por intermédio de novos investimentos. Segundo os conceitos de Engenharia Econômica, um investimento tem o objetivo de contribuir com a melhoria do processo produtivo, aumentando a eficiência, reduzindo custos, elevando a produtividade, ampliando a capacidade produtiva, entre outros, sendo fundamental a realização de uma análise de investimento para auxiliar na tomada de decisão (LIMA et al., 2023).

Faz-se necessário a elaboração de uma análise de viabilidade técnica e econômica. Após um projeto ser aprovado sob o aspecto técnico, legal, regulatório e de sustentabilidade econômica, social, governança e ambiental, ele deve passar por uma criteriosa análise de viabilidade econômica (LIMA et al. 2015). A decisão de investir deve levar em consideração o retorno e os riscos, de forma que é possível aceitar um risco maior quando o retorno também for maior (SOUZA E CLEMENTE, 2022). A análise de investimento faz um confronto entre o retorno esperado com os riscos associados para subsidiar a tomada de decisão (LIMA et al., 2023).

Algumas metodologias podem ser empregadas para a realização de um estudo de viabilidade econômica de um projeto de investimento (PI). No entanto, antes de abordar esse assunto, é importante destacar a necessidade de se definir uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA), que é a menor taxa de retorno exigida, pois está associada à um baixo risco, ou seja, é o mínimo que o investidor deve obter de retorno em PI (LIMA et al, 2015). Após isso é de extrema importância estimar o fluxo de caixa desse projeto, que deve iniciar com a coleta de dados relativas à estimativa de investimento inicial, projeção dos custos de produção, custos de manutenção e uma previsão das receitas (RASOTO et al., 2012).

Destacam-se como metodologias de análise de investimentos: Metodologia Clássica (MC), Metodologia Multi-índice (MMI), Metodologia Multi-índice Ampliada (MMIA), Simulação de Monte Carlos (SMC); e Teoria das Opções Reais (TOR). As duas primeiras (MC e MMI) são detalhadas por Souza e Clemente (2022), a MMIA é proposta por LIMA et al. (2015). Lima et al. (2017a) destacam o uso da SMC, enquanto que Copeland e Antikarov (2001) tratam sobre a TOR.

Uma síntese comparativa dessas metodologias (DRANKA et al., 2020; GUARES et al., 2021), com respectivas dimensões e indicadores é apresentada na Tabela 1. Todas estas metodologias estão implementadas no aplicativo web de acesso livre \$AVEPI® (LIMA et al.,
Custos e @gronegócio on line - v. 20, n. 3, Jul/Set - 2024. www.custoseagronegocioonline.com.br ISSN 1808-2882

Marchesan, R.; Sartor, L.R.; Lima, J. D. de; Gnoatto, A.A.; Elejalde, D.A.G.; Dranka, G.G.; Menezes, L.F.G. de. 2017b; PIOVESAN et al., 2021; TOMAZINI et al., 2021; LIMA et al., 2021; NESPOLO et al., 2022).

Tabela 1: Metodologias, dimensões e indicadores para a análise de viabilidade econômica.

MMI¹/MMIA²/RETORNO	Valor Presente (VP)	$VP = \sum_{j=1}^N \frac{FC_j}{(1 + TMA)^j}$
	Valor Presente Líquido (VPL ³)	$VPL = \sum_{j=0}^N \frac{FC_j}{(1 + TMA)^j}$
	Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA)	$VPLA = \frac{VPL \cdot TMA \cdot (1 + TMA)^N}{(1 + TMA)^N - 1}$
	Índice Benefício Custo (IBC)	$IBC = \frac{\sum_{j=1}^N \frac{RT_j}{(1 + TMA)^j}}{\sum_{j=0}^N \frac{CT_j}{(1 + TMA)^j}}$
	Retorno Adicional sobre o Investimento (ROIA)	$ROIA = \sqrt[N]{IBC} - 1$
	TIRM ⁴ ou ROI ⁵	$TIRM = (1 + TMA) \cdot (1 + ROIA) - 1$
	Índice ROIA/TMA ⁶	$\text{Índice ROIA/TMA} = ROIA/TMA$
MMI¹/MMIA²/RISCOS	Payback ³	$\text{Payback} = \min\{ k \}, \text{tal que:} \\ \left\{ \sum_{j=1}^k \frac{FC_j}{(1 + TMA)^j} \geq FC_0 \right\}$
	Taxa Interna de Retorno (TIR ³)	$\sum_{j=0}^N \frac{FC_j}{(1 + TIR)^j} = 0$
	Índice Payback/N	$\text{Índice Payback /N} = \text{Payback /N}$
MMIA²/SENSIBILIDADES: LIMITES DE ELASTICIDADES (LEs)	Índice TMA/TIR	$\text{Índice TMA/TIR} = TMA/TIR$
	$\Delta\%TMA$	$\Delta\%TMA = \frac{TIR}{TMA} - 1$
	$\Delta\%FC_0$	$\Delta\%FC_0 = IBC - 1$
MMIA²/SENSIBILIDADES: VALORES-LIMITES (VLs)	$\Delta\%FC_j (j = 1, 2, \dots, N)$	$\Delta\%FC_j = 1 - \frac{1}{IBC}$
	VL_{TMA}	$VL_{TMA} = TMA \cdot (1 + \Delta\%TMA) = TIR$
	VL_{FC_0}	$VL_{FC_0} = FC_0 \cdot (1 + \Delta\%FC_0) = VP$
SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO (SMC)	$VL_{FC_j} (j = 1, 2, \dots, N)$	$VL_{FC_j} = FC \cdot (1 - \Delta\%FC_j)$
	Probabilidade – P(VPL < 0) ⁷	$P(VPL < 0) = \sum_{k=VPL-5 \cdot S_{VPL}}^0 \left(\frac{VPL + 5 \cdot S_{VPL}}{10,000} \right) \cdot \frac{1}{S_{VPL} \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{k-VPL}{S_{VPL}} \right)^2}$
	Valor em Risco – VaR _{5%} ⁸	$VaR_{5\%}(VPL) = \overline{VPL} + Z_{5\%} \cdot S_{VPL} \cong X_{5\%}$
	VaR Condisional – CVaR _{5%} ⁹	$CVaR_{5\%}(VPL) = \text{média dos VPLs, tal que:}$

$$VPL < VaR_{5\%}$$

Teoria das Opções Reais (TOR)	Valor da Opção Real (VOR)	$VOR = VPL_{Expandido} - VPL_{Traditional}$
----------------------------------	------------------------------	---

Fonte: Elaborada por Lima e Southier (2024) a partir de Dranka *et al.* (2020) e Guares *et al.* (2021).

¹Metodologia Multi-Índice; ²Metodologia Multi-Índice Ampliada.

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, Wolfart (2022) com base nas pesquisas de Dranka et al. (2020), Guares et al. (2021) e Petri (2021), recomenda a utilização do framework apresentado na Figura 1.

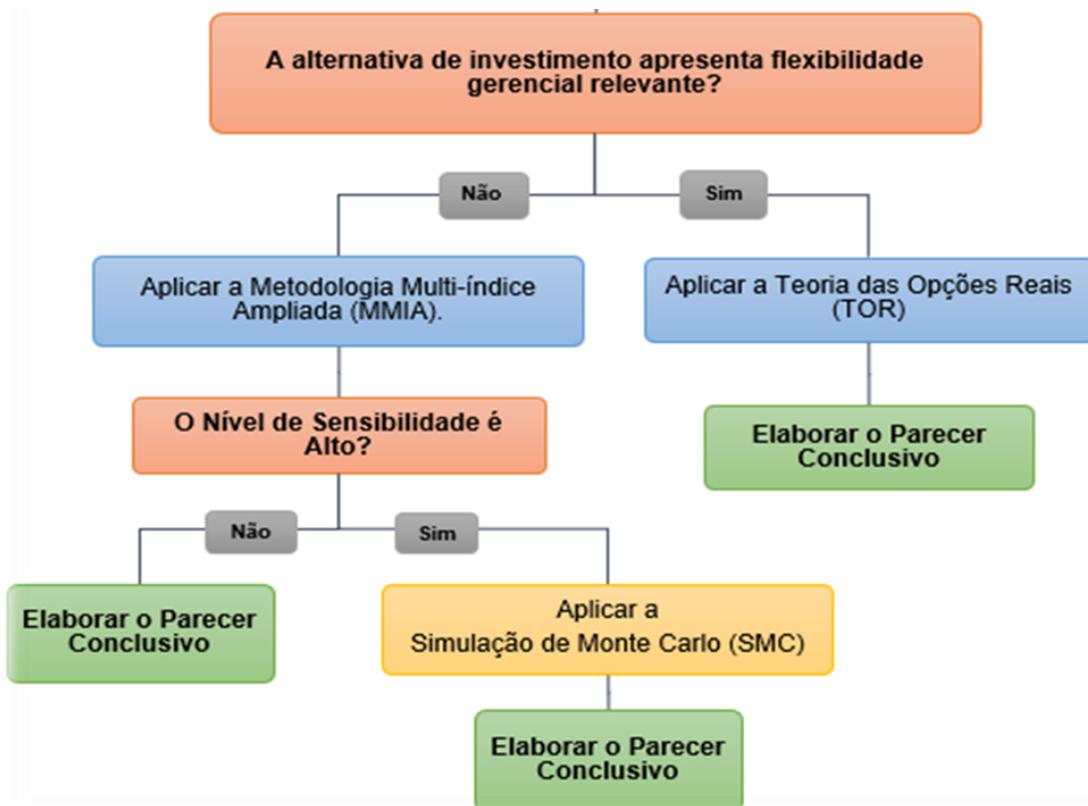


Figura 1: Roteiro para auxiliar na escolha da metodologia de avaliação de um investimento.

Fonte: Adaptado de Wolfart (2022) por Lima e Southier (2024).

Os índices de riscos das metodologias MMI/MMIA (TMA/TIR, Payback/N e GCR, por exemplo), tendem a superestimar o nível de risco de um PI (HARZER, 2015; HARZER et al., 2016). Nesse contexto, Lima e Southier (2024) recomendam a aplicação da Simulação de Monte Carlo (SMC), principalmente para projetos que prospectam pelo menos um índice de sensibilidade classificado como alto (menor que 33,33%).

O ponto de partida para iniciar uma avaliação econômica através da MMIA é o levantamento do fluxo de caixa para cada período avaliado e a definição da TMA (Souza e Clemente, 2022). Depois disso, é possível calcular os indicadores das dimensões retorno, riscos e sensibilidades. Os indicadores da dimensão retorno utilizados no presente trabalho foram: Valor Presente Líquido (VPL), Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA), Índice Benefício-Custo (IBC), Retorno Adicional Sobre o Investimento (ROIA) e Índice ROIA/TMA. Todas as fórmulas podem ser encontradas na Tabela 1.

O VPL é valor monetário verificado ao final da vida útil do projeto, trazido para a data zero, ele resulta do processo de descapitalizar todos os fluxos de caixa dos períodos avaliados a uma taxa de desconto (TMA) (Souza e Clemente, 2022). No entanto, segundo os mesmos autores, o VPL por si só não é suficiente para tomar a decisão de empreender ou não, pois ele é expresso em valores absolutos e não representa de forma percentual o retorno do projeto. O VPLA é o equivalente anual do VPL, no qual verifica-se o retorno do projeto em cada unidade de tempo. Ele apresenta a mesma inconveniência do VPL pois também se trata de valores absolutos, não devendo ser tomadas decisões somente observando essas informações (Souza e Clemente, 2022). Tanto o VPL, quanto o VPLA são interpretados de maneira que se possuírem um valor acima de zero, então o projeto pode ser considerado como viável economicamente.

O Índice Benefício/Custo (IBC) representa as expectativas de ganho por unidade de capital investido, além da TMA, o cálculo é feito dividindo-se os benefícios descontados pelos custos descontados (Lima et al., 2015). O IBC informa quantas unidades monetárias retornam para cada unidade monetária investida, dessa forma um IBC com valor maior que 1, significa que o projeto tem um retorno positivo, enquanto que um IBC com valor abaixo de 1, demonstra que o projeto tem um retorno negativo. O IBC, embora seja relevante e necessário, ainda não é suficiente para tomada de decisão, pois além de ser um índice do período todo e não por unidade de tempo, é necessário avaliar melhor a magnitude dos ganhos (Souza e Clemente, 2022).

O Retorno Adicional sobre o Investimento (ROIA) representa a rentabilidade do projeto e é equivalente ao IBC, porém é expressa por unidade de tempo. O ROIA indica o ganho anual do projeto acima da TMA, ele supera os demais indicadores pois indica o retorno do projeto em percentagem acima da decisão de não investir (Souza e Clemente, 2022). Um projeto pode ser considerado viável economicamente se apresentar um ROIA maior que zero.

O Índice ROIA/TMA é a razão entre o ROIA e a TMA. Ele mede a magnitude do retorno do investimento além da TMA. Através desse índice é possível classificar o PI como

Marchesan, R.; Sartor, L.R.; Lima, J. D. de; Gnoatto, A.A.; Elejalde, D.A.G.; Dranka, G.G.; Menezes, L.F.G. de. um projeto de retorno baixo (<33,33%), médio (33,33% a 66,66%) ou alto (>66,66%) (LIMA et al, 2015; LIMA & SOUTHIER, 2024).

Lima et al. (2015) propuseram uma avaliação de sensibilidade dos parâmetros avaliados em um PI. Nessa avaliação busca-se encontrar os limites de elasticidade e os valores-limite de cada parâmetro, ou seja, verificar quanto cada parâmetro pode variar antes de tornar-se o projeto inviável. Dessa forma, é possível identificar onde estão os pontos fracos do projeto e onde deve-se direcionar maior atenção. Os mesmos autores elaboraram uma escala de classificação para esses indicadores de sensibilidade, onde considerou-se: < 33,33%: alta sensibilidade; 33,33% a 66,66%: média sensibilidade; > 66,66%: baixa sensibilidade. A análise de sensibilidade visa aprofundar a percepção do risco no qual um projeto está sujeito (LIMA & SOUTHIER, 2024).

Lima et al. (2017a) relatam que para aceitar ou não um projeto de investimento após a aplicação da MMIA, deve haver uma análise entre a magnitude do retorno e do risco do projeto, sendo que sempre que houver um alto grau de risco e uma alta sensibilidade em algum parâmetro, mesmo que o grau de retorno seja alto, é necessário continuar analisando o projeto através de uma análise estocástica, utilizando-se da Simulação de Monte Carlo (SMC). A SMC é uma técnica que usa números aleatórios e distribuição de probabilidades para estimar a variabilidade do VPL, sendo possível encontrar a probabilidade deste ser negativo, e assim estima-se qual é o risco associado ao projeto em questão.

Outra metodologia que pode ser utilizada para avaliação de projetos de investimento é a Teoria das Opções Reais (TOR), no entanto está somente será utilizada em casos de projetos que possuem flexibilidade gerencial, conforme apresentado na figura 2. Nesta metodologia é feita a especificação das opções, onde é possível incorporar os valores das novas decisões tomadas posteriormente à sua análise inicial, sendo possível verificar ao longo do projeto novas possibilidades, podendo ser de manter, ampliar, reduzir ou até mesmo encerrar o investimento (COPELAND; ANTIKAROV, 2001). Na presente pesquisa não foi utilizada essa metodologia, justamente por não apresentar flexibilidade gerencial.

3. Procedimentos Metodológicos

Nesta seção serão apresentados os procedimentos metodológicos utilizados no presente trabalho. Na primeira parte é a apresentada a classificação da pesquisa de acordo com o seu enquadramento metodológico. A segunda parte foi destinada para apresentar em detalhes os materiais e métodos da pesquisa.

3.1. Classificação da pesquisa

A pesquisa é caracterizada de acordo com o seu enquadramento metodológico, tendo quatro classificações quanto: (i) à natureza; (ii) aos objetivos; (iii) aos procedimentos; e (iv) à abordagem do problema. Quanto a natureza, a presente pesquisa é classificada como aplicada, pois busca resolver problemas específicos. Quanto aos objetivos, a presente pesquisa é classificada como descritiva, pois visa descrever as características de determinada população ou fenômeno, o que possibilita estabelecer relações entre as variáveis. Quanto aos procedimentos, a presente pesquisa é classificada como pesquisa experimental, pois foi determinado o objeto de estudo e quais a variáveis que seriam capazes de influenciá-lo. Por fim, em relação a abordagem do problema, a presente pesquisa é classificada como quantitativa, a qual baseia-se na quantificação para buscar e tratar os dados.

3.2. Materiais e Métodos

O trabalho foi conduzido no setor de Bovinocultura de Corte, localizado na Fazenda Experimental do *Campus Dois Vizinhos* da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-DV), localizada no terceiro planalto paranaense, com altitude de 520 m, latitude de 25°44" Sul e longitude de 54°04" Oeste, onde o clima é do tipo subtropical úmido mesotérmico (Cfa), segundo a classificação de Köppen (ALVARES *et al.*, 2013). O solo pertence à unidade de mapeamento Nitossolo vermelho distroférrico, textura argilosa, relevo ondulado (BHERING e SANTOS, 2008).

O estudo foi constituído de um sistema integrado de produção agropecuária preconizado para a região subtropical do Brasil (MORAES *et al.*, 2014), onde se integra na mesma área a produção animal no período do inverno (fase pecuária) e o cultivo de grãos no verão (fase lavoura). No inverno houve a implantação de pastagens de estação fria consorciadas (aveia, azevém e trevo vesiculoso) para alimentação de bovinos de corte em fase de recria. No verão foi implantada a lavoura de soja. A área foi dividida em nove piquetes de aproximadamente 0,7 ha cada, onde cada piquete constitui uma unidade experimental.

O estudo foi dividido em duas avaliações, na primeira foram avaliados três níveis de suplemento animal na fase de pecuária. Na segunda foram comparadas quatro doses de adubação fosfatada e potássica na fase de lavoura.

Marchesan, R.; Sartor, L.R.; Lima, J. D. de; Gnoatto, A.A.; Elejalde, D.A.G.; Dranka, G.G.; Menezes, L.F.G. de.

Na fase pecuária, as pastagens de inverno foram implantadas no dia 20 de abril de 2022, utilizando densidade de semeadura preconizada para cada espécie em consórcio, com adubação fosfatada na quantia de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples (19% de P₂O₅) na linha, em sistema de plantio direto. Após isso foi aplicado 70 kg ha⁻¹ de K₂O a lanço, pós plantio, utilizando como fonte o cloreto de potássio (60% de K₂O). O nitrogênio foi aplicado a lanço em forma de ureia (45% de N) na dose de 130 kg⁻¹ ha dividido em duas aplicações iguais. No dia 10 de junho de 2022, aproximadamente 50 dias após a semeadura, foram colocados os animais em pastejo sob o método de lotação contínua com taxa de lotação variável. Foram utilizados dois animais testes da raça Angus com idade, peso e genética semelhantes por unidade experimental, com a utilização de animais reguladores para ajuste da carga animal, quando necessário. Nos tratamentos dessa fase (níveis de suplementação) foi fornecido suplemento energético na quantidade de 0,3% e 0,5% do peso vivo, além da testemunha que não recebeu suplemento. O suplemento foi constituído de uma mistura de milho grão moído, farelo de trigo, calcário e suplemento mineral, contendo aproximadamente 13,5% de proteína bruta (PB) e 68,0% de nutrientes digestíveis totais (NDT). Foram realizados todos os tratamentos sanitários que os animais necessitaram durante o período do experimento. O término do pastejo ocorreu no dia 03 de outubro de 2023. Dessa forma, a fase de pecuária foi considerada como tendo duração de um semestre.

Na fase lavoura, foi implantada a cultura da soja em sistema de plantio direto com densidade populacional preconizada para o híbrido comercial NS 5505®. A semeadura da soja foi realizada no dia 24 de outubro de 2022. Não foi utilizada adubação para as culturas de verão, ou seja, todos os nutrientes foram disponibilizados na safra de inverno, com exceção das subparcelas que receberam as doses de P e K, as quais não apresentaram representatividade dentro das parcelas principais. A colheita da soja foi realizada no dia 07 de março de 2023, sendo assim a fase de lavoura também foi considerada como tendo duração de um semestre.

Na Tabela 2 é possível verificar a produtividade da soja (kg ha⁻¹) e o ganho de peso vivo (kg ha⁻¹) entre os diferentes níveis de suplementação. Na Tabela 3 observa-se a produtividade da soja (kg ha⁻¹) entre as diferentes doses de P e K.

Marchesan, R.; Sartor, L.R.; Lima, J. D. de; Gnoatto, A.A.; Elejalde, D.A.G.; Dranka, G.G.; Menezes, L.F.G. de.

Tabela 2: Produtividade da soja (kg ha^{-1}) e Ganho de peso vivo (kg ha^{-1}) em níveis de suplementação animal na fase pecuária em Sistema Integrado de Produção Agropecuária. UTFPR Câmpus Dois Vizinhos, PR, 2024.

Níveis de Suplemento (% do PC)	Produtividade da Soja (kg ha^{-1})	Ganho de PC (kg ha^{-1})
0,0	4617,0	520,42
0,3	4945,8	514,05
0,5	4685,1	537,08
Média	4749,3	523,9

Fonte: Elaborada pelos autores (2024). PC – Peso corporal.

Tabela 3: Produtividade da soja (kg ha^{-1}) em níveis de fósforo e potássio na fase agrícola em Sistema Integrado de Produção Agropecuária. UTFPR Câmpus Dois Vizinhos, PR, 2024.

Níveis de $\text{P}_2\text{O}_5/\text{K}_2\text{O}$ (kg ha^{-1})	Produtividade da Soja (kg ha^{-1})
0/0	4508,8
30/30	4924,1
60/60	4685,4
90/90	4878,9
Média	4749,3

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Para a avaliação da viabilidade econômica do presente estudo, inicialmente efetuou-se o levantamento dos custos de produção de cada sistema. Para isso, foi utilizada a metodologia do Instituto de Economia Agrícola (IEA) do estado de São Paulo, proposto por Matsunaga *et al.* (1976). Os custos foram divididos em custo operacional efetivo (custos variáveis), custo operacional total (soma dos custos fixos com os custos variáveis), custo de oportunidade (de uso alternativo da terra e de capital investido) e custo total (soma do custo operacional total com o custo de oportunidade).

O custo variável (CV), também chamado de custo operacional efetivo (COE), compreende os custos que variam em função da produção. Para pecuária foram considerados como custos variáveis: a aquisição dos animais (R\$/ha, considerando aquisição de um garrote de 255 kg no dia 10 junho de 2022 conforme o histórico de preços do site pecuaria.com.br (PECUÁRIA, 2023)), tratamentos sanitários para os animais (R\$/ha, sendo considerados o custo com vacina contra clostrídioses e tratamentos antiparasitários), suplemento animal (R\$/ha, considerando uma mistura de milho grão moído, farelo de trigo, calcário e suplemento mineral), insumos para pastagem (R\$/ha de semente, fertilizantes e defensivos), operação com

Marchesan, R.; Sartor, L.R.; Lima, J. D. de; Gnoatto, A.A.; Elejalde, D.A.G.; Dranka, G.G.; Menezes, L.F.G. de. máquinas (R\$/ha, incluindo custo com combustível, óleos, filtros, manutenção preventiva e mão de obra do operador) e mão de obra (R\$/ha, considerando que um trabalhador cuida de 400 animais). Para a lavoura, foram considerados como custos variáveis os insumos da soja (R\$/ha em sementes, fertilizantes e defensivos) e operação com máquinas (R\$/ha, incluindo a mão de obra do operador).

Os custos fixos são os custos que independem da produção, ou seja, irão existir independentemente se houver ou não produção, como é o caso das depreciações. No cálculo da depreciação das máquinas e implementos agrícolas (R\$/ha) foram considerados um trator, semeadora de inverno, semeadora de verão, pulverizador, distribuidor de fertilizantes e uma colheitadeira. No cálculo da depreciação das benfeitorias e instalações utilizadas (R\$/ha) foram consideradas a depreciação das cercas, um centro de manejo de animais e um galpão de máquinas, tanto para a fase pecuária, quanto para a fase lavoura. A Tabela 4 destaca as benfeitorias, instalações, máquinas e implementos que foram considerados no cálculo da depreciação. A soma dos custos variáveis com os custos fixos gera o custo operacional total.

Tabela 4: Benfeitorias, instalações, máquinas e implementos considerados no cálculo da depreciação. UTFPR Câmpus Dois Vizinhos, PR, 2024.

Benfeitorias e Instalações	Valor Residual		Vida Útil (anos)
	Valor Novo (R\$)	(R\$)	
Cercas fixas de arame liso	32.000,00	8.000,00	25
Centro de manejo para 40 animais	95.000,00	23.750,00	10
Galpão de máquinas 10x20m	60.000,00	12.000,00	40
Máquinas e Implementos	Valor Residual		Vida Útil (anos/horas)
	Valor Novo (R\$)	(R\$)	
Trator 90 cv	145.000,00	29.000,00	15/15000
Semeadora inverno 13 linhas	60.000,00	12.000,00	15/1200
Semeadora verão 9 linhas	150.000,00	30.000,00	15/1200
Distribuidor de adubo	15.300,00	765,00	10/2000
Pulverizador 600 L	28.500,00	5.700,00	10/10000
Colheitadeira 200 cv com plataforma de 11 linhas	230.000,00	57.500,00	10/5000

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Os custos de oportunidade são divididos em dois tipos de custos: custo de oportunidade do capital investido (R\$/ha) e custo de oportunidade de uso alternativo da terra (R\$/ha). Para o cálculo do primeiro foi considerado o capital investido em bens como benfeitorias, máquinas e implementos, sobre o qual foi aplicado a taxa da poupança no período avaliado. Já no segundo caso foi aplicado o rendimento da poupança no período sobre o preço da terra praticado na localidade do estudo, o município de Dois Vizinhos – PR

Marchesan, R.; Sartor, L.R.; Lima, J. D. de; Gnoatto, A.A.; Elejalde, D.A.G.; Dranka, G.G.; Menezes, L.F.G. de. (SEAB, 2023). Em ambos os cálculos foram utilizados a metodologia da CONAB (2020) e foram rateados entre as duas safras avaliadas (inverno e verão). Isto posto, a soma do custo de oportunidade com o custo operacional total gera o custo total de produção para cada sistema.

Além do levantamento dos custos, também foram feitos os cálculos da receita bruta de cada safra. Para a safra de pecuária foi considerado a venda de um boi magro (aproximadamente 345 kg), que segundo histórico de cotação do site pecuaria.com.br (PECUÁRIA, 2023), estava custando à época R\$ 3.450,00 por cabeça, sendo considerado então um preço de R\$ 10,00 kg⁻¹. A receita bruta da lavoura de soja foi calculada pela quantidade de grãos produzida dividida por 60 (60 kg = 1 sc) multiplicado pelo preço do saco de soja no momento da colheita. O preço da saca de soja à época da colheita era de R\$ 160,00, ou seja, R\$ 2,67 kg⁻¹.

Após concluídos os levantamentos dos custos totais de produção e da receita bruta, foi elaborado um Fluxo de Caixa (FC) para cada sistema em cada uma das safras. Esse FC foi utilizado para a realização da análise de viabilidade econômica. Todos os custos, receitas e fluxos de caixa levantados foram feitos em uma planilha eletrônica Excel® e depois lançados em uma ferramenta computacional específica para calcular a viabilidade econômica.

Para os cálculos de viabilidade econômica foi utilizada a ferramenta computacional de acesso livre \$AVEPI® (Lima *et al.*, 2017b; Lima *et al.*, 2021). Dentro da ferramenta foram aplicadas duas metodologias. A primeira é a Metodologia Multi-índice Ampliada (MMIA) proposta por Lima *et al.* (2015), a qual trabalha com uma abordagem determinística, considerando as dimensões retorno, riscos e sensibilidades. A segunda metodologia é a Simulação de Monte Carlo – SMC (LIMA *et al.*, 2017a), que faz a avaliação de risco do projeto através de uma abordagem estocástica. Vale destacar que para os cálculos de viabilidade econômica foi utilizado uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 12,25% ao ano, a qual representa a taxa Selic no dia 04/12/2023.

Em relação a MMIA, os indicadores de retorno utilizados foram: Valor Presente Líquido (VPL), Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA), Índice Benefício Custo (IBC), Retorno Adicional sobre o Investimento (ROIA) e Índice ROIA/TMA. A escala utilizada para classificar o nível de retorno foi sugerida por Lima *et al.* (2015) e Lima e Southier (2024) a qual classifica da seguinte forma: < 33,33% indica retorno baixo; de 33,33% a 66,66% indica retorno médio; > 66,66% indica retorno alto. Os indicadores de riscos da MMIA não foram calculados, pois os cálculos para desenvolvê-los requerem um valor para o investimento inicial do projeto, mas no caso deste estudo não houve investimento inicial. Os indicadores utilizados para avaliação de sensibilidade foram limite de elasticidade dos Custos Totais

Marchesan, R.; Sartor, L.R.; Lima, J. D. de; Gnoatto, A.A.; Elejalde, D.A.G.; Dranka, G.G.; Menezes, L.F.G. de. ($\Delta\%CT$) e limites de elasticidade da Receita Total ($\Delta\%RT$). A escala utilizada para classificar o grau de sensibilidade das variáveis foi: < 33,33% indica alta sensibilidade; de 33,33% a 66,66% indica média sensibilidade; > 66,66% indica baixa sensibilidade (Lima *et al.*, 2015; Lima e Southier, 2024).

Todas as fórmulas utilizadas para calcular estes indicadores estão apresentadas na Tabela 1. O período considerado para avaliação desses parâmetros foram as safras, ou seja, haviam duas safras por ano, então considerou-se o semestre como período, havendo assim então dois períodos na análise. A TMA utilizada para os cálculos foi a taxa Selic referente ao dia 04/12/2023 que era de 12,25% ao ano, porém a mesma foi convertida para semestre utilizando a ferramenta computacional de acesso livre \$AVEPI® (Lima *et al.*, 2017b; Lima *et al.*, 2021), a qual foi estimada em 5,95% ao semestre.

Para avaliação de risco foi utilizada a Simulação de Monte Carlo – SMC (LIMA *et al.*, 2017a), onde considerou-se uma distribuição triangular para TMA (5,0% a.a.; 12,25% a.a.; 20,0% a.a.) convertido para semestre (2,47%; 5,95%; 9,54%). Além disso, para os parâmetros Custo Total e Receita total também se considerou uma distribuição triangular com uma variação de 10% para mais e 10% para menos em relação ao caso mais provável. Foram feitas 10.000 simulações através da ferramenta computacional de acesso livre \$AVEPI® (LIMA *et al.*, 2017b; Lima *et al.*, 2021). As variáveis encontradas através da SMC foram VPL Médio (R\$/ha), Probabilidade de Insucesso ($P\{VPL > 0\}$; %), Valor em Risco (VaR {R\$/ha}) e Valor em Risco Condisional (CVaR {R\$/ha}). A $P(VPL > 0)$ foi classificada da seguinte forma: $P < 5\%$: risco baixo; $5\% \leq P \leq 15\%$: risco médio; $P > 15\%$: risco alto.

Após aplicadas essas metodologias, foi possível fazer a análise da relação entre os níveis de retorno e risco de cada sistema e assim poder indicar se houve ou não viabilidade econômica, além de poder verificar quais tratamentos se destacaram como melhores.

4. Resultados e Discussão

Nesta seção serão apresentados os resultados do projeto SIPA o qual foi analisado através da Metodologia Multi-Índice Ampliada (MMIA) e da Simulação de Monte Carlo (SMC). Além disso as informações serão discutidas e confrontadas com a literatura pertinente.

4.1. Resultados

As Tabelas 5 e 6 apresentam os resultados econômicos das diferentes suplementações ofertadas para os animais (Tabela 5) e das diferentes doses de fósforo e potássio aplicadas na soja (Tabela 6). São apresentados a receita total de cada tratamento assim como os custos totais (soma dos custos variáveis com os custos fixos e os custos de oportunidade) resultando em um fluxo de caixa (FC) para cada período.

Tabela 5: Receita Total, Custos Totais e Fluxo de caixa dos diferentes níveis de suplementação nas safras de inverno e verão em um Sistema Integrado de Produção Agropecuária entre Abril de 2022 a Março de 2023. UTFPR Câmpus Dois Vizinhos, PR, 2024.

Suplementação (%) PC)	Safra 1 – Pecuária (R\$/ha)			Safra 2 – Lavoura (R\$/ha)		
	Receita Total	Custo Total	Fluxo de Caixa	Receita Total	Custo Total	Fluxo de Caixa
0,0%	20.728,88	23.985,62	-3.256,75	12.089,78	5.594,54	6.495,24
0,3%	20.821,97	24.029,57	-3.207,59	13.188,68	5.594,54	7.594,14
0,5%	23.734,86	27.463,03	-3.728,16	12.493,68	5.594,54	6.899,14

Fonte: Elaborada pelos autores (2024). Safra 1 – Início em 20 de abril de 2022 e término em 03 de outubro de 2022; Safra 2 – Início em 24 de outubro de 2022 e término em 07 de março de 2023. PC – Peso Corporal.

Tabela 6: Receita Total, Custos Totais e Fluxo de caixa das diferentes doses de fósforo e potássio nas safras de inverno e verão em Sistema Integrado de Produção Agropecuária entre Abril de 2022 a Março de 2023. UTFPR Câmpus Dois Vizinhos, PR, 2024.

Doses de P e K (kg ha ⁻¹)	Safra 1 – Pecuária (R\$/ha)			Safra 2 – Lavoura (R\$/ha)		
	Receita Total	Custo Total	Fluxo de Caixa	Receita Total	Custo Total	Fluxo de Caixa
0-0	21.761,90	25.159,41	-3.397,50	12.023,45	4.503,06	7.520,38
30-30	21.761,90	25.159,41	-3.397,50	12.834,57	5.236,62	7.597,95
60-60	21.761,90	25.159,41	-3.397,50	12.494,50	5.985,35	6.509,14
90-90	21.761,90	25.159,41	-3.397,50	13.010,35	6.653,14	6.357,21

Fonte: Elaborada pelos autores (2024). Safra1 – Início em 20 de abril de 2022 e término em 03 de outubro de 2022; Safra 2 – Início em 24 de outubro de 2022 e término em 07 de março de 2023.

4.1.1. Apresentação dos resultados determinísticos obtidos pela aplicação da MMIA

As Tabelas 7 e 8 apresentam os resultados obtidos para os indicadores das dimensões retorno e sensibilidade da MMIA, ressaltando novamente que os indicadores de risco não foram gerados devido à ausência de investimento inicial neste estudo. Na dimensão retorno são mostrados os indicadores VPL, VPLA, IBC, ROIA e ROIA/TMA. Já na dimensão

Marchesan, R.; Sartor, L.R.; Lima, J. D. de; Gnoatto, A.A.; Elejalde, D.A.G.; Dranka, G.G.; Menezes, L.F.G. de. sensibilidade são apresentados os indicadores $\Delta\%CT$ e $\Delta\%RT$. A Tabela 7 apresenta as informações relativas às diferentes suplementações ofertadas para os animais, já a Tabela 8 apresenta os dados das diferentes doses de fósforo (P) e potássio (K) aplicadas na cultura da soja.

Tabela 7: Valor Presente Líquido (VPL), Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA), Índice Benefício Custo (IBC), Retorno Adicional Sobre o Investimento (ROIA), Índice ROIA/TMA, Variação dos Custos Totais ($\Delta\%CT$) e Variação da Receita Total ($\Delta\%RT$) dos diferentes níveis de suplementação nas safras de inverno e verão em um Sistema Integrado de Produção Agropecuária entre Abril de 2022 a Março de 2023. UTFPR Câmpus Dois Vizinhos, PR, 2024.

Suplementação (% PC)	Dimensão Retorno				Dimensão Sensibilidades		
	VPL (R\$/ha)	VPLA (R\$/ha/safra)	IBC	ROIA (%)	ROIA/ TMA (%)	$\Delta\%CT$	$\Delta\%RT$
0,0%	2.712,35	1.478,38	1,10	4,79	80,58	9,82	8,94
0,3%	3.737,67	2.037,24	1,14	6,54	109,94	13,51	11,90
0,5%	2.627,21	1.431,97	1,09	4,16	69,98	8,50	7,83

Fonte: Elaborada pelos autores (2024). Análise determinística realizada através da Metodologia Multi-Índice Ampliada (MMIA) proposta por Lima *et al.* (2015). PC – Peso Corporal.

Tabela 8: Valor Presente Líquido (VPL), Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA), Índice Benefício Custo (IBC), Retorno Adicional Sobre o Investimento (ROIA), Índice ROIA/TMA, Variação dos Custos Totais ($\Delta\%CT$) e Variação da Receita Total ($\Delta\%RT$) das diferentes doses de fósforo e potássio nas safras de inverno e verão em um Sistema Integrado de Produção Agropecuária entre Abril de 2022 a Março de 2023. UTFPR Câmpus Dois Vizinhos, PR, 2024.

Doses de P e K (kg ha ⁻¹)	Dimensão Retorno				Dimensão Sensibilidades		
	VPL (R\$/ha)	VPLA (R\$/ha/safra)	IBC	ROIA (%)	ROIA/T MA (%)	$\Delta\%CT$	$\Delta\%RT$
0-0	3.492,73	1.903,73	1,13	6,11	102,61	12,58	11,18
30-30	3.561,82	1.941,39	1,13	6,08	102,24	12,54	11,08
60-60	2.591,88	1.412,72	1,09	4,36	73,30	8,91	8,18
90-90	2.456,52	1.338,94	1,08	4,06	68,18	8,28	7,65

Fonte: Elaborada pelos autores (2024). Análise determinística realizada através da Metodologia Multi-Índice Ampliada (MMIA) proposta por LIMA *et al.* (2015).

4.1.2. Análise dos resultados determinísticos obtidos via MMIA

Após a análise das informações de FC através da MMIA verificou-se que houve diferenças entre os tratamentos avaliados em todos os indicadores. Começando pela comparação entre os diferentes níveis de concentrado ofertado aos animais na dimensão retorno (Tabela 7), verificou-se que todos os tratamentos se mostraram viáveis do ponto de

Marchesan, R.; Sartor, L.R.; Lima, J. D. de; Gnoatto, A.A.; Elejalde, D.A.G.; Dranka, G.G.; Menezes, L.F.G. de. vista econômico. Todos apresentaram VPL e VPLA maiores que zero e IBC maior que 1, demonstrando assim que possuem um retorno positivo. Além disso, o índice ROIA/TMA de todos os tratamentos foi maior que 66,66%, ou seja, podem ser classificados como investimento com alto grau de retorno. O VPL indica o retorno ao final dos dois períodos avaliados (ou seja, ao final de um ano), o VPLA indica o retorno por safra (ou semestre), e o IBC indica que cada real aplicado nesse sistema há um retorno de R\$ 1,10, R\$ 1,14, e R\$ 1,09 para os tratamentos 0,0%, 0,3% e 0,5%, respectivamente, tudo isso além da TMA incorporada na análise. O ROIA é o retorno obtido além da TMA, sendo assim o índice ROIA/TMA mede o grau de retorno do SIPA.

Pode-se verificar que o tratamento intermediário (0,3%) foi o que apresentou os melhores indicadores de retorno, demonstrando ser melhor inclusive que o tratamento com maior suplementação (0,5%), principalmente pelo fato de ter uma redução do custo de suplemento, aliado ao fato de que com uma suplementação maior, aumenta-se a carga animal por área, o que implica em um maior custo com a aquisição desses animais. Quando se compara o tratamento 0,3% com o tratamento 0,0%, não foi constatado esse aumento de carga animal. Dessa forma, o custo com aquisição de animais não foi impactante. Em complemento a isso, o ganho de peso corporal entre esses tratamentos foi muito semelhante (Tabela 2), então o que os diferenciou foi a produtividade da soja que foi de 328,8 kg maior para o tratamento 0,3% (Tabela 2), gerando assim uma receita maior e por consequência disso, maior FC e os melhores indicadores de retorno.

Em relação a dimensão sensibilidade, avaliando-se também os diferentes níveis de concentrado (Tabela 7), verificou-se que em todos os tratamentos, as variáveis custo total e receita total apresentaram alta sensibilidade (< 33,33%), ou seja, estão mais propensas a inviabilidades econômicas, pois pequenas variações podem gerar prejuízos. Dessa forma, mesmo havendo um alto grau de retorno, recomenda-se a aplicação da SMC para todos os tratamentos devido à baixa elasticidade. Percebe-se que o tratamento intermediário (0,3%), mais uma vez, mostrou-se melhor que os demais, com uma sensibilidade levemente menor.

Ficou claro que para a realidade dos sistemas avaliados, uma suplementação de 0,3% demonstrou ser mais interessante do ponto de vista econômico. Obviamente a realidade de cada fazenda precisa ser considerada, pois em alguns casos a suplementação dos animais pode ser difícil de ser realizada devido a fatores externos como a disponibilidade de matéria prima ou até mesmo fatores internos como fabricação e/ou estocagem do suplemento, dentre outros.

Em seguida, avaliando-se as diferentes doses de P e K (Tabela 8), também se observou diferenças entre os tratamentos. No entanto foi possível verificar que todos eles são viáveis do **Custos e @gronegócio on line** - v. 20, n. 3, Jul/Set - 2024. www.custoseagronegocioonline.com.br ISSN 1808-2882

Marchesan, R.; Sartor, L.R.; Lima, J. D. de; Gnoatto, A.A.; Elejalde, D.A.G.; Dranka, G.G.; Menezes, L.F.G. de. ponto de vista econômico, pois todos apresentaram VPL e VPLA maior que zero, além do IBC ser maior que 1. Além disso, o índice ROIA/TMA foi maior do que 66,66% para todos os tratamentos, o que torna possível classificá-los como sistemas com alto grau de retorno. O VPL indica o retorno ao final dos dois períodos avaliados (ou seja, ao final de um ano), o VPLA indica o retorno por período (por safra ou semestre), e o IBC indica cada real aplicado nesse sistema há um retorno de R\$ 1,13, R\$ 1,13, R\$ 1,09 e R\$ 1,08 para os tratamentos 0-0, 30-30, 60-60 e 90-90, respectivamente, tudo isso além da TMA. O ROIA é o retorno obtido além da TMA, sendo assim o índice ROIA/TMA mede o grau de retorno do SIPA.

Ainda na dimensão retorno, verifica-se que todos os indicadores foram melhores para os tratamentos 0-0 e 30-30 na comparação com os tratamentos 60-60 e 90-90. Isso ocorreu, pois, o aumento das doses de P e K até 60-60 e 90-90 não surtiram efeitos na produtividade da soja, o que não converteu em maior receita, e tendo em vista o custo para efetuar essa adubação, os mesmos apresentaram-se inferiores economicamente. O tratamento 30-30 conseguiu se equiparar ao 0-0, mesmo com a adição do custo do fertilizante, pois este tratamento apresentou uma produtividade da soja de $415,3 \text{ kg ha}^{-1}$ a mais que o tratamento 0-0 (Tabela 3), o que possibilitou um aumento na receita. Vale ressaltar que esses sistemas fazem uso da técnica de adubação de sistemas, onde é feita adubação na fase da pecuária, onde ocorre ciclagem de nutrientes e os mesmos podem ser aproveitados na fase de lavoura, então isso possibilitou alta produtividade da soja em todos os tratamentos, variando de 4.508,8 a $4.924,1 \text{ kg ha}^{-1}$ (Tabela 3).

Em relação a dimensão sensibilidade, avaliando-se também as diferentes doses de P e K (Tabela 8), verificou-se que em todos os tratamentos, as variáveis custo total e receita total apresentaram alta sensibilidade ($< 33,33\%$), ou seja, estão mais propensas a inviabilidades econômicas, pois pequenas variações podem gerar prejuízos. Dessa forma, mesmo havendo um retorno de grau alto, recomenda-se a aplicação da SMC para todos os tratamentos. Percebe-se que os tratamentos 0-0 e 30-30 mais uma vez mostraram-se melhores que os demais, com uma sensibilidade levemente menor.

Os resultados indicam que é possível recomendar a não adubação da soja em um SIPA no qual utiliza-se a adubação de sistemas (adubação da pastagem na fase de pecuária). Esse resultado é bastante interessante pois além de diminuir o custo da implantação da lavoura, na prática, o momento da semeadura da soja haverá um ganho em agilidade da operação por não ter necessidade de incluir o fertilizante.

4.1.3. Apresentação dos resultados estocásticos obtidos pela aplicação da SMC

A Tabela 9 apresenta a configuração adotada para a aplicação da SMC, onde adotou-se uma distribuição triangular nas variáveis TMA, Custos Totais e Receitas Totais. Conforme observou-se na análise da dimensão sensibilidade da MMIA, pôde-se perceber que as variáveis CT e RT apresentaram uma alta sensibilidade, o que pode afetar diretamente nos resultados do projeto, por isso foi estimada uma variação de 10% para mais e para menos em ambas as variáveis. Para a TMA foi estimada uma variação de 5% a.a. (mínimo), 12,25% a.a. (Selic atual) e 20% a.a. (máximo), isso considerando a possibilidade de mudanças no cenário político-econômico no Brasil.

Tabela 9: Configuração adotada para a aplicação da SMC. UTFPR Câmpus Dois Vizinhos, PR, 2024.

Variável	Tipo de Distribuição de Probabilidades	Parâmetros Estimados
Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	Triangular	2,47%; 5,95%; 9,54% ao semestre
Investimento Inicial (FC_0)	Determinístico	R\$ 0,00
Custo Total (CT_i)	Triangular	Variação de $\pm 10\%$
Receita Total (RT_i)	Triangular	Variação de $\pm 10\%$
Valor residual (VR)	Determinístico	R\$ 0,00
Horizonte de planejamento (N)	Determinístico	2 semestres

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

As Tabelas 10 e 11 apresentam os resultados obtidos para os indicadores da análise feita através da SMC. Os indicadores avaliados foram VPL Médio, $P(VPL < 0)$, VaR_{5%}, CVaR_{5%}. A Tabela 10 apresenta as informações relativas às diferentes suplementações oferecidas para os animais, já a Tabela 11 apresenta os dados das diferentes doses de fósforo e potássio aplicadas na cultura da soja.

Tabela 10: Valor Presente Líquido Médio, Probabilidade de VPL negativo, Valor em Risco e Valor em Risco dos diferentes níveis de suplementação nas safras de inverno e verão em um Sistema Integrado de Produção Agropecuária entre Abril de 2022 a Março de 2023. UTFPR Câmpus Dois Vizinhos, PR, 2024.

Suplementação (% PC)	VPL Médio (R\$/ha)	$P(VPL < 0)$ (%)	VaR _{5%} (R\$/ha)	CVaR _{5%} (R\$/ha)
0,0%	2.719,40	1,73	568,12	75,42
0,3%	3.751,52	0,13	1.545,46	1.050,41
0,5%	2.621,52	3,80	153,79	-385,19

Fonte: Elaborada pelos autores (2024). Análise estocástica realizada através da Simulação de Monte Carlo (SMC). PC – Peso Corporal.

Marchesan, R.; Sartor, L.R.; Lima, J. D. de; Gnoatto, A.A.; Elejalde, D.A.G.; Dranka, G.G.; Menezes, L.F.G. de.

Tabela 11: Valor Presente Líquido Médio, Probabilidade de VPL negativo, Valor em Risco e Valor em Risco das diferentes doses de fósforo e potássio nas safras de inverno e verão em um Sistema Integrado de Produção Agropecuária entre Abril de 2022 a Março de 2023. UTFPR Câmpus Dois Vizinhos, PR, 2024.

Doses de P e K (Kg ha ⁻¹)	VPL Médio (R\$/ha)	P(VPL<0) (%)	VaR 5% (R\$/ha)	CVaR 5% (R\$/ha)
0-0	3.321,77	0,45	1.097,17	598,53
30-30	3.392,43	0,48	1.151,15	630,85
60-60	2.434,61	3,68	185,56	- 314,96
90-90	2.308,71	4,60	56,89	- 450,03

Fonte: Elaborada pelos autores (2024). Análise estocástica realizada através da Simulação de Monte Carlo (SMC).

4.1.4. Análise dos resultados estocásticos obtidos via SMC

Após análise dos dados através da SMC, verificou-se diferença entre os tratamentos muito similar do que aconteceu na MMIA. Analisando primeiramente os diferentes níveis de suplementação (Tabela 10), observa-se que todos os tratamentos apresentaram um VPL Médio positivo, o que torna esses SIPA viáveis do ponto de vista econômico. A SMC também mostrou que os três tratamentos avaliados possuem uma probabilidade de obter um VPL negativo ($P(VPL<0)$) abaixo de 5%. Dessa forma, é possível classificá-los como SIPA com baixo grau de risco. Os tratamentos avaliados apresentam 5% de probabilidade (VaR 5%) de produzir um VPL menor ou igual a R\$ 568,12, R\$ 1.545,46 e R\$ 153,79 para os SIPA com 0,0%, 0,3% e 0,5% de suplementação animal, respectivamente. Além disso apresentam 5% de probabilidade (CVaR 5%) que esse ganho/perda seja de R\$ 75,42, R\$ 1050,41 e -R\$ 385,19, respectivamente. Importante destacar, que o VaR e o CVar são indicadores de risco extremo. Todavia, é possível concluir que todos os sistemas podem ser recomendados, em especial o tratamento com 0,3% de suplementação. Esse tratamento (0,3%) foi superior aos demais em todos os indicadores da SMC, assim como aconteceu na MMIA, por isso as explicações para isso são basicamente as mesmas. O tratamento 0,5% apresenta maior custo de suplemento e principalmente o maior custo de aquisição dos animais, em relação ao tratamento 0,3% de suplemento. Em relação ao tratamento 0,0%, o tratamento intermediário foi melhor pois proporcionou maior rendimento e maior receita de soja na fase de lavoura.

Agora, analisando as diferentes doses de P e K (Tabela 11), verificou-se que todos os tratamentos produziram um VPL médio positivo, confirmando a sua viabilidade econômica assim como foi verificado na MMIA. Além disso, todos os tratamentos apresentaram uma probabilidade de insucesso ($P(VPL<0)$) abaixo de 5%, ou seja, podem ser classificados com

Marchesan, R.; Sartor, L.R.; Lima, J. D. de; Gnoatto, A.A.; Elejalde, D.A.G.; Dranka, G.G.; Menezes, L.F.G. de. um sistema de baixo risco. Os tratamentos 0-0, 30-30, 60-60 e 90-90 apresentam 5% de probabilidade (VaR 5%) de produzir um VPL menor ou igual a R\$ 1.097,17, R\$ 1.151,15, R\$ 185,56 e R\$ 56,89, respectivamente. Apresentam também 5% de probabilidade (CVaR 5%) de que esse ganho/perda seja de R\$ 598,53, R\$ 630,85, -R\$ 314,96 e -R\$ 450,03, respectivamente. Vale destacar novamente, que o VaR e o CVaR são indicadores de risco extremo. Sendo assim pode-se concluir que todos os sistemas podem ser recomendados, em especial os tratamentos com 0-0 e 30-30 de P e K.

Na comparação entre as diferentes doses, ocorreu uma diferença entre os SIPA, onde os tratamentos 0-0 e 30-30 apresentaram melhores resultado em comparação com os tratamentos 60-60 e 90-90, em todos os indicadores da SMC. Essa diferença foi muito semelhante à que ocorreu na MMIA, dessa forma a explicação é a mesma. O aumento das doses de P e K até 60-60 e 90-90 não surtiram efeitos na produtividade da soja, o que não converteu em maior receita, apenas em maior custo, dessa forma apresentaram-se inferiores economicamente. O tratamento 30-30 foi semelhante ao 0-0, mesmo com a adição do custo do fertilizante, pois este tratamento apresentou uma produtividade da soja de 415,3 Kg/ha a mais que o tratamento 0-0 (Tabela 3), o que possibilitou um aumento na receita.

4.2. Discussão e confronto com a literatura sobre SIPA

Como pôde ser observado nas Tabelas 7 (MMIA) e 10 (SMC), o tratamento 0,3% apresentou os melhores resultados de retorno e também um menor risco, quando comparado com os demais tratamentos (0,0% e 0,5%). Como mencionado anteriormente, o principal fator que o fez ser maior que o tratamento 0,0%, foi a maior produtividade da soja (Tabela 2). Maiores rendimentos de soja em sistemas que fornecem suplementação animal ocorrem devido a ciclagem de nutrientes que o componente animal é capaz de proporcionar, os animais funcionam como uma espécie de catalizador deste processo, pois uma grande quantidade de nutrientes retorna ao solo através das fezes e da urina, dessa forma esses nutrientes ficam disponíveis para a cultura subsequente (SOUZA *et al.*, 2018). Danna (2022), verificaram um aumento de 331,41 kg no rendimento da soja comparando tratamento com e sem suplementação em sistemas integrados, embora não tenha verificado diferença estatística, essa superioridade pode ser explicada pelo aporte extra de nutrientes provenientes do suplemento e sua consequente ciclagem.

Comparando o tratamento 0,3% com o tratamento 0,5%, também se observou nas tabelas 7 (MMIA) e 10 (SMC) que o primeiro foi superior em todos os indicadores de retorno

Marchesan, R.; Sartor, L.R.; Lima, J. D. de; Gnoatto, A.A.; Elejalde, D.A.G.; Dranka, G.G.; Menezes, L.F.G. de. e também apresentou menor risco que o segundo. O ganho de peso dos animais foi semelhante entre os tratamentos (Tabela 2) e a produtividade da soja foi inferior em aproximadamente 260,7 kg (Tabela 2), o que acarretou em menor receita. Sendo assim, neste caso a ciclagem de nutrientes do suplemento extra adicionado não foi suficiente para proporcionar uma maior produtividade da soja. Porém o que também afetou essa diferença, foi uma maior carga animal nesse tratamento, ou seja, um maior número de animais por área, o que gerou maior custo para aquisições desses animais, cabendo ressaltar que no período do experimento, o custo do garrote era de R\$ 11,17 kg⁻¹ (PECUÁRIA, 2023), sendo considerado um custo alto. Esse número maior de animais por área também ocasionou uma maior quantidade de suplemento consumido, o que também contribuiu para encarecer a produção. Esse aumento de carga animal no tratamento 0,5% provavelmente ocorreu devido ao efeito substitutivo do consumo de matéria seca, onde os animais reduziram o consumo da pastagem em razão do suplemento, por isso foi possível aumentar a carga animal (GOES *et al.*, 2005). Moore (1980) relata que existem interações entre o consumo de forragem e o consumo de concentrado, podendo apresentar três efeitos: o efeito aditivo, onde o consumo de forragem permanece constante, havendo aumento no consumo total de matéria seca; o efeito substitutivo, no qual o consumo total de matéria seca é constante, havendo diminuição no consumo de forragem na mesma proporção em que se aumenta o consumo de concentrado; e o efeito combinado, em que o consumo total de matéria seca aumenta, porém ocorre redução de consumo de forragem.

Barbosa *et al.* (2008) avaliaram a diferença entre não fornecer suplemento, fornecer suplemento proteico-energético na base de 0,17% do peso corporal e suplemento protéico-energético na base de 0,34% do peso corporal, os autores verificaram que foi possível obter um melhor IBC no tratamento sem suplemento, devido os aumentos dos custos, porém esse trabalho avaliou apenas um sistema de pecuária. Talvez em um sistema integrado, os autores teriam encontrado valores diferentes devido a inclusão do componente agrícola, que foi o que ocorreu na presente pesquisa, onde verificou-se diferença na produtividade da soja.

As Tabelas 8 (MMIA) e 11 (SMC) demonstram que entre as diferentes doses de P e K, os tratamentos 0-0 e 30-30 foram melhores que os tratamentos 60-60 e 90-90 em todos os indicadores econômicos, tanto em relação ao retorno, quanto em relação ao risco. Como já explicado anteriormente, os custos da adubação oneraram esses tratamentos e não trouxeram retorno maior de receitas, pois não proporcionaram maior produção de soja (Tabela 3). Isso ocorreu muito provavelmente devido a adubação de sistema realizada neste experimento, que é a técnica de fazer a adubação na cultura antecessora (pastagem de aveia, azevém e trevo

Marchesan, R.; Sartor, L.R.; Lima, J. D. de; Gnoatto, A.A.; Elejalde, D.A.G.; Dranka, G.G.; Menezes, L.F.G. de. vesiculoso), sendo assim todos os tratamentos já dispunham de nutrientes necessários para uma alta produtividade. A utilização da adubação de sistema é uma estratégia promissora, pois trata-se de um método para a utilização de fertilizantes com o objetivo de promover maior eficiência no uso de nutrientes, onde a recomendação da utilização de fertilizantes passa a ser pensada em todas as espécies que compõem o sistema (OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2010). Em trabalho realizado por Segatelli *et al.* (2022) avaliando o efeito da adubação de sistema na produtividade da soja, os autores verificaram que não houve diferença de produtividade da soja comparando a adubação tradicional de P e K realizada na semeadura da soja com a adubação antecipada na cultura antecessora, que no caso era o capim pé-de-galinha. Com o uso da técnica de adubação de sistema, o produtor consegue ter mais agilidade na implantação das culturas de verão, otimizando a utilização de maquinário e mão de obra, reduzindo também o custo com fertilizantes e seu transporte (PAVINATO e CERETTA, 2004).

Como mencionado anteriormente, todos os tratamentos se mostraram viáveis do ponto de vista econômico, no entanto, a título de comparação dos indicadores econômicos, Elejalde *et al.* (2023), avaliando sistemas integrados de produção agropecuária durante 6 anos, verificaram um ROIA de 9,16% a.a., que indica o retorno do investimento além da TMA por unidade de tempo. Um valor bastante superior que o melhor tratamento deste trabalho (6,54% do tratamento 0,3%), no entanto, vale destacar que no presente estudo foi avaliado apenas um ano, no qual inclusive observou-se um alto custo de produção na fase da pecuária, por isso da necessidade de se avaliar vários períodos para se buscar dados mais robustos. Além disso, no estudo realizado por Elejalde *et al.* (2023), a TMA utilizada foi de 10% a.a., valor abaixo dos 12,25% utilizados neste trabalho, o que implica também em uma elevação do ROIA.

Também a título de comparação, outro trabalho realizado com análise de viabilidade econômica em SIPA foi realizado por Vinholis *et al.* (2021). Esses autores fizeram uma comparação entre um SIPA que integra produção de milho com produção de gado de corte com uma produção convencional somente de pecuária. Fizeram uma avaliação através da SMC e verificaram que os sistemas apresentaram uma $P(VPL < 0)$ de 5,9% para o SIPA e 16,6% para o sistema convencional. Sendo assim poderíamos categorizar o risco desses sistemas como risco de grau médio e alto, respectivamente. Vale ressaltar que no presente projeto, o maior $P(VPL < 0)$ foi de 4,6% para o tratamento 90-90, considerado um sistema de baixo risco. Na mesma linha dos autores anteriores, Simili *et al.* (2023), realizaram um estudo comparando quatro tratamentos de SIPA com um tratamento com pecuária e outro com lavoura. Os resultados demonstraram um ROIA para os tratamentos com SIPA na faixa de

Marchesan, R.; Sartor, L.R.; Lima, J. D. de; Gnoatto, A.A.; Elejalde, D.A.G.; Dranka, G.G.; Menezes, L.F.G. de. 5,77% a 6,28%, valores bastante parecidos com os encontrados nos melhores tratamentos deste trabalho (0,3% apresentou ROIA de 6,54%, enquanto que os tratamentos 0-0 e 30-30 apresentaram ROIA de 6,11% e 6,08%, respectivamente). Vale destacar que o trabalho realizado por esses autores utilizou TMA de 6,4%. Os mesmos autores fizeram uma avaliação estocástica via SMC e verificaram uma $P(VPL < 0)$ na faixa entre 6,37% e 9,69% para os tratamentos com SIPA, os quais podem ser classificados como sistemas com risco de grau médio.

5. Considerações Finais

Tendo em vista todos os benefícios produtivos, ambientais e sociais que um Sistema Integrado de Produção Agropecuária (SIPA) proporciona, através do presente estudo pode-se afirmar também que o SIPA proporciona benefícios econômicos. Através do levantamento de custos e receitas e consequentemente a formação do fluxo de caixa é possível analisar a viabilidade econômica de um sistema adotando algumas metodologias como a Metodologia Multi-índice Ampliada (MMIA) e a Simulação de Monte Carlo (SMC).

Sendo assim, verifica-se que os SIPA no Sudoeste do Paraná demonstram-se viáveis do ponto de vista econômico. Além disso, a adubação de sistema, realizada na pastagem que antecede a lavoura também se mostra vantajosa do ponto de vista econômico, trazendo consigo a otimização da operação de semeadura.

Através dos resultados desse estudo pode-se recomendar a suplementação de bovinos de corte em fazer de recria em um SIPA no período do inverno em pastagem de aveia, azevém e trevo vesiculoso. No entanto vale destacar que deve ser levado em consideração a realidade de cada fazenda, pois fatores externos como a disponibilidade de matéria prima ou até mesmo fatores internos como fabricação e/ou estocagem do suplemento podem dificultar a utilização dessa técnica.

Em relação as doses de P e K na cultura da soja, os resultados desse estudo indicam que as doses de 0-0 kg ha⁻¹ e 30-30 kg ha⁻¹ apresentam maior viabilidade econômica. No entanto, como ambas não se diferenciam entre si, recomenda-se o não uso de adubação da cultura da soja, já que isso implica em melhor otimização da operação da semeadura.

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>.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J .L. de M.; PAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22., 711-728, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- ANJOS, M. M.; PAZDIORA, R. D.; ANDRADE, E.R.; VIEIRA, A. S.; BARBOZA, B. N.; TURCATO, C. S.; ALVES, C. D.; MACHADO, P. C. Sistemas integrados de produção agropecuária e os efeitos do componente animal. *Research, Society and Development*, v.10, n.16, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i16.24014>.
- BARBOSA, F. A.; GRAÇA, D. S.; GUIMARÃES, P. H. S.; SILVA JÚNIOR, F. V. Análise econômica da suplementação protéico-energética de novilhos durante o período de transição entre água-seca. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.60, n.4, p.911-916, 2008.
- BHERING SB & SANTOS HG. 2008. *Mapa de solos do Estado do Paraná: legenda atualizada*. Rio de Janeiro: EMBRAPA/IAPAR, 74p.
- CARVALHO, P. C. de F.; BARRO, R. S.; BARTH NETO, A.; NUNES, P. A. de A.; MORAES, A. de; ANGHINONI, I.; BREDEMEIER, C.; BAYER, C.; MARTINS, A. P.; KUNRATH, T. R.; SANTOS, D. T. dos; CARMONA, F. de C.; BARROS, T.; SOUZA FILHO, W. de; ALMEIDA, G. M. de; CAETANO, L. A. M.; CECAGNO, M.; ARNUTI, F.; DENARDIN, L. G. de O.; BONETTI, J. de A.; TONI, C. A. G. de; BORIN, J. B. M. Integrating the pastoral component in agricultural systems. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 47, p. 1-12, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/rbz4720170001>.
- CARVALHO, P. C. de F.; MORAES, A. de; PONTES, L. da S.; Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária. *Revista Ciência Agronômica*, v. 45, n. 5, p. 1040-1046, 2014. Disponível em: <http://periodicos.ufc.br/revistacienciaagronomica/article/view/84537>.
- CONAB. *Norma Metodologia do Custo de Produção 30.302*. Companhia Nacional de Abastecimento, 2020. Disponível em: https://www.conab.gov.br/images/arquivos/normativos/30000_sistema_de_operacoes/30.302_Norma_Metodologia_de_Custo_de_Producao.pdf
- COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. *Real Options: a practitioner's guide*. Texere, New York, 2001.
- 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.
- DANNA, M. *Leguminosa forrageira e suplementação na ciclagem de nitrogênio e produção da soja em sistemas integrados de produção*. Dissertação de Mestrado em Zootecnia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos. 2022.

Marchesan, R.; Sartor, L.R.; Lima, J. D. de; Gnoatto, A.A.; Elejalde, D.A.G.; Dranka, G.G.; Menezes, L.F.G. de. DRANKA, G. G.; CUNHA, J.; LIMA, J. D. de; FERREIRA, P. Economic evaluation methodologies for renewable energy projects. *AIMS Energy*, v. 8, p. 339-363, 2020. Disponível em: <http://www.aimspress.com/article/10.3934/energy.2020.2.339>

ELEJALDE, D. A. G.; SOARES, A. B.; LIMA, J. D. de; MISSIO, R. L.; ASSMANN, T. S.; TATTO, W. H.; DEIFELD, F. L. C.; BORTOLLI, M. A.; BERNARDON, A.; LEVINSKI-HUF, F.; MACCARI, M.; BARRIGA, P. A. B.; RHODEN, A. C. Economic viability in the integrated crop-livestock system with nitrogen fertilization system and sward canopy heights. *Frontiers In Sustainable Food Systems*, v. 6, p. 1-10, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.940946>.

FAO. An international consultation on integrated croplivestock systems for development: The way forward for sustainable production intensification. *Integrated Crop Management*, v. 13, 64p., 2010.

GASPARINI, L. V. L.; COSTA, T. S.; HUNGARO, O. A. L.; SZNITOWSKI, A. M.; VIEIRA FILHO, J. E. R. – IPEA. 2017. *Sistemas integrados de produção agropecuária e inovação em gestão: estudos de casos no Mato Grosso*. Rio de Janeiro, IPEA, 2017.

GOES, R. H. de T. e B. de; MANCIO, A. B.; LANA, R. de P.; LEÃO, M. I.; ALVES, D. D.; SILVA, A. T. S. Recria de Novilhos Mestiços em Pastagem de Brachiaria brizantha, com Diferentes Níveis de Suplementação, na Região Amazônica. Consumo e Parâmetros Ruminais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.5, p.1730-1739, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000500035>

GUARES, S. A.; LIMA, J.D. de; OLIVEIRA, G. A. Techno-economic model to appraise the use of cattle manure in biodigesters in the generation of electric energy and biofertilizer. *Biomass and Bioenergy*, v. 150, p. 1-11, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106107>.

HARZER, J. H. *Indicadores de riscos em projetos de investimentos: uma contribuição à Metodologia Multi-índice*. Tese de Doutorado em Administração. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba. 2015.

HARZER, J. H., SOUZA, A.; SILVA, W. V., Cruz, J. A. W.; VEIGA, C. P. Probabilistic approach to the MARR/IRR indicator to assess financial risk in investment projects. *International Research Journal of Finance and Economics*, 144, 131–146. 2016. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/3/747/pdf>

KUNRATH, T. R.; NUNES, P. A. de A.; SOUZA FILHO, W. de; CADENAZZI, M.; BREMM, C.; MARTINS, A. P.; CARVALHO, P. C. de F. Sward height determines pasture production and animal performance in a long-term soybean-beef cattle integrated system. *Agricultural Systems*, v. 177, p. 1-8, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102716>

LEMAIRE, G.; FRANZLUEBBERS, A.; CARVALHO, P. C. de F.; DEDIEU, B. Integrated crop-livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. *Agriculture Ecosystems & Environment*, v. 190, p. 4-8, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.08.009>.

LEMAIRE, G.; GARNIER, J.; PONTES, L. da S.; CARVALHO, P. C. de F.; BILLEN, G.; ASSMANN, T. S. Domestic Herbivores, the Crucial Trophic Level for Sustainable Agriculture: Avenues for Reconnecting Livestock to Cropping Systems. *Agronomy*, v. 13. p. 1-23, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy13040982>.

Marchesan, R.; Sartor, L.R.; Lima, J. D. de; Gnoatto, A.A.; Elejalde, D.A.G.; Dranka, G.G.; Menezes, L.F.G. de. 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 @gronegócio On Line*, v. 12, n. 1, p. 89-112, 2016. Disponível em:

<http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero1v12/OK%206%20automatizacao.pdf>.

LIMA, J. D. de; BENNEMANN, M.; SOUTHIER, 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, n. 4, p. 469-485, 2017b. Disponível em: <https://bjopm.emnuvens.com.br/bjopm/article/view/383>.

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 - ABEP, 2021, v. I, p. 85-104. Disponível em: <http://portal.abepro.org.br/encep/wp-content/uploads/2021/05/CAP%C3%80TULO-VI-FERRAMENTA-COMPUTACIONAL-AVEPI-COMO-SUPORTE-PARA-O-PROCESSO-DE-ENSINO-E-APRENDIZAGEM-DE-ENGENHARIA-ECON%C3%94MICA.pdf>. DOI: 10.14488/encep.9786588212011.95-103.

LIMA, J. D. de; DRANKA, G. G.; LIZOT, M.; SOUTHIER, L. F. P.; TRENTIN, P. H. de V. Comparação de metodologias de análise de investimentos em ativos reais com suporte da ferramenta computacional \$AVEPI. In: *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. 43 ed. Fortaleza/CE: Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEP, 2023, v. I, p. 1-14.

LIMA, J. D. de; SOUTHIER, 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). 2024. Disponível em: <http://pb.utfpr.edu.br/savepi>.

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.). Lecture Notes in Management and Industrial Engineering. 1 ed. Switzerland: Springer International Publishing, 2017a, Serie 11.786, v. 10, p. 317-325 v. 10. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-45748-2_34.

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. 2015. p. 19-34. Disponível em: <http://www.inderscience.com/offer.php?id=69887>.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, F.; TOLEDO, E. N. de; DULLEY, R. D.; OKAWA, H., PEDROSO, I. A. Metodologia de custo de produção utilizado pelo IEA. *Agricultura em São Paulo*, São Paulo, v. 23, 123–139. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=11566>.

MOORE, J. E. Forage crops, In: HOVELAND, C.S. (Ed.). *Crop quality, storage, and utilization*. Madison: Crop Science Society of America, 1980.

Marchesan, R.; Sartor, L.R.; Lima, J. D. de; Gnoatto, A.A.; Elejalde, D.A.G.; Dranka, G.G.; Menezes, L.F.G. de. MORAES, A. de; CARAVALHO, P. C. de F.; ANGHINONI, I.; LUSTOSA, S. B. C.; COSTA, S. E. V. G. de A.; KUNRATH, T. R. Integrated crop–livestock systems in the Brazilian subtropics. *European Journal of Agronomy*, v. 57, p. 4-9, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.10.004>.

MORAES, M. C. M. M. de; REIS, J. C. dos; ROSSONI, A. L. *Coleta de Dados Econômicos*. Sinop, MT: Embrapa Agrossilvipastoril (Documentos), 2014. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1010762>

NESPOLO, S.; GAMA, B. C.; GUERRA, V. S.; BATISTA, V. D.; LOPES, V. M.; LIMA, J. D. de. Análise de viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico em uma propriedade rural. *RAMA - Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 15 n. 3. jul./set. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2022v15n3e9419>

OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; KLEPKER, D.; OLIVEIRA, F. A. Soja, In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). *Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes*. Piracicaba, SP: IPNI Brasil, 2010. p. 5- 42.

PAVINATO, P. S.; CERETTA, C. A. Fósforo e potássio na sucessão trigo/milho: épocas e formas de aplicação. *Ciência Rural*, v. 34, n. 6, p. 1779-1784, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000600017>.

PECUÁRIA. *Histórico de cotações do preço do boi*. Disponível em: <https://www.pecuaria.com.br/cotacoes.php#quadro> (Acesso 16/10/2023)

PETERSON, C. A.; DEISS, L.; GAUDIN, A. C. M. Commercial integrated crop-livestock systems achieve comparable crop yields to specialized production systems: A meta-analysis. *Plos One*, v. 15, n. 5, p.1-25, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231840>.

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: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/26013>

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 @gronegócio On Line*, v. 17, n. 1, p. 145-165, 2021. Disponível: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero1v17/OK%207%20automacao.pdf>.

RASOTO, A.; GNOATTO, A. A.; OLIVEIRA, A. de G.; ROSA, C. F. da; ISHIKAWA, G.; CARVALHO, H. A. de; LIMA, I. A. de; LIMA, J. D. de; TRENTIN, M. G.; RASOTO, V. I. *Gestão Financeira: enfoque em inovação*. Curitiba, PR: Aymará Educação, 2012. 146p.

SEAB. *Preços Médios de Terras Agrícolas*. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, 2023. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/terrás>.

SEGATELLI, C. R.; CÂMARA, G. M. de S.; AGUILA, L. S. H. D.; AGUILA, J. S. del; FRANCISCO, E. A. B.; PIEDADE, S. M. de S. Soybean YIELD under no-tillage system with an early *eleusine coracana* fertilization. *Revista Caatinga*, v. 35, n. 2, p. 308-319, 2022.

SILVA, P. L. F.; OLIVEIRA, F. P.; AMARAL, A. J.; MARTINS, A. F.; PEREIRA, W. E.; TAVARES, D. D.; NÓBREGA, C. C. Sistemas integrados de produção agropecuária: efeitos sobre a qualidade física de um planossolo no semiárido brasileiro. *Ciencia del Suelo*, v.39,

Marchesan, R.; Sartor, L.R.; Lima, J. D. de; Gnoatto, A.A.; Elejalde, D.A.G.; Dranka, G.G.; Menezes, L.F.G. de. n.2, p.307-322, 2021. Disponível em: <https://www.suelos.org.ar/publicaciones/Vol39n%C2%BA2/v39n2a07.pdf>

SIMILI, F. F.; MENDONÇA, G. G.; GAMEIRO, A. H.; AUGUSTO, J. G.; OLIVEIRA, J. G.; MENEGATTO, L. S.; SANTOS, D. F. L. The economic value of sustainability of the integrated crop-livestock system in relation to conventional systems. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 52, p. 1-14, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.37496/rbz5220220052>

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. *Metodologia multi-índice: um novo olhar sobre a avaliação de planos de negócios*. 1. ed. Lisbon International Press, 2022. 200p. Disponível em: <https://www.livrariaatlantico.com.br/pd-93eced-metodologia-multi-indice-alceu-souza-e-ademir-clemente.html?ct=2d1498&p=1&s=1>.

SOUZA, M. de S.; JARDIM, A. M. da R. F.; ARAÚJO JÚNIOR, G. do N.; SILVA, J. R. I.; LEITE, M. L. de M. V.; TEIXEIRA, V. I.; SILVA, T. G. F. da; Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de pastagens tropicais. *Pubvet*, v. 12, n. 5, p.1-9, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.22256/pubvet.v12n5a91.1-9>

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 @gronegócio On Line*, v. 17, ed. Especial, p. 161-183, 2021. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/especialv17/OK%207%20phisalis.pdf>.

VINHOLIS, M .M. B.; SOUZA FILHO, H. M.; SHIMATA, I.; OLIVEIRA, P. R. A.; PEDROSO, A. F. Economic viability of a crop-livestock integration system. *Ciência Rural*, v.51, n.2, 2021. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190538>.

WOLFART, S. B. *Modelo de Escolha e Avaliação de Alternativas de Investimentos da Bovinocultura Leiteira*. 2022. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistema (PPGEPS)) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco.

7. Agradecimentos

Este estudo foi financiado em partes pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código Financeiro 001; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Processos 426966/2018-0, 306754/2020-7 e 402580/2021-4; e Fundação Agrisus – Processos 2540/18 e 3179/21. Houve também contrapartida de infraestrutura e mão-de-obra da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos (UTFPR-DV).