



Graduação  Pós-Graduação  
 Artigo completo  Relato de prática  Resumo expandido

## **ABORDAGENS DE INVESTIMENTO NA AGRICULTURA: uma revisão sistemática das metodologias utilizadas**

**Joyce Castro Xavier Galego**  
Universidade Federal da Grande Dourados  
joyxcastro@gmail.com

**Everton Vogel**  
Universidade Federal da Grande Dourados  
vogel.everton@gmail.com

**Clandio Favarini Ruviaro**  
Universidade Federal da Grande Dourados  
clandioruviaro@ufgd.edu.br

**Régio Marcio Toesca Gimenes**  
Universidade Federal da Grande Dourados  
regiogimenes@ufgd.edu.br

### **RESUMO**

Este estudo tem como objetivo identificar e analisar as metodologias de avaliação de investimentos aplicadas à produção agrícola, destacando suas contribuições e limitações. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática da literatura seguindo o protocolo PRISMA, garantindo rigor metodológico nas etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão. A busca foi conduzida nas bases Web of Science e Scopus, abrangendo o período de 2014 a 2024, resultando em 43 artigos selecionados a partir de um conjunto inicial de 186 estudos. Os resultados evidenciam a predominância de metodologias tradicionais, especialmente o Valor Presente Líquido (VPL), amplamente utilizado devido à sua simplicidade e aceitação. No entanto, essas abordagens apresentam limitações em contextos agrícolas caracterizados por elevada incerteza, volatilidade de preços e variabilidade produtiva. Em contraste, metodologias baseadas na Teoria de Opções Reais demonstram maior capacidade de capturar o valor da flexibilidade gerencial em decisões de investimento. Como principal contribuição, o estudo propõe um framework conceitual que relaciona o nível de incerteza e a irreversibilidade das decisões à escolha das metodologias de análise, oferecendo suporte à tomada de decisão e ao desenvolvimento de abordagens mais aderentes à realidade dos sistemas agrícolas.

**Palavras-chave:** retorno sobre investimento; avaliação econômica; gestão financeira; incerteza.

## 1 INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro ocupa uma posição estratégica na economia nacional e global, consolidando o Brasil como o terceiro maior exportador mundial de produtos agrícolas, com receitas de USD 150,1 bilhões em 2023, ficando atrás apenas da União Europeia e dos Estados Unidos (ITC, 2023). Entre os principais produtos exportados, destacam-se soja (40,4%), carnes (14,1%), sucroalcooleiro (10,4%), cereais (9,3%) e produtos florestais (8,6%) lideraram as exportações, representando 82,9% do total. No mercado interno, o setor contribuiu com R\$ 2,62 trilhões para o PIB nacional, o equivalente a 15,1% do total em 2024 (CEPEA/CNA, 2024), reafirmando sua relevância estratégica para a economia brasileira.

Apesar de sua importância econômica, o modelo predominante de agricultura intensiva tem sido associado à redução da diversidade funcional e ao aumento da vulnerabilidade dos sistemas produtivos, com potenciais impactos sobre solo, biodiversidade e recursos hídricos (Urruty; Tailliez-Lefebvre; Huyghe, 2016). Além disso, a expansão agrícola em áreas de tensão ambiental, como o Cerrado e a Amazônia, intensificou o desmatamento e as emissões de gases de efeito estufa (GEE), resultando em críticas internacionais ao modelo produtivo brasileiro (Rajão et al., 2020).

Diante desse cenário, a transição para sistemas agrícolas mais sustentáveis e resilientes tornou-se iminente. Práticas como a integração lavoura-pecuária-floresta, agricultura regenerativa e o aumento do sequestro de carbono no solo mostram-se promissoras para alinhar a produção agrícola às demandas globais por sustentabilidade (Montagnini; Nair, 2004; Zomer et al., 2017; Sazvar; Rahmani; Govindan, 2018).

Contudo, tais práticas exigem investimentos substanciais em capacitação técnica, tecnologias inovadoras e infraestrutura. Alterações no manejo do solo, maior eficiência no uso de insumos e a diversificação dos sistemas produtivos são essenciais para manter a resiliência na agricultura (Anderson, Bayer; Edwards, 2020). Esses avanços envolvem custos irreversíveis e retornos incertos, o que caracteriza os desafios econômicos associados à adaptação às mudanças climáticas (Ginbo; Di Corato; Hoffmann, 2021).

A literatura destaca a importância de avaliar cuidadosamente a adoção de novas tecnologias e práticas agrícolas. Regan et al. (2017) reforçam que decisões mal planejadas podem gerar prejuízos, comprometendo a viabilidade dos projetos e a confiança em soluções inovadoras. Dittrich et al. (2017) destacam a necessidade de integrar aspectos econômicos, ambientais e sociais na formulação de estratégias resilientes, promovendo políticas e práticas



agrícolas que equilibrem produtividade e sustentabilidade ambiental.

A análise de viabilidade econômica desempenha um papel crucial na implementação de mudanças, auxiliando na definição de escolhas estratégicas e na alocação eficiente de recursos limitados. Geralmente, essa avaliação utiliza métodos estáticos, como o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *Payback*, que assumem decisões irreversíveis tomadas no tempo zero pressupondo trajetórias determinísticas de preços, custos e produtividade, o que contrasta com a natureza dinâmica e adaptativa dos sistemas agrícolas (Kuzman et al., 2023).

Abordagens mais dinâmicas, como a Teoria de Opções Reais (TOR), têm emergido como uma alternativa promissora pela capacidade de incorporar incertezas e flexibilizar decisões ao longo do tempo (Dixit; Pindyck, 1995; Odening; Mußhoff; Balmann, 2005). A TOR tem sido amplamente aplicada em setores como de energia (Agaton et al., 2020; Liu et al., 2021), tecnologia de informação (Fichman 2004), gestão estratégica (Browman; Moskowitz, 2001; Trigeorgis; Reuer, 2016) e no investimento na adaptação e mitigação das mudanças climáticas (Ginbo; Di Corato; Hoffmann, 2021; Stroombergen; Lawrence, 2022) mas ainda pouco explorada na agricultura.

Segundo Bowman e Moskowitz (2001) o uso limitado da abordagem de opções reais é explicado pela dificuldade de desenvolver modelos customizados para cada situação. O setor agrícola é altamente sensível às oscilações de preços no mercado global, influenciadas por fatores como clima, demanda internacional, e políticas comerciais. Essa volatilidade dificulta prever o retorno sobre investimentos (Kuzman et al., 2023).

Nesse contexto, o presente estudo realiza uma revisão sistemática das metodologias de análise de investimentos aplicadas ao setor agrícola, com ênfase na identificação de suas limitações frente a ambientes caracterizados por incerteza e irreversibilidade. Ao sintetizar evidências empíricas e teóricas, o trabalho contribui para o avanço metodológico da avaliação econômica na agricultura, destacando o potencial da Análise de Opções Reais como ferramenta complementar aos métodos tradicionais e oferecendo diretrizes para sua aplicação em estudos futuros.

## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para cumprir o objetivo proposto, este estudo consiste em uma revisão sistemática baseada nas diretrizes metodológicas do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and*

*Meta-Analyses* - PRISMA (Page et al., 2021). O uso do método PRISMA neste estudo foi escolhido devido à sua capacidade de garantir transparência no procedimento. O PRISMA é organizado em quatro fases distintas: identificação, triagem, elegibilidade e inclusão, cujo desenho metodológico pode ser observado na Figura 1.

Com base na questão de pesquisa e nos objetivos definidos, foi elaborada uma estratégia de busca composta por combinações de palavras-chave relacionadas à análise de investimentos no setor agrícola, empregando operadores booleanos. As expressões utilizadas incluíram: (“*Economic analysis*” AND “*real options analysis*” AND (“*rural properties*” OR “*agriculture*” OR “*farm management*”)); (“*Economic feasibility*” AND “*net present value*” AND (“*rural properties*” OR “*agriculture*” OR “*farm management*”)); (“*Investment analysis*” AND “*cash flow*” AND “*net present value*” AND (“*rural properties*” OR “*agriculture*” OR “*farm management*”)); (“*Investment analysis*” AND “*real options analysis*” AND (“*rural properties*” OR “*agriculture*” OR “*farm management*”)); AND (“*Investment analysis*” AND “*soybean*” AND (“*rural properties*” OR “*agriculture*” OR “*farm management*”)).

As buscas foram realizadas entre janeiro e março de 2024, utilizando as bases de dados Web of Science e Scopus, abrangendo o período de publicação entre janeiro de 2014 e março de 2024. O processo inicial resultou na identificação de 186 artigos científicos. Na etapa de filtragem, realizou-se a leitura dos títulos, resumos e conclusões de todos os artigos, aplicando critérios de inclusão previamente definidos. Foram selecionados estudos disponíveis para download que abordassem métodos de análise de investimento relacionados especificamente à agricultura, escritos em português ou inglês. Trabalhos que não atendiam a esses critérios foram excluídos.

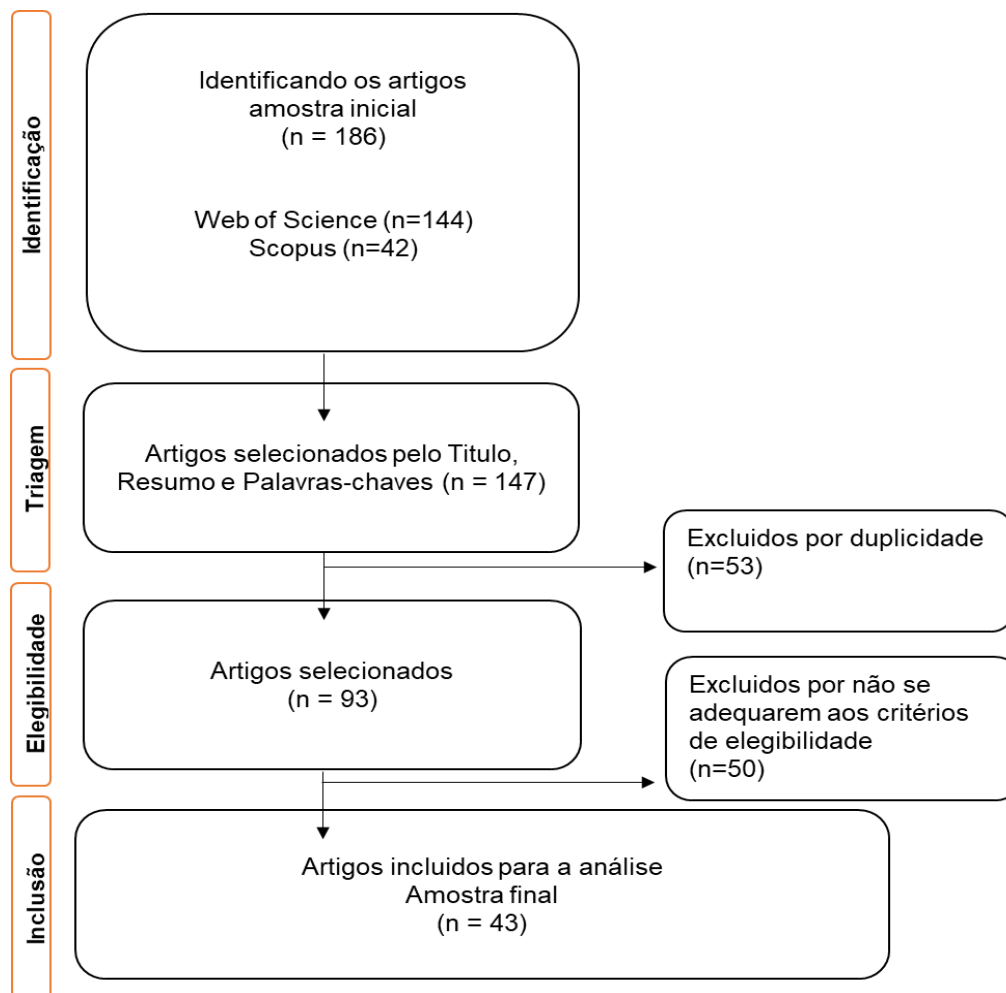
As 186 publicações inicialmente selecionadas foram então importadas para a ferramenta *StArt* (*State of Art through Systematic Review*), desenvolvida pelo Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software (LAPES, 2024) do Departamento de Computação da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Essa ferramenta foi utilizada para organizar e gerenciar o processo de revisão, garantindo a aplicação consistente dos critérios de inclusão e exclusão e facilitando a análise subsequente dos artigos selecionados.

Por meio da utilização da ferramenta *StArt*, foram identificadas inicialmente 186 publicações nas bases de dados Web of Science e Scopus. Na fase de identificação, 53 registros duplicados foram removidos, resultando em um total de 147 artigos únicos. Em seguida, na etapa de triagem, procedeu-se à leitura dos títulos, resumos e palavras-chave, com base nos critérios de seleção previamente definidos, o que permitiu refinar a amostra e conduziu 93

artigos à fase de elegibilidade.

Nessa etapa, realizou-se uma análise mais detalhada dos títulos, resumos e conclusões, sendo excluídos 50 estudos por não atenderem aos critérios estabelecidos, sobretudo por abordarem áreas do conhecimento distintas do foco desta pesquisa, que é a análise de investimentos no contexto agrícola. Ao final do processo, 43 artigos compuseram a amostra final e foram analisados de forma minuciosa na fase de inclusão. O fluxo completo das etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão, conforme as diretrizes do método PRISMA, encontra-se apresentado na Figura 1.

**Figura 1: Fluxograma do PRISMA para a identificação e seleção de estudos de análise de investimento na produção agrícola.**



Fonte: Elaboração própria.

Os dados bibliométricos obtidos a partir da revisão sistemática foram organizados em planilhas eletrônicas no Microsoft Excel, enquanto as versões completas dos artigos

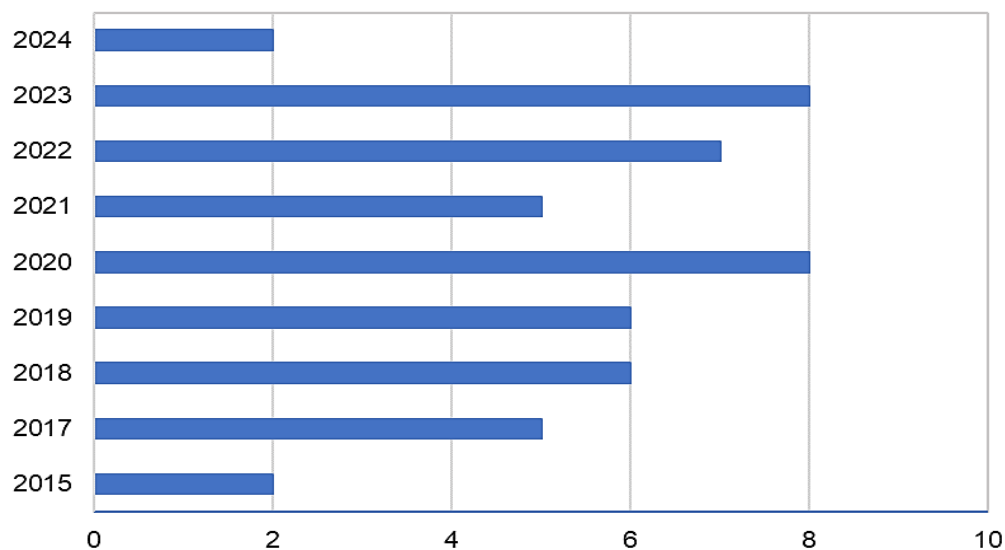
selecionados foram armazenadas e gerenciadas por meio do software Zotero. A análise dos estudos concentrou-se, principalmente, nos procedimentos metodológicos adotados, nos principais resultados e nas conclusões apresentadas.

Para a análise e visualização das informações, foram empregadas ferramentas auxiliares, como o *Word Cloud Art* (2024), utilizado para a construção de uma nuvem de palavras (Figura 4), com o objetivo de identificar a frequência e a recorrência das palavras-chave nos artigos analisados. A partir da síntese dos estudos selecionados, os resultados desta revisão sistemática apresentam um panorama das metodologias de análise de investimentos aplicadas à produção agrícola, destacando suas principais contribuições, limitações e implicações práticas para a gestão agrícola.

### 3 RESULTADOS

A Figura 2 apresenta a evolução temporal das publicações relacionadas à análise de investimentos na produção agrícola ao longo do período analisado. Observa-se um crescimento progressivo do número de estudos a partir de 2017, com destaque para os anos de 2020, 2022 e 2023, nos quais foram publicados 8, 8 e 7 artigos, respectivamente. Os dados de 2024 referem-se a publicações até março. Essa tendência sugere a alta relevância e contínua atenção dedicada a essa temática ao longo dos anos.

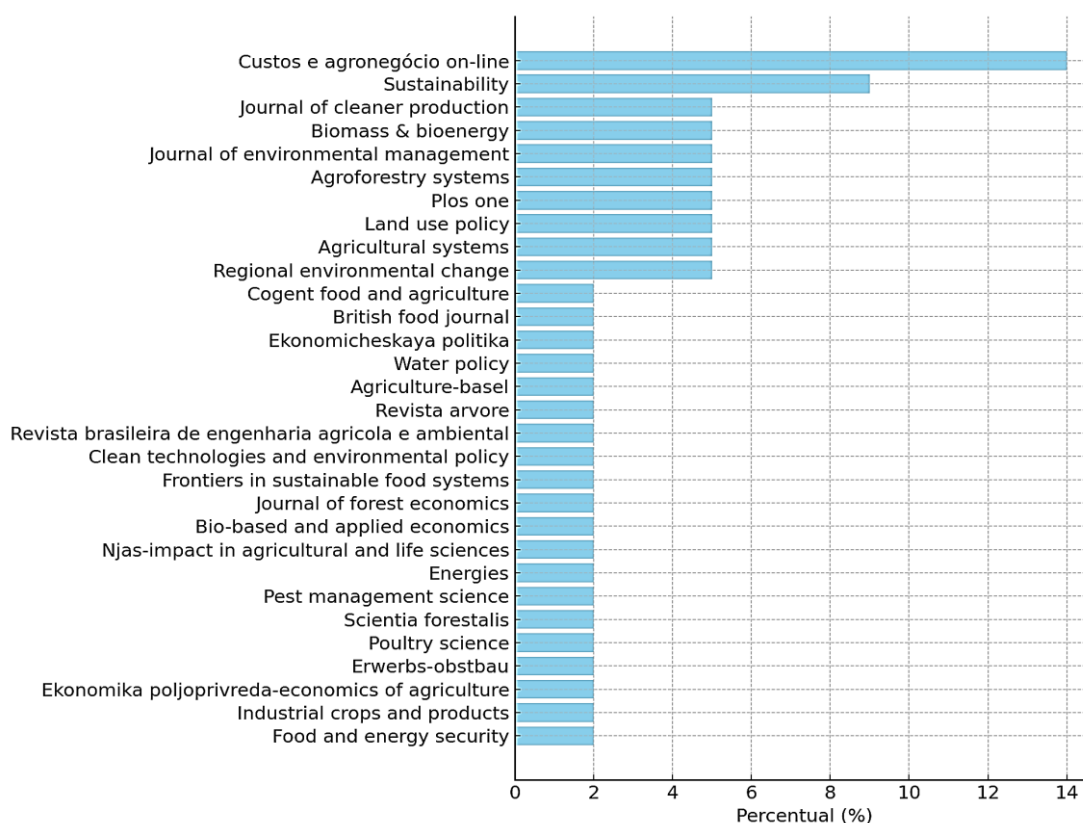
**Figura 2: Evolução temporal das publicações sobre análise de investimentos na produção agrícola (2015–2024).**



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da Web of Science e Scopus (2024).

As publicações identificadas nesta pesquisa estavam distribuídas em um total de 30 periódicos, como apresentado na Figura 3. Dentro de cada um desses periódicos, as publicações desempenham um papel crucial na disseminação do conhecimento e no avanço da área de estudo. Destaca-se, especialmente, o periódico brasileiro "Custos e Agronegócio on-line" pela quantidade de publicações. Este periódico desempenha um papel fundamental na divulgação de pesquisas relacionadas a custos e questões associadas ao agronegócio, evidenciando sua importância e relevância para a comunidade acadêmica e profissional neste campo específico.

**Figura 3: Número de publicações por periódicos entre os artigos analisados.**



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da Web of Science, Scielo e Scopus (2020).

O periódico Sustainability destaca-se entre os veículos de maior relevância na amostra analisada, concentrando estudos voltados à sustentabilidade técnica, ambiental, econômica e social no contexto agrícola. Em termos de produção científica, o Brasil apresenta a maior participação, respondendo por 53,33% dos artigos selecionados, o que reflete tanto a importância econômica do setor agrícola nacional quanto o interesse acadêmico na análise de investimentos nessa atividade. Na sequência, Índia e Itália também se destacam pela contribuição ao tema.



**Tabela 1: Descrição da amostra de artigos selecionados para análise e algumas especificidades como: Citações, País de estudo, área de estudo e metodologias de análise de investimento.**

Autor	Citações	País de estudo	Área de estudo	Metodologias									
				VPL <sup>(1)</sup>	TIR <sup>(2)</sup>	TIRM <sup>(3)</sup>	PB <sup>(4)</sup>	PBD <sup>(5)</sup>	IL <sup>(6)</sup>	ACB <sup>(7)</sup>	ROA <sup>(8)</sup>		
Othman et al. (2015)	36	Malásia	Agricultura e Recursos energéticos	X	X								
Garcia et al. (2017)	35	Brasil	Pecuária e Floresta	X	X		X				X		
Castro, Calvas e Knoke (2015)	29	Equador	Agricultura	X									
Viccaro et al. (2019)	28	Itália	Agricultura	X	X								
Souza et al. (2019)	28	Brasil	Agricultura e Recursos Energéticos	X	X		X						
Martinelli et al. (2019)	24	Brasil	Agrofloresta	X	X	X		X	X	X	X		
Regan et al. (2017)	21	Australia	Agricultura e Recursos energéticos	X									X
Diogo et al. (2017)	14	Holanda	Agricultura	X									
Dittrich et al. (2017)	10	Europa	Pecuária	X									X
Faleiros et al. (2018)	7	Brasil	Agricultura	X	X		X						
Goncalves et al. (2021)	7	Brasil	Agrofloresta	X	X		X						
Kadigi et al. (2020)	7	Tanzânia	Agricultura	X									
Faleiros et al. (2020)	6	Brasil	Agricultura								X		
Sisodia, Alshamsi e Sergi (2020)	6	Emirados Árabes	Agricultura e Energia	X	X								
Brody, Eshchanov e Golub (2020)	5	Uzbequistão	Agricultura								X		
Patel et al. (2021)	5	Índia	Agricultura e Recursos	X	X						X		

			Energéticos							
Barbosa e Gimenes (2020)	4	Brasil	Agricultura	X	X	X			X	X
Narayanamoorthy et al. (2020)	3	Índia	Agricultura	X						X
Liontakis, Sintori e Tzouramani (2021)	3	Grécia	Agricultura	X	X					
Lee (2022)	3	Coreia do Sul	Agricultura	X			X			
Bernardy et al. (2022)	3	Brasil	Pecuária e floresta				X			X
Kim et al. (2018)	2	Camboja	Agricultura		X					X
Souza Junior, Baldissera e Bertolini, (2019)	2	Brasil	Agricultura	X						X
Macêdo et al. (2020)	2	Brasil	Agricultura	X	X		X		X	X
Reis et al. (2023)	2	Brasil	Lavoura-pecuária-floresta	X			X		X	
Souza et al. (2023)	2	Brasil	Agricultura	X	X	X	X		X	X
Elejalde et al. (2023)	2	Brasil	Agricultura	X		X	X			
Work, Hauer e Luckert (2018)	1	Canadá	Agricultura e Energia	X						
Santos et al. (2020)	1	Brasil	Agricultura	X						
Spiegel et al. (2020)	1	Itália	Agricultura	X						
Min et al. (2022)	1	China	Agricultura	X						
Silva et al. (2022)	1	Brasil	Agricultura e recursos energéticos	X	X					
Abdul-Salam, Ovando e Roberts (2022)	1	Reino Unido	Agrofloresta	X	X					X
Dutra et al. (2023)	1	Portugal	Agricultura	X	X					
Rezende et al. (2018)	0	Brasil	Agricultura	X	X					
Schettini et al. (2021)	0	Brasil	Pecuária e floresta	X	X				X	
Leitão, Gimenes e Padovan et al.	0	Brasil	Agrofloresta	X	X		X			

NOVOS CONTEXTOS PARA O AGRONEGÓCIO

ISSN: 2594-8083

(2022)											
Bernardes et al. (2022)	0	Brasil	Agricultura	X	X						
Adom, Bir e Lambert (2023)	0	Estados unidos	Pecuária	X							
Uçar et al. (2023)	0	Turquia	Agricultura	X	X						
Kuzman et al. (2023)	0	Sérvia	Agricultura	X	X				X	X	
Silva et al. (2024)	0	Brasil	Agricultura e Recursos Energéticos	X	X						
Moller et al. (2024)	0	África do Sul	Agricultura	X							

<sup>(1)</sup> Valor presente líquido; <sup>(2)</sup> Taxa interna de retorno; <sup>(3)</sup> Taxa Interna de Retorno Modificada; <sup>(4)</sup> Payback; <sup>(5)</sup> Payback Descontado; <sup>(6)</sup> Índice de Lucratividade; <sup>(7)</sup> Análise Custo Benefício; <sup>(6)</sup> Opções reais.

Fonte: Elaboração própria.

**Tabela 2: Os principais métodos e fórmulas empregados pelos autores em suas pesquisas relacionadas à análise de investimento.**

Referências	Método	Fórmulas	Descrição	Limitação
Diogo et al. (2017) Souza Junior, Baldissera e Bertolini (2019)	VPL	$VPL = \sum_{t=1}^T \frac{FC_t}{(1+r)^t} - I_0$ <p>Onde:  <math>CF_t</math> = fluxos de caixa em cada período do projeto <math>t</math> (benefício de caixa);  <math>K</math> = taxa de desconto representada pela rentabilidade mínima exigida pelo projeto  <math>I</math> = valor do investimento no tempo zero (início do projeto);                      Valor do investimento em cada período subsequente.</p>	Utiliza o conceito de valor do dinheiro no tempo, ajustando os fluxos de caixa futuros ao presente por meio de uma taxa de desconto específica.	Assume um cenário fixo, sem considerar o valor das contingências e das flexibilidades gerenciais referente às possíveis decisões futuras do projeto.
Othman et al., (2015) Souza Junior, Baldissera e Bertolini (2019)	TIR	$TIR = I_0 + \sum_{\tau=1}^n \frac{I_t}{(1+K)^t} - I_0 + \sum_{\tau=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t}$ <p>Onde:  <math>I_0</math> = valor do investimento no momento zero  <math>I_t</math> = valor do investimento em cada período subsequente  <math>K</math> = taxa de rentabilidade anual equivalente periódica  <math>FC</math> = fluxos de caixa em cada período do projeto <math>t</math> (benefício em dinheiro).</p>	É definida como a taxa de desconto que iguala o valor presente líquido (VPL) dos fluxos de caixa futuros ao investimento inicial.	A possibilidade de múltiplas taxas de retorno em projetos com fluxos de caixa não convencionais e a suposição de que os valores gerados serão reinvestidos à mesma taxa da TIR, o que nem sempre é realista.
Barbosa e Gimenes (2020)	TIRM	$TIRM = \sum_{t=1}^T [Y_j / (1+i)^{n-j}] / \sum_{j=0}^n [C_j / (1+i)^j] = (1 + TIRM)^n$ <p>Onde:  <math>Y_j</math> = fluxo de caixa positivo no período <math>j</math>;  <math>C_j</math> = fluxo de caixa negativo no período <math>j</math>;  <math>i</math> = a taxa de desconto representada pela lucratividade mínima exigida pelo projeto.</p>	Demonstra a atualização dos fluxos de saída de caixa ao valor presente e dos fluxos de entrada de caixa ao valor futuro por meio da Taxa Mínima de Atratividade (TMA).	Depende de taxas externas subjetivas, é mais complexa que a TIR e, como métrica percentual, não considera o valor absoluto do investimento, dificultando comparações eficazes entre projetos de diferentes escalas.

<p>Garcia et al. (2017) Souza Junior, Baldissera e Bertolini (2019).</p>	<p>PB</p>	$\frac{\textit{Investimento inicial}}{\textit{Fluxo de Caixa Anual Médio}}$	<p>O período de tempo necessário para recuperar um investimento inicial.</p>	<p>O foco exclusivo no prazo de recuperação e a falta de consideração pelo valor do dinheiro no tempo.</p>
<p>Martinelli et al. (2019) Barbosa e Gimenes (2020).</p>	<p>PBD</p>	$\sum_{k=1}^j \frac{CF_k}{(1 + TIR)^k} \geq CF_0$ <p>Onde:  <math>CF_k</math>: Fluxo de caixa do projeto no tempo  <math>TIR</math>: Taxa de desconto (ou a rentabilidade mínima exigida pelo projeto)  <math>CF_0</math>: Fluxo de caixa inicial do projeto (geralmente o investimento inicial);  <math>j</math>: Número mínimo de períodos necessários para que o valor presente dos fluxos de caixa seja igual ou superior ao valor do investimento inicial</p>	<p>Versão do Payback que desconta os fluxos de caixa ao valor presente antes de calcular o tempo de retorno.</p>	<p>Embora mais realista que o PB, ainda ignora fluxos de caixa após o período de recuperação e não avalia o retorno total do projeto.</p>
<p>Martinelli et al. (2019)</p>	<p>IL</p>	$\frac{\textit{Valor presente dos benefcios}}{\textit{Valor presente dos desembolsos de caixa}}$	<p>Índice que mede a relação entre os benefícios e custos do investimento, indicando o retorno por unidade monetária investida.</p>	<p>Pode priorizar projetos com alta lucratividade relativa, mas menor impacto absoluto em termos financeiros totais.</p>
<p>Martinelli et al. (2019)</p>	<p>ACB</p>	$CB = \frac{VB(i)}{VC(i)}$ <p>Onde:  <math>VB</math> é o valor presente dos benefícios a uma taxa de desconto (<math>i</math>);  <math>VC</math> é o valor presente dos custos a uma taxa de desconto (<math>i</math>)</p>	<p>Compara os custos e benefícios de projetos, ajudando a identificar se os benefícios superam os custos.</p>	<p>Dificuldade em quantificar benefícios intangíveis ou sociais, além de forte dependência das premissas adotadas.</p>

<p>Souza Junior, Baldissera e Bertolini (2019)</p>	<p>OR</p>	<p><math>VPL_{EXPANDIDO} = VPL + VALOR DA FLEXIBILIDADE</math></p> <p>Onde: Valor da flexibilidade refere-se às opções gerenciais de adiar, expandir, contrair, abandonar e alternar, exercidas conforme novas informações se tornam disponíveis</p>	<p>Capacidade de incorporar a flexibilidade nas decisões gerenciais ao avaliar investimentos, permitindo que os gestores considerem diferentes cenários e ajustem suas estratégias ao longo do tempo.</p>	<p>Complexa, exige dados precisos e um entendimento profundo de finanças, o que pode dificultar sua aplicação. Além disso, nem todas as opções gerenciais são facilmente quantificáveis.</p>
--	-----------	--	---	--

VPL= Valor presente líquido; TIR = Taxa interna de retorno; TIRM = Taxa interna de retorno modificada; PB= Payback; PBD= Payback descontado; IL = Índice de Lucratividade; ACB = Análise Custo Benefício; OR: Opções reais.

Fonte: Elaboração própria.

## 4 DISCUSSÃO

### 4.1 MÉTODOS TRADICIONAIS DE AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS

A revisão sistemática dos 43 estudos evidenciou a predominância do VPL como principal métrica de análise de investimento, em função de sua simplicidade operacional e de sua capacidade de incorporar o valor do dinheiro no tempo. Outras ferramentas tradicionais, como a TIR, o PB e o IL, também são amplamente utilizadas.

Rezende et al. (2018) aplicaram o VPL para avaliar estratégias de diversificação em sistemas agroflorestais. De forma semelhante, Martinelli et al. (2019) analisaram a viabilidade econômico-financeira de um arranjo agroflorestal biodiverso por meio de métricas tradicionais de avaliação de investimentos, incorporando análises de sensibilidade e simulação de Monte Carlo. No mesmo sentido, Souza et al. (2023), ao investigarem a implantação de sistema hidropônico em pequena propriedade rural, utilizaram indicadores clássicos como VPL, TIR, TIRM, índice de lucratividade e *Payback* descontado, complementados por simulação de Monte Carlo para tratamento da incerteza.

Entretanto, a ampla adoção dessas metodologias revela limitações estruturais quando aplicada ao contexto agrícola. Esses métodos assumem decisões irreversíveis tomadas no tempo zero, fluxos de caixa determinísticos e taxas de desconto fixas, pressupostos que contrastam com a natureza dinâmica da atividade agrícola, marcada por volatilidade de preços, incertezas climáticas e variabilidade produtiva. Ademais, tais abordagens não capturam explicitamente a possibilidade de adaptação ou reversão das decisões ao longo do tempo, elementos centrais em sistemas produtivos sujeitos a choques recorrentes (Souza Junior et al., 2019; Kuzman et al., 2023).

Embora alguns estudos da amostra incorporem simulações estocásticas, como a Simulação de Monte Carlo, essas abordagens são utilizadas majoritariamente como extensões probabilísticas de métricas tradicionais, em especial do Valor Presente Líquido (Kadigi et al., 2020; Rezende et al., 2018; Min et al., 2022). Tais aplicações permitem quantificar o risco associado a preços, produtividade ou custos, mas não alteram a estrutura decisória do investimento, que permanece essencialmente estática e irreversível, sem incorporar explicitamente decisões sequenciais ou o valor da flexibilidade gerencial. Nesse contexto, abordagens baseadas em opções reais têm sido apontadas como particularmente adequadas para

avaliar investimentos agrícolas, ao permitir a modelagem da flexibilidade sob incerteza.

#### 4.2 TEORIA DE OPÇÕES REAIS NA AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS AGRÍCOLAS: O VALOR DA FLEXIBILIDADE GERENCIAL

A Teoria de Opções Reais (TOR) emerge da transposição dos princípios da teoria financeira das opções para o contexto de ativos reais, tendo como marco fundamental os trabalhos de Dixit e Pindyck (1994), Trigeorgis (1996) e Copeland e Antikarov (2001). Embora esses autores não integrem diretamente a amostra da revisão, suas contribuições constituem a abordagem conceitual que fundamenta a maioria das aplicações contemporâneas da TOR identificadas na literatura analisada.

Diferentemente das opções financeiras, que conferem ao detentor o direito, mas não a obrigação, de comprar ou vender um ativo financeiro a um preço predeterminado, as opções reais referem-se à flexibilidade gerencial associada a projetos de investimento, permitindo ao gestor adaptar suas decisões operacionais e estratégicas à medida que novas informações se tornam disponíveis. Nessa abordagem, o valor de um projeto não é determinado apenas pelos fluxos de caixa esperados, mas também pelas oportunidades futuras de decisão embutidas no investimento inicial, conceito frequentemente denominado como VPL expandido.

Segundo Dixit e Pindyck (1994), três elementos são centrais para a aplicação da TOR: (i) a incerteza sobre os retornos futuros; (ii) a irreversibilidade parcial ou total do investimento; e (iii) o momento (timing) da decisão. A irreversibilidade implica que parcela relevante do capital investido não pode ser recuperada caso o projeto seja abandonado; a incerteza refere-se à variabilidade dos resultados econômicos ao longo do tempo; e o timing representa a possibilidade de adiar ou antecipar decisões à espera de novas informações. A interação entre esses elementos confere valor econômico à flexibilidade gerencial, permitindo que decisões sejam revistas, postergadas ou ajustadas diante de cenários adversos.

No âmbito da TOR, as oportunidades gerenciais associadas a um projeto podem ser interpretadas como diferentes tipos de opções reais. Entre as mais recorrentes na literatura destacam-se: a opção de adiar o investimento, que permite postergar a decisão até que haja maior clareza sobre as condições futuras; a opção de expansão, que possibilita ampliar a escala do projeto caso os resultados se mostrem favoráveis; a opção de contração, associada à redução parcial da operação em cenários adversos; e a opção de abandono, que confere ao gestor a possibilidade de encerrar o projeto e recuperar parte do valor residual dos ativos. Além dessas,



projetos complexos podem incorporar opções compostas ou sequenciais, nas quais o exercício de uma opção cria novas oportunidades de decisão ao longo do tempo (Trigeorgis, 1996; Copeland; Antikarov, 2001).

A aplicação da TOR mostra-se particularmente relevante para o setor agrícola, cuja dinâmica produtiva é inerentemente sequencial, adaptativa e sujeita a elevados níveis de incerteza. Diferentemente de investimentos industriais tradicionais, decisões agrícolas raramente são do tipo “agora ou nunca”; ao contrário, o produtor ajusta estratégias de cultivo, manejo e alocação de recursos safra após safra, incorporando aprendizado e respondendo a sinais de mercado e condições climáticas. Nesse contexto, a possibilidade de não decidir imediatamente, ou de alterar a decisão ao longo do tempo, possui valor econômico próprio, não capturado por metodologias estáticas.

Os estudos da amostra que aplicam a TOR concentram-se, em sua maioria, em ambientes caracterizados por elevada incerteza e forte irreversibilidade. Regan et al. (2017) demonstram que a TOR permite uma avaliação mais refinada da viabilidade econômica ao quantificar o valor das decisões gerenciais ao longo do tempo, especialmente em contextos associados à adaptação às mudanças climáticas e a investimentos de longo prazo.

Ginbo, Di Corato e Hoffmann (2021) e Abdul-Salam, Ovando e Roberts (2022) aplicam essa abordagem a sistemas produtivos complexos, evidenciando que projetos considerados inviáveis sob a ótica do VPL tradicional podem se tornar economicamente atrativos quando a flexibilidade gerencial é incorporada à análise. De forma complementar, Work, Hauer e Luckert (2018) destacam o potencial de estruturas híbridas que integram métricas tradicionais a modelos baseados em opções reais, ampliando a aderência das avaliações à realidade decisória enfrentada pelos gestores.

Apesar de suas vantagens conceituais, a revisão também evidencia limitações relevantes associadas à aplicação da TOR no setor agrícola. A elevada complexidade matemática, a dificuldade de comunicação dos resultados a gestores e produtores e, sobretudo, a escassez de séries históricas consistentes de preços, custos e produtividade no nível da propriedade rural constituem barreiras à sua adoção. Diferentemente de setores como energia ou infraestrutura, nos quais ativos e fluxos financeiros são amplamente monitorados, a agricultura ainda opera, em grande parte, com registros fragmentados ou agregados, o que compromete a estimação robusta de parâmetros fundamentais. Assim, a principal limitação da TOR na agricultura não reside em sua fundamentação teórica, mas em restrições estruturais e informacionais que dificultam sua aplicação.

### 4.3 UMA PROPOSTA INTEGRATIVA PARA A AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS AGRÍCOLAS SOB INCERTEZA

Com base nos resultados desta pesquisa, a Figura 5 apresenta um framework conceitual orientativo, proposto neste estudo como contribuição original ao campo da gestão rural, para a escolha de metodologias de análise de investimento na agricultura em função do nível de incerteza e do grau de irreversibilidade das decisões.

**Figura 5: Síntese das metodologias de análise de investimento aplicadas à agricultura segundo o nível de incerteza.**



Fonte Elaboração própria.

Em contextos de baixa incerteza e elevada reversibilidade, como a aquisição de maquinário agrícola padronizado ou a adoção de práticas de manejo consolidadas, métricas tradicionais tendem a ser suficientes para apoiar a tomada de decisão. À medida que a incerteza se intensifica, especialmente em investimentos associados à intensificação tecnológica, irrigação ou ajustes de manejo, a incorporação de ferramentas de análise de risco, como a simulação de Monte Carlo, permite uma representação mais realista da variabilidade econômica.



Por sua vez, em ambientes caracterizados por elevada incerteza e irreversibilidade, como a implementação de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), agroflorestas, transição para agricultura regenerativa e adoção de tecnologias sustentáveis de longo prazo, o framework destaca a maior aderência de abordagens capazes de incorporar decisões sequenciais e o valor da flexibilidade gerencial. Nesses contextos, a TOR permite capturar de forma mais adequada a dinâmica econômica enfrentada pelo produtor, em que decisões são continuamente reavaliadas diante de novos cenários.

De forma complementar, a revisão evidencia uma lacuna relevante entre a sofisticação dos problemas decisórios enfrentados pela agricultura e as ferramentas analíticas tradicionalmente utilizadas para avaliá-los. A transição para uma agricultura baseada em dados, impulsionada pela digitalização do campo, sensores, sistemas de gestão e Agricultura 4.0, surge como um catalisador fundamental para reduzir a assimetria de informação no nível da fazenda. À medida que a opacidade informacional diminui, a viabilidade técnica de modelos estocásticos e de opções reais aumenta, permitindo que a flexibilidade gerencial deixe de ser um conceito abstrato e passe a ser tratada como um ativo econômico quantificável.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Esta revisão sistemática evidenciou que a análise de investimentos no setor agrícola permanece majoritariamente ancorada em metodologias estáticas, com destaque para o Valor Presente Líquido (VPL), amplamente utilizado em função de sua simplicidade operacional, aceitação institucional e facilidade de interpretação. Embora eficazes em contextos específicos, a aplicação isolada dessas métricas apresenta limitações relevantes ao não incorporar explicitamente a flexibilidade gerencial e as múltiplas fontes de incerteza que caracterizam a atividade agrícola contemporânea.

Em contraste, abordagens dinâmicas baseadas na Teoria de Opções Reais demonstram elevado potencial para lidar com a complexidade e a incerteza do setor agrícola, ao permitir a modelagem de decisões sequenciais, o adiamento de investimentos e a adaptação a diferentes cenários futuros. Os estudos revisados indicam que a incorporação da flexibilidade gerencial pode ampliar significativamente a qualidade das avaliações econômicas, especialmente em projetos de longo prazo, intensivos em capital e associados à sustentabilidade e à adaptação climática.

Como principal contribuição, este estudo propôs um framework conceitual orientativo



para a seleção de metodologias de análise de investimento na agricultura em função do nível de incerteza e irreversibilidade das decisões. Esse framework busca apoiar pesquisadores e gestores na escolha de ferramentas analíticas mais aderentes à dinâmica dos sistemas agrícolas e aponta caminhos para pesquisas futuras voltadas ao desenvolvimento de abordagens híbridas e gestão estratégica sob incerteza.

## REFERÊNCIAS

- ABDUL-SALAM, Y.; OVANDO, P.; ROBERTS, D. Understanding the economic barriers to the adoption of agroforestry: A Real Options analysis. **Journal of Environmental Management**, v. 302, p. 113955, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113955>. Disponível em: <https://www-sciencedirect-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S030147972102017X>. Acesso em 23 ago. 2024.
- ADOM, E.; BIR, C.; LAMBERT, L. H. A financial comparison of small-scale quail and laying hen farm enterprises. **Poultry Science**, v. 102, n. 4, p. 102507, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102507>. Disponível em: <https://www-sciencedirect-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0032579123000330?via%3Dihub>. Acesso em 25 ago. 2024.
- AGATON, C. P.; GUNO, C.S.; VILLANUEVA, R.O.; VILLANUEVA, R.O. Economic analysis of waste-to-energy investment in the Philippines: A real options approach. **Applied Energy**, v. 275, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115265>. Disponível em: <https://www-sciencedirect-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0306261920307777>. Acesso em 25 ago 2024.
- ANDERSON, R.; BAYER, P.E.; EDWARDS, D. Climate change and the need for agricultural adaptation. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 56, p. 197-202, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2019.12.006>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32057694/>. Acesso em 20 jul. 2024.
- ASSAF NETO, A. **Finanças corporativas e valor**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2014.
- BARBOSA, A.C.S.; GIMENES, R.M.T. Costs and financial feasibility of niágara grape growth in low rural properties. **Custos e Agronegócio on-line**, v. 16, Special Edition, 2020. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/especialv16/OK%2019%20uva%20english.pdf>. Acesso em 20 jul. 2024.
- BERNARDES, P.A.C.S.; AQUILA, G.; PAMPLONA, E.O.; MEDEIROS, A.L.; NAKAMURA, W.T.; SILVA, A.S. Technical-economic analysis of the impact of post-harvesting systems and subsidized loans for coffee farms in Minas Gerais (Brazil). **Custos e Agronegócio on-line**, v. 18, n. 4, 2022. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero4v18/OK%208%20loans.pdf>. Acesso em 21 ago. 2024.

BERNARDY, D.; JESUS, L.C.; ZIEMBOWICZ, M.M.; WEILER, E. B.; FARIAS, J. A. Production and financial feasibility in silvopastoral system in small rural property. **Revista Árvore**, v. 46, p. e4622, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-908820220000022>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/F87NbTtKpsLy6v9Yd93kc5k/?lang=en>. Acesso em: 05 jul. 2024.

BRODY, M.; ESHCHANOV, B.; GOLUB, A. Approaches to optimize Uzbekistan's investment in irrigation technologies. **Ekonomicheskaya Politika**, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2020-2-136-147>. Disponível em: <file:///C:/Users/Joyce/Downloads/approaches-to-optimize-uzbekistan-s-investment-in-irrigation-technologies.pdf>. Acesso em 19 jul. 2024.

CASTRO, L. M.; CALVAS, B.; KNOKE, T. Ecuadorian Banana Farms Should Consider Organic Banana with Low Price Risks in Their Land-Use Portfolios. **PLOS ONE**, v. 10, n. 3, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120384>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0120384>. Acesso em 20 jul. 2024.

CEPEA – Centro de estudos avançados em economia aplicada departamento de economia, administração e sociologia. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em 21 mar. 2024.

DIOGO, V.; REIDSMA, P.; SCHAAP, B.; ANDREE, B.P.J.; KOOMEN, E. Assessing local and regional economic impacts of climatic extremes and feasibility of adaptation measures in Dutch arable farming systems. **Agricultural Systems**, v. 157, p. 216–229, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.06.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0308521X16303043?via%3Dihub>. Acesso em 15 jul 2024.

DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. **Investment under uncertainty**. Princeton: Princeton University Press, 1995.

DITTRICH, R.; WREFORD, A.; TOPP, C.F.E.; EORY, V.; MORAN, D. A guide towards climate change adaptation in the livestock sector: adaptation options and the role of robust decision-making tools for their economic appraisal. **Regional Environmental Change**, v. 17, n. 6, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1134-4>. Disponível em: <https://link-springer-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s10113-017-1134-4#citeas>. Acesso em 17 jul. 2024.

DUTRA, T. M.; BATISTA, M.D.; TEIXEIRA, J.C.; TODOROVA, S.; OLIVEIRA, L.; TAVARES, J.; BORGES, I.; SOARES, A.O. Economic and financial model to the mass-rearing of *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) (Heteroptera: Miridae), a biological control agent against the tomato moth *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in protected culture. **Pest Management Science**, v. 79, n. 10, p. 3712–3720, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.7552>. Disponível em: [https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ps.7552?utm\\_medium=article&utm\\_source=researchgate.net](https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ps.7552?utm_medium=article&utm_source=researchgate.net). Acesso em 12 jul 2024.

ELEJALDE, D.A.G.; SOARES, A.B.; LIMA, J.D.; 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, 2023. DOI: | <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.940946>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-food-systems/articles/10.3389/fsufs.2022.940946/full>. Acesso em 21 ago. 2024.

FALEIROS, G. D.; SANTOS, D.F.L.; CONCEIÇÃO, E.V.; CORÁ, J.E. Economic analysis of soybean-maize crop rotation in a no-tillage system. **Custos e Agronegócio on-line**, v. 16, 2020. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/especialv16/OK%20%20soybean.pdf>. Acesso em 20 jul. 2024.

FALEIROS, G. D.; SANTOS, D.F.L.; CORÁ, J. E.; YILDIZ, F. Analysis of profitability of conservation tillage for a soybean monoculture associated with corn as an off-season crop. **Cogent Food & Agriculture**, p. 20, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311932.2018.1429699>. Disponível em: [https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311932.2018.1429699?utm\\_source=researchgate.net&utm\\_medium=article](https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311932.2018.1429699?utm_source=researchgate.net&utm_medium=article). Acesso em 02 ago. 2024.

GINBO, T.; DI CORATO, L.; HOFFMANN, R. Investing in climate change adaptation and mitigation: A methodological review of real-options studies. *Ambio*, v. 50, p. 229–241, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01342-8>. Disponível em: <https://link-springer-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s13280-020-01342-8#citeas>. Acesso em 03 abr. 2024.

ITC - TRADE MAP. Disponível em: <https://www.trademap.org/Index.aspx>. Acesso em 04 fev. 2024.

KADIGI, Ibrahim L.; RICHARDSON, James W.; MUTABAZI, Khamaldin D.; PHILIP, Damas; BIZIMANA, Jean-Claude; MOURICE, Sixbert K.; WAIZED, Betty. Forecasting yields, prices and net returns for main cereal crops in Tanzania as probability distributions: A multivariate empirical (MVE) approach. **Agricultural Systems**, v. 180, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102693>. Disponível em: <https://www.sciencedirect-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0308521X18308850?via%3Dihub>. Acesso em 05 jul 2024.

KIM, J.; HOJEONG, P.; CHUN, J.A.; LI, S. Adaptation strategies under climate change for sustainable agricultural productivity in Cambodia. **Sustainability**, v. 10, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10124537>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/12/4537>. Acesso em 05 jul. 2024.

KUZMAN, B.; MOMČILOVIĆ, M.; ERCEGOVAC, D.; MILIĆ, D. Economic efficiency assessment of investments in agricultural production. **Economics of Agriculture**, v. 70, n. 1, p. 61–79, 2023. DOI: <https://doi.org/10.59267/ekoPolj230161K>. Disponível em: <https://www.ea.bg.ac.rs/index.php/EA/article/view/2112>. Acesso em: 29 jun. 2024.

LAPES – Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software. Disponível em: <https://www.lapes.ufscar.br/>. Acesso em 20 fev 2024.

LEE, J. Evaluation of Automatic Irrigation System for Rice Cultivation and Sustainable Agriculture Water Management. **Sustainability**, v. 14, n. 17, p. 11044, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su141711044>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/17/11044>. Acesso em: 05 mai 2024.

LEITÃO, A.M.; GIMENES, R.M.T.; PADOVAN, M.P. Biodiverse agroforestry system arrangement with economic feasibility proposed for family-based agriculture. **Custos e Agronegócio on-line**, v. 18, 2022. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/especialv18/OK%2010%20agroflorestal%20english.pdf>. Acesso em 03 jul. 2024.

LIU, Q.; SUN, Y.; LIU, L.; WU, M. An uncertainty analysis for offshore wind power investment decisions in the context of the national subsidy retraction in China: A real options approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 329, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129559>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652621037380>. Acesso em 15 mai 2024.

LIONTAKIS, A.; SINTORI, A.; TZOURAMANI, I. The Role of the Start-Up Aid for Young Farmers in the Adoption of Innovative Agricultural Activities: The Case of Aloe Vera. **Agriculture**, v. 11, n. 4, p. 349, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11040349>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/4/349>. Acesso em 14 jul. 2024.

MACÊDO, A. B. M.; COSTA, R. N. T.; ARAÚJO, D. F.; NUNES, K. G. WATER productivity with localized irrigation using groundwater and reuse water in the cultivation of plant species. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, p. 219–224, 16 mar. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n4p219-224>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/PTzrxdk6XQTgz9TpScPS83K/?lang=en>. Acesso em 15 jul. 2024.

MARTINELLI, G. D. C.; SCHLINDWEIN, M. M.; PADOVAN, M.P.; GIMENES, R.M.T. Decreasing uncertainties and reversing paradigms on the economic performance of agroforestry systems in Brazil. **Land Use Policy**, v. 80, p. 274–286, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.09.019>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S026483771830423X?via%3Dihub>. Acesso em 16 jul 2024.

MIN, X.; SOK, J.; ELINGS, A.; LANSINK, A.O. Economic feasibility of glasshouse tomato production in China — A bio-economic stochastic modelling approach. **NJAS: Impact in Agricultural and Life Sciences**, v. 94, p. 156–183, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/27685241.2022.2135390>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/27685241.2022.2135390>. Acesso em 20 ago 2024.

MOLLER, K.; NEJADHASHEMI, A. P.; TALHA, M.; CHIKAFA, M.; EESWARAN, R.; JUNIOR, N. V.; CARCEDO, A. J. P.; CIAMPITTI, I.; BIZIMANA, J.-C.; DIALLO, A.; PRASAD, P. V. V. Unveiling the resilience of smallholder farmers in Senegal amidst extreme climate conditions. **Food and Energy Security**, v. 13, n. 1, p. e523, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/fes3.523>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fes3.523>. Acesso em 05 Ago 2024.

MONTAGNINI, F.; NAIR, P. Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 61, p. 281–295, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:AGFO.0000029005.92691.79>. Disponível em: <https://link-springer-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/article/10.1023/B:AGFO.0000029005.92691.79#citeas>. Acesso em 05 ago 2024.

NARAYANAMOORTHY, A.; DEVIKA, N.; SURESH, R.; SUJITHA, K. Efficiency and viability of drip method of irrigation in groundnut cultivation: an empirical analysis from South India. **Water Policy**, v. 22, n. 6, p. 1109–1125, 2020. DOI: <https://doi.org/10.2166/wp.2020.257>. Disponível em: <https://iwaponline.com/wp/article-abstract/22/6/1109/78044/Efficiency-and-viability-of-drip-method-of?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em 20 jul 2024.

OTHMAN, N. F.; YA'ACOB, M.E.; RAHIM, A. A. S.; OTHMAN, M.S.; RADZI, M.A.M; HIZAM, H.; WANG, Y.; YA'ACOB, A.M.; JAAFAR, H.ZE. Embracing new agriculture commodity through integration of Java Tea as high Value Herbal crops in solar PV farms. **Journal of Cleaner Production**, v. 91, p. 71–77, 15 mar. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.044>. Disponível em: <https://www-sciencedirect-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652614013407?via%3Dihub>. Acesso em 15 jul. 2024.

PAGE, M. J.; MCKENZIE, J. E.; BOSSUYT, P. M.; BOUTRON, I.; HOFFMANN, T. C.; MULROW, C. D. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **Research Methods & Reporting**, v. 372, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>. Disponível em: <https://www.bmj.com/content/372/bmj.n71>. Acesso em 20 jul. 2024.

PATEL, B.; PATEL, A.; SYED, B.A.; GAMI, B.; PATEL, P. Assessing economic feasibility of bio-energy feedstock cultivation on marginal lands. **Biomass and Bioenergy**, v. 154, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106273>. Disponível em: <https://www-sciencedirect-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0961953421003081?via%3Dihub>. Acesso em 15 jul 2024.

REIS, J. C.; KAMOI, M.Y.T.; MICHETTI, M.; WRUCK, F.J. Economic and environmental impacts of integrated systems adoption in Brazilian agriculture-forest frontier. **Agroforestry Systems**, v. 97, n. 5, p. 847–863, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-023-00831-5>. Disponível em: [https://link-springer-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s10457-023-00831-5?utm\\_source=researchgate.net&utm\\_medium=article](https://link-springer-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s10457-023-00831-5?utm_source=researchgate.net&utm_medium=article). Acesso em 17 jul 2024.

REGAN, C.M.; CONNOR, J. D.; SEGARAN, R. R.; MEYER, W. S.; BRYAN, B. A.; OSTENDORF, B. Climate change and the economics of biomass energy feedstocks in semi-arid agricultural landscapes: A spatially explicit real options analysis. **Journal of Environmental Management**, v. 192, p. 171-183, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.01.049>. Disponível em: <https://www-sciencedirect-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0301479717300671?via%3Dihub>. Acesso em 05 ago. 2024.

REZENDE, M. L.; SILVA, B.B; LOPES, M. M.; SALGADO, E.G.; SANTOS, B.R. Risk analysis and economic feasibility of the African mahogany plantation in the south of Minas Gerais. **Custos e Agronegócio on-line**, v. 14, 2018. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/especialv14/OK%2013%20viabilidade%20%20english.pdf>. Acesso em 18 jul. 2024.

SANTOS, D.F.L.; DE MORALES FARINELLI, J.B.; HORITA, K.; DA SILVA, B.L.; SOUZA, C.A.F. Investment analysis of soybean production system in sugarcane renewal areas. **Custos e Agronegócio on-line**, v. 16, n. 3, p. 130-164, 2020. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero4v16/OK%206%20canavial%20english.pdf>. Acesso em 10 jun 2024.

SISODIA, G. S.; ALSHAMSI, R.; SERGI, B. S. Business valuation strategy for new hydroponic farm development – a proposal towards sustainable agriculture development in United Arab Emirates. **British Food Journal**, v. 123, n. 4, p. 1560–1577, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1108/BFJ-06-2020-0557>. Disponível em: <https://www.emerald.com/bfj/article-abstract/123/4/1560/39645/Business-valuation-strategy-for-new-hydroponic?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 05 jun 2024.

SOUZA, L. F.; SILVA, J. C.; SANTOS, R. A.; OLIVEIRA, P. M. Economic feasibility of adopting a hydroponics system on substrate in small rural properties. **Journal of Agricultural Science**, v. 15, n. 4, p. 112–123, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10098-023-02529-9>. Disponível em: [https://link-springer-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s10098-023-02529-9?utm\\_source=researchgate.net&utm\\_medium=article](https://link-springer-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s10098-023-02529-9?utm_source=researchgate.net&utm_medium=article). Acesso em 10 mai. 2024.

SOUZA JUNIOR, W. D.; BALDISSERA, J. F.; BERTOLINI, G. R. F. Análise de opções reais aplicada na diversificação da produção rural no estado do Paraná. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 2, p. 253-269, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2019.177157>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/SrNKbj99Kr3y4tvGWG4gzRH/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em 15 jul. 2025.

SPIEGEL, A.; SEVERINI, S.; BRITZ, W.; COLETTA, A. Step-by-step development of a model simulating returns on farm from investments: the example of hazelnut plantation in Italy. **Bio-based and Applied Economics**, v. 9, n. 1, p. 53–83, 2020. DOI: <https://doi.org/10.13128/bae-7961>. Disponível em: <https://oaj.fupress.net/index.php/bae/article/view/7961>. Acesso em 15 mai 2024.

TRIGEORGIS, L.; REUER, J.J. Real options theory in strategic management. **Strategic Management Journal**, v. 38, p. 42-63, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/smj.2593>. Disponível em: <https://sms.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.2593>. Acesso em 01 jun. 2024.

URRUTY, N.; TAILLIEZ-LEFEBVRE, D.; HUYGHE, C. Stability, robustness, vulnerability and resilience of agricultural systems: A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 36, n. 1, p. 15, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0347-5>. Disponível em: <https://link-springer-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s13593-015-0347-5#citeas>. Acesso em: 15 jun. 2024.