



PROJETO DE GRADUAÇÃO

**O uso de Opções Reais nos Modelos de Investimento na produção
de uva e vinho no DF e RIDE**

Por,

EDUARDO CARMONA FERREIRA

18/0147099

Brasília, Agosto de 2024.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

O uso de Opções Reais nos Modelos de Investimento na produção de uva e vinho no DF e RIDE

Relatório submetido ao curso de graduação em Engenharia de Produção na Universidade de Brasília para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção

Por,

EDUARDO CARMONA FERREIRA

18/0147099

Professor Orientador

Prof. João Carlos Félix Souza, Unb/EPR

Brasília

2024

RESUMO

O projeto de graduação avalia a aplicação da Teoria de Opções Reais na vitivinicultura do Centro-Oeste brasileiro, especificamente na produção de uvas e vinhos no Distrito Federal (DF) e na Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE). Utilizando modelos financeiros, como Fluxo de Caixa Descontado (FCD) e Valor Presente Líquido (VPL), o estudo projeta cenários futuros considerando as incertezas e a flexibilidade gerencial do setor. Os resultados indicam que a expansão da produção de vinhos é mais vantajosa em termos de retorno econômico comparado à produção de uvas, evidenciando a viabilidade da terceirização da produção de uvas para maximizar lucros. A metodologia aplicada incorpora a volatilidade do mercado e as variáveis econômicas específicas do setor, proporcionando uma análise robusta para decisões estratégicas. Conclui-se que a utilização da Teoria de Opções Reais oferece uma abordagem dinâmica e estratégica para a avaliação de investimentos na vitivinicultura, incentivando expansões bem informadas e adaptadas às condições de mercado. Recomenda-se futuros estudos para identificar o momento ideal de expansão e explorar outras metodologias de opções reais, como abandono, adiamento e redução de operações.

Palavras-chave: Teoria de Opções Reais, Vitivinicultura, Fluxo de Caixa Descontado, Valor Presente Líquido, Expansão de Investimentos.

ABSTRACT

The graduation project evaluates the application of Real Options Theory in viticulture in the Brazilian Central-West region, specifically in the production of grapes and wines in the Federal District (DF) and the Integrated Development Region of the Federal District and Surroundings (RIDE). Using financial models such as Discounted Cash Flow (DCF) and Net Present Value (NPV), the study projects future scenarios considering the uncertainties and managerial flexibility of the sector. The results indicate that expanding wine production is more advantageous in terms of economic return compared to grape production, highlighting the feasibility of outsourcing grape production to maximize profits. The applied methodology incorporates market volatility and sector-specific economic variables, providing a robust analysis for strategic decisions. It is concluded that the use of Real Options Theory offers a dynamic and strategic approach for investment evaluation in viticulture, encouraging well-informed expansions adapted to market conditions. Future studies are recommended to identify the optimal expansion timing and explore other real options methodologies, such as abandonment, deferral, and reduction of operations.

Keywords: Real Options Theory, Viticulture, Discounted Cash Flow, Net Present Value, Investment Expansion.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 JUSTIFICATIVA	8
1.2 OBJETIVO	10
1.2.1 Objetivo geral	10
1.2.2 Objetivos específicos.....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
3 METODOLOGIA	14
3.1 CAPM	14
3.2 WACC.....	16
3.3 FLUXO DE CAIXA DESCONTADO E VALOR PRESENTE	17
3.4 OPÇÕES REAIS	18
4 APLICAÇÃO	23
4.1 ETAPAS DE ANÁLISE	24
5 ANÁLISE	27
5.1.1 Levantamento de dados	27
5.1.2 Aplicação do CAPM	27
5.1.3 Cálculo do WACC.....	28
5.1.4 Cálculo do FCD.....	30
5.1.5 Cálculo do VPL	32
5.2 EXPANSÃO DA PRODUÇÃO DE UVAS	33
5.3 EXPANSÃO DA PRODUÇÃO DE VINHOS	38
6 CONCLUSÃO	43
Referências Bibliográficas	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Histórico da produção de uva no Brasil. Fonte: Embrapa.	7
Figura 2 - Representação do modelo binomial. Fonte: Souza et al. 2018.	21
Figura 3 - Fluxograma das etapas.	24
Figura 4 - Gráfico dos resultados da expansão da uva	38
Figura 5 - Gráfico dos resultados da expansão do vinho	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis do modelo Black-Scholes-Merton. Fonte:Souza (2020, p. 64754) 20

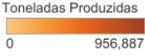
LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Cálculo do beta.	27
Quadro 2 - Cálculo do custo de capital próprio.	28
Quadro 3 - Cálculo do WACC.	29
Quadro 4 - Fluxo de Caixa projetado da vinícola.	30
Quadro 5 - Fluxo de Caixa Descontado projetado da vinícola.	31
Quadro 6 - Fluxo de Caixa projetado da vinícola.	32
Quadro 7 - Dados utilizados no FCL para expandir a produção das uvas.	34
Quadro 8 - FCL da expansão de uvas.	35
Quadro 9 - Aplicação do modelo Black-Scholes para a expansão da uva	36
Quadro 10 - Árvore Binomial da expansão das uvas calculada	37
Quadro 11 - Backward da árvore binomial da expansão das uvas	37
Quadro 12 - VPL para a expansão da produção de uvas	38
Quadro 13 - FCL da expansão de vinhos.	39
Quadro 14 - Dados utilizados no FCL para expandir a produção de vinhos	39
Quadro 15 - Aplicação do modelo Black-Scholes para a expansão do vinho	40
Quadro 16 - Árvore Binomial da expansão do vinho calculada	41
Quadro 17 - Backward da expansão do vinho calculada	41
Quadro 18 - VPL para a expansão da produção de vinhos.	41

1 INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho de graduação é analisar a aplicação e os resultados da aplicação da Teoria de Opções Reais na vitivinicultura do DF e RIDE. O mercado de vinhos no Brasil tem experimentado um crescimento notável nas últimas décadas, refletindo uma mudança significativa nos hábitos de consumo e no paladar dos brasileiros. Segundo dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), a produção de uvas é da ordem de 1,5 milhão de toneladas por ano, sendo que cerca de 50% desse valor é destinado para a produção de vinhos, sucos e outros derivados. A produção de vinhos ocupa cerca de 42% dos produtos industrializados derivados da uva. Com base na Figura 1, é possível ver o crescimento da produção de uvas por região do território brasileiro de 1988 até 2017.

Figura 1 - Histórico da produção de uva no Brasil. Fonte: Embrapa.

Histórico da produção de uva no Brasil (em toneladas)											
UF	1988	2000	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Toneladas Produzidas
Rio Grande do Sul	540,123	532,309	694,252	829,991	839,998	807,516	812,326	876,034	413,668	956,887	
Pernambuco	9,049	85,978	195,168	208,660	224,758	228,727	236,719	237,367	242,967	621,170	
São Paulo	95,843	184,275	187,507	211,581	209,139	164,313	152,540	141,311	139,976	133,261	
Santa Catarina	75,771	39,386	64,116	65,093	68,806	67,167	66,619	66,699	31,837	65,196	
Bahia	5,175	59,815	77,160	64,731	61,779	52,208	76,870	76,789	76,789	56,504	
Paraná	25,198	72,266	95,776	73,166	69,204	79,637	75,473	65,881	50,880	53,345	
Minas Gerais	6,952	10,576	9,252	9,303	10,351	12,092	10,893	11,760	10,594	13,685	
Espírito Santo	251	52	1,576	1,344	1,555	1,733	2,109	2,275	2,509	3,468	
Paraíba	210	2,200	1,620	2,016	1,836	1,836	4,036	2,196	2,636	2,620	
Distrito Federal	0	53	1,289	1,308	1,360	1,845	1,845	1,890	1,386	1,700	
Goiás	0	0	1,100	1,545	1,275	2,180	1,994	2,124	2,100	1,650	
Mato Grosso	0	555	1,033	1,021	1,024	1,008	1,270	887	1,257	1,002	
Ceará	0	0	294	302	297	244	541	923	760	708	
Rio de Janeiro	0	0	82	118	128	142	145	101	258	302	
Piauí	0	0	100	60	210	230	162	168	240	240	
Rondônia	0	0	143	150	182	167	165	177	180	187	
Mato Grosso do Sul	0	10	102	68	70	60	150	85	80	78	
Rio Grande do Norte	0	0	0	0	0	0	0	0	30	30	
Tocantins	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	

A análise apresentada na Figura 1 revela um notável crescimento na produção de uva no Brasil em toneladas, ao longo das décadas. Destaca-se o Rio Grande do Sul, que manteve sua posição como líder nesse setor, testemunhando um aumento considerável, passando de 540,123 toneladas em 1988 para 956,887 toneladas em 2017. Esses números impressionantes refletem o compromisso e a expertise dos viticultores gaúchos.

Além disso, vale ressaltar o desempenho de outros estados, como Pernambuco e São Paulo, que também apresentaram um notável crescimento na produção de uvas. Esse fenômeno é um indicativo claro do fortalecimento da viticultura em diferentes regiões do país. Não se trata apenas de uma história de sucesso limitada a uma única localidade, mas sim de uma tendência nacional que promete uma indústria vinícola cada vez mais robusta e diversificada.

Nos últimos vinte anos, o consumo de vinho no Brasil cresceu significativamente. No entanto, esse aumento foi principalmente impulsionado por vinhos importados. De acordo com dados da Secretaria de Comércio Internacional (Secex) do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC), entre 1995 e 2014, a importação de vinhos estrangeiros pelo Brasil cresceu a uma taxa anual de 11,2%. Em 1995, as importações somavam 39,6 milhões de dólares, subindo para 309,4 milhões de dólares em

2014, o que equivale a cerca de 120 milhões de garrafas anualmente (BOAS; NASCIMENTO; CAMPOS, 2015).

Esse aumento constante na produção de uvas não é apenas uma estatística interessante, mas também um sinal do potencial agrícola inexplorado que o Brasil possui. À medida que a produção de uvas continua a crescer, isso não só fortalece o setor vitivinícola, mas também impulsiona a expansão do mercado de vinhos e seus derivados. O Brasil está, sem dúvida, trilhando um caminho promissor na produção e apreciação de vinhos, mostrando ao mundo sua crescente capacidade e seu comprometimento com a qualidade.

Um dos problemas que motivou este projeto de graduação foi a falta de uma análise econômica precisa que considere as incertezas e a flexibilidade gerencial na vitivinicultura do DF e RIDE. A necessidade de metodologias financeiras para avaliar o potencial econômico da vitivinicultura na região é importante, especialmente diante do aumento da demanda por vinhos de qualidade. Este projeto faz parte do Projeto Vinhas Brasília, que visa promover o desenvolvimento sustentável da vitivinicultura no DF e RIDE.

O Brasil tem conquistado uma posição de destaque no cenário mundial como um produtor de vinhos em ascensão. Entre as regiões vitivinícolas mais proeminentes, a Serra Gaúcha, situada no Rio Grande do Sul, tem angariado reconhecimento internacional devido à qualidade de seus vinhos. O ano de 2021, por exemplo, foi um marco na indústria, com uma produção de 61.632 milhões de litros de vinhos, suco de uva e outros derivados, registrando um impressionante aumento de 50,66% em relação ao ano anterior (GONÇALVES, 2022).

Esse crescimento notável na produção de vinho no Brasil tem sido uma tendência consistente nos últimos anos. A Serra Gaúcha, líder nesse setor, tem experimentado um notável incremento nas vendas, tanto no mercado interno quanto no internacional. Vale ressaltar que o número de vinícolas no Rio Grande do Sul passou de 439 em 2001 para 738 em 2009, representando um impressionante crescimento de aproximadamente 68% durante esse período. (ALMEIDA; BRAGAGNOLO; CHAGAS, 2015).

Esses números ilustram a evolução e a crescente relevância da indústria vitivinícola brasileira, consolidando a sua presença nos mercados doméstico e internacional. O Brasil está, sem dúvida, ganhando destaque no mapa mundial dos vinhos, e a região da Serra Gaúcha desempenha um papel crucial nesse sucesso, graças à sua produção de alta qualidade e sua contribuição para a cultura vinícola do país.

1.1 JUSTIFICATIVA

O tema deste projeto de graduação foi escolhido em função do crescente interesse pela vitivinicultura no Distrito Federal e na Região Integrada de Desenvolvimento do Entorno (RIDE), áreas conhecidas por seus desafios agrícolas únicos e condições climáticas peculiares. Estas características têm tornado o

DF e RIDE um terreno fértil para a exploração vinícola, despertando considerável interesse para expansão e novos investimentos. Contudo, a crescente prosperidade do setor exige uma análise econômica meticulosa, particularmente ao considerar decisões de expandir ou cessar investimentos.

A produção de vinho nesta região enfrenta obstáculos notáveis, como variações extremas de temperatura e limitações hídricas, além da necessidade de adaptação de técnicas de cultivo para manter a qualidade das uvas. Estes elementos introduzem uma camada de incerteza que pode comprometer tanto a viabilidade econômica quanto a previsibilidade dos resultados.

A incerteza que permeia a vitivinicultura no DF e na RIDE é uma questão crítica que merece destaque. O manejo das vinhas nesta região enfrenta desafios significativos devido a fatores climáticos atípicos, como a variação acentuada de temperatura e a irregularidade das chuvas, que podem afetar diretamente a qualidade e a quantidade da produção de uvas. Estudos, como o de Silva e Azevedo (2018) na Revista Brasileira de Climatologia, destacam como essas condições podem impor restrições ao crescimento ideal das uvas, exigindo práticas agrícolas adaptadas e inovadoras. Além disso, a pesquisa de Campos et al. (2019) no *Journal of Wine Economics* aborda a volatilidade econômica do setor, sugerindo que as flutuações no mercado podem intensificar as incertezas, tornando investimentos de longo prazo mais arriscados sem estratégias de mitigação adequadas. Essas incertezas justificam a aplicação da Teoria de Opções Reais, como ferramenta para gerenciar riscos e explorar oportunidades de maneira estratégica na expansão da viticultura na região (SILVA; AZEVEDO, 2018).

Diante desses desafios, torna-se essencial explorar metodologias financeiras avançadas para uma avaliação precisa do potencial econômico da vitivinicultura local. A teoria de opções reais, neste contexto, oferece uma ferramenta estratégica valiosa. Esta abordagem permite uma análise flexível de investimentos em um ambiente incerto, e sua aplicação pode revelar insights cruciais para a tomada de decisões informadas sobre investimentos, considerando não apenas os retornos imediatos, mas também o potencial de crescimento e expansão a longo prazo.

Para o desenvolvimento deste projeto de graduação, bases de dados de vinícolas do DF e RIDE serão utilizadas, visando realizar as análises de investimentos e possibilidades de expansão em Opções Reais.

Os métodos tradicionais de análise de investimento, embora amplamente utilizados, como o Fluxo de Caixa Descontado, muitas vezes não capturam a complexidade e as incertezas inerentes à vitivinicultura, especialmente em uma região como o DF. Essas técnicas tendem a considerar cenários estáticos e não contemplam a flexibilidade gerencial necessária para responder às mudanças dinâmicas do mercado, como as oscilações climáticas, variações nas tendências de consumo e nas condições de mercado. A aplicação da teoria de opções em projetos de investimento combina estratégia e finanças, uma vez que envolve uma análise detalhada das oportunidades de gestão e das possibilidades de expansão, que são fundamentais para a estratégia corporativa. O método de Valor Presente Líquido (VPL) subestima projetos que apresentam opções reais de grande importância (MINARDI, 2000).

Neste contexto, surge a necessidade de adotar abordagens mais flexíveis e dinâmicas para a análise de investimentos. A Teoria de Opções Reais surge como uma metodologia mais adequada para este cenário. Esta teoria permite uma avaliação que considera a possibilidade de ajustes estratégicos durante a vida do projeto, como a expansão, redução ou mesmo o abandono de operações, em resposta a mudanças nas condições do mercado.

Para entender a escolha da abordagem de opções reais é importante ressaltar as opções financeiras e o papel delas. A teoria de opções financeiras surgiu a partir do estudo de Black & Scholes, em que foi determinado um modelo matemático para a precificação de opções financeiras, "O valor de uma opção é influenciado pelo preço da ação, pelo tempo até o vencimento da opção e pela variância do preço da ação."(BLACK; SCHOLES, 1973).

É importante ressaltar a existência de ativos reais que possuem valores de mercado independentes da estratégia de investimento e as opções reais, que possibilitam a aquisição desses ativos reais com termos favoráveis (MYERS, 1977).

Portanto, a utilização da Teoria de Opções Reais na análise de viabilidade econômica de investimentos na vitivinicultura do DF e RIDE é de suma importância. Ela oferece aos investidores e gestores uma ferramenta que permite a avaliação de uma gama mais ampla de cenários futuros, considerando os riscos e as potenciais recompensas. A adoção desta abordagem representa um passo em direção a uma tomada de decisão mais informada e estratégica, contribuindo para uma gestão de recursos mais eficiente e adaptada às especificidades e incertezas do setor.

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a viabilidade econômica da expansão das Opções Reais na vitivinicultura do DF e RIDE.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Calcular os fluxos de caixa descontados da vinícola em análise.
2. Calcular e avaliar o VPL do fluxo de caixa calculado.
3. Simular a expansão da uva e do vinho de acordo com a TOR e comparar os resultados, fornecendo indicações sobre qual foi o mais viável.
4. Calcular os resultados da simulação do modelo Black-Scholes e do modelo Binomial.
5. Analisar resultados de VPL total obtidos das simulações e fornecer conclusões sobre qual é mais viável economicamente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O setor de vinícolas no Brasil tem experimentado um crescimento notável nos últimos anos, refletido na busca crescente dos consumidores por produtos de qualidade locais. Nesse contexto, a análise da viabilidade econômica e financeira do setor desempenha um papel essencial para o sucesso dos empreendimentos nessa área. Os resultados de análises de um estudo em uma vinícola específica, demonstraram que investimentos realizados em projetos de vinícolas permanecem viáveis, mesmo diante dos desafios associados à sazonalidade das vendas (MENEGHEL, 2017).

As vinícolas e vinhedos buscam atingir a produção ideal em relação à demanda de mercado, otimizando a relação entre o lucro e o investimento necessário para sua capacidade produtiva, seja por meio da integração ou da redução da base instalada (MONTICELLI, 2015).

A Teoria de Opções Reais (TOR) tem se mostrado uma metodologia valiosa na avaliação de investimentos em setores com alta incerteza, como a vitivinicultura. Segundo Trigeorgis (1996), a TOR permite que os gestores incorporem a flexibilidade gerencial nas decisões de investimento, considerando a capacidade de ajustar, expandir ou abandonar projetos conforme as condições de mercado evoluem. Esta abordagem é particularmente relevante para a vitivinicultura, onde as variáveis climáticas e de mercado podem ter um impacto significativo na viabilidade econômica dos projetos. Trigeorgis destaca que a TOR proporciona uma visão mais completa do valor de um investimento, ao incorporar a possibilidade de futuros ajustes estratégicos, em contraste com as metodologias tradicionais que geralmente assumem cenários estáticos (TRIGEORGIS, 1996).

O estudo de viabilidade econômica realizado será operacionalizado a partir da TOR. Um exemplo notável da aplicação da TOR nas vinícolas ocorre, segundo Viviani (2007) com a Inter-Rhone, a federação de produtores de vinho do Vale do Rhone, localizado na região sudoeste da França. Desde 2006, foi oferecido como forma de proteção aos produtores da região contra as oscilações nos preços do vinho, a venda de uma parte de sua produção a um preço fixo de 80 € por hectolitro, independentemente das flutuações do mercado (VIVIANI, 2007).

Para tornar a estratégia de proteção mais acessível, a Federação utilizou dois mecanismos de redução dos custos de hedge: a introdução de uma barreira 'up and out' e a adoção de uma estratégia de exercício que não seja necessariamente a ótima. Em seguida, foram desenvolvidos modelos de precificação para essas opções, um com e o outro sem a barreira. Esses modelos foram aplicados aos dados de preços de vinho fornecidos pela Inter-Rhone.

O custo associado ao primeiro mecanismo de proteção, que não inclui a barreira, é estimado em cerca de 10 € por hectolitro, o que corresponde a aproximadamente 13,3% do preço atual. Já o custo do segundo mecanismo, que inclui a barreira, é de cerca de 8 € por hectolitro, representando 10,7% do preço atual. Vale destacar que além de sua função primordial de proteção contra as flutuações de preço,

essa estratégia também pode ter um impacto positivo nos níveis de preço, ao impedir movimentos de pânico e fortalecer a posição de negociação dos produtores (VIVIANI, 2007).

Neste trabalho não cabe fazer a mesma proposta de “banda de preços” da França, apenas de avaliar a importância de se analisar soluções para viabilizar a produção no Brasil, principalmente no Centro Oeste.

A aplicação da TOR em vinícolas oferece uma perspectiva valiosa para o setor devido ao seu crescimento contínuo e à necessidade de gerenciar riscos em um ambiente de negócios competitivo. A experiência da Inter-Rhone, de acordo com Viviani (2007), demonstra que estratégias baseadas em opções podem ser eficazes na proteção contra flutuações de preços, proporcionando estabilidade financeira, por exemplo, às vinícolas. Com mecanismos como barreiras e modelos de precificação, as vinícolas do DF e RIDE têm a oportunidade de explorar e adaptar essa abordagem para suas necessidades específicas, permitindo-lhes tomar decisões mais informadas e manter a viabilidade econômica em face às incertezas do mercado.

3 METODOLOGIA

A avaliação de investimentos ocorre mediante a análise dos fluxos de dinheiro, sendo a precisão na estimativa desses montantes considerada como o fator primordial na tomada de decisão. A relevância dos resultados de um investimento está intrinsecamente ligada à acurácia e confiabilidade das projeções dos fluxos de dinheiro (ASSAF NETO, 1992).

A análise econômica oferece aos gestores a habilidade de compreender e calcular os benefícios e desafios associados a um empreendimento, quer esteja no âmbito público ou privado. Ao ter acesso a um conjunto mais abrangente de dados e informações, torna-se viável determinar quais projetos merecem prioridade na distribuição de recursos (CARVALHO, 2015).

Dentre os métodos convencionais de valoração de empresas, o mais comum é o método de Fluxo de Caixa Descontado (DCF), o qual parte do pressuposto de que o planejamento de investimentos será seguido sem levar em conta possíveis eventos imprevistos (SOUZA; SOUZA; HAO, 2021).

Na análise de investimentos, diversos métodos e indicadores são empregados para avaliar a viabilidade e o potencial retorno de projetos. Entre eles, destacam-se o Fluxo de Caixa Descontado, Valor Presente Líquido (VPL) e, nas incertezas, as Opções Reais. Cada um desses métodos oferece uma perspectiva única e resultados relevantes para a tomada de decisão estratégica.

O Fluxo de Caixa Descontado é um método que projeta os fluxos de caixa futuros e os ajusta para o valor presente, considerando uma taxa de desconto que reflete o risco e o custo do capital. Essa abordagem é crucial para entender o verdadeiro valor que um projeto pode agregar à empresa. O Valor Presente Líquido, uma métrica derivada do Fluxo de Caixa Descontado, é calculado pela diferença entre o valor presente das entradas e saídas de caixa. Um VPL positivo indica que o projeto deverá gerar valor acima do custo do investimento, sendo um indicador favorável para a sua execução (ASSAF NETO, 1992).

As Opções Reais, por outro lado, trazem uma abordagem mais dinâmica, incorporando a flexibilidade e as decisões estratégicas que podem ser tomadas durante a execução de um projeto. Este método é especialmente relevante em cenários incertos, permitindo que os gestores façam ajustes em resposta a mudanças nas condições de mercado. As Opções Reais oferecem uma visão maior do valor potencial de um projeto, considerando não apenas os fluxos de caixa, mas também o valor estratégico das opções disponíveis ao longo do projeto.

3.1 CAPM

Para calcular o WACC, escolhido como método de taxa de desconto, primeiro é necessário determinar o custo de capital próprio. Para isso, utiliza-se o modelo do *Capital Asset Pricing Model*

(CAPM), que é reconhecido por incorporar variáveis como a taxa de mercado e o beta da empresa em sua formulação.

O CAPM se destaca por integrar o risco sistemático (beta) em seus cálculos, diferenciando-se de outros modelos que não consideram esse tipo de risco. O risco sistemático é uma parte crítica do custo de capital porque representa o risco de mercado que não pode ser eliminado por diversificação. Assim, o CAPM fornece uma estimativa mais realista do custo de capital próprio, refletindo melhor as condições de mercado e as expectativas dos investidores (ROSS; WESTERFIELD; JAFFE, 2013).

O CAPM, desenvolvido por William Sharpe (1964) e John Lintner (1965), é fundamental para a teoria de precificação de ativos, marcando o início da análise sistemática do risco e retorno dos investimentos (FAMA; FRENCH, 2004). O modelo explica como os investidores devem ser recompensados pelo risco sistemático adicional, conforme medido pelo beta (JAGANNATHAN; McGRATTAN, 1995).

Conforme descrito por Nogueira (2023), as equações (1) e (2) exemplificam a aplicação do CAPM no cálculo do custo de capital próprio (NOGUEIRA, 2023).

$$\beta = \frac{Cov(r_i, r_m)}{Var(r_m)} \quad (1)$$

$$CAPM = r_f + \beta(r_m - r_f) \quad (2)$$

Onde:

- r_f é a taxa de retorno livre de risco;
- r_i é o retorno do ativo;
- r_m é o retorno de mercado.

Gestores frequentemente empregam o modelo Capital Asset Pricing Model (CAPM) para calcular o custo de capital de projetos específicos. Esse modelo considera o beta do projeto, um indicador que mede a sensibilidade do retorno esperado do projeto em relação às variações do mercado. O beta ajuda a entender quão volátil é o investimento comparado ao mercado como um todo. Ao utilizar o CAPM, os gestores podem estimar o retorno mínimo exigido pelos investidores para compensar os riscos associados ao projeto. Essa informação é importante para decidir se um projeto deve ser aceito, com o objetivo de maximizar o valor da empresa. Segundo Kolari e Pynnönen (2020), esse processo de avaliação ajuda as empresas a alocar capital de forma mais eficiente, priorizando projetos que ofereçam o melhor retorno ajustado ao risco (KOLARI; PYNNÖNEN, 2020).

O CAPM é amplamente utilizado na prática para estimar o custo de capital e avaliar o desempenho de carteiras administradas. Ele fornece uma estrutura clara para avaliar o risco e o retorno esperados,

auxiliando gestores a tomar decisões de investimento informadas (JAGANNATHAN; McGRATTAN, 1995; KOLARI; PYNNÖNEN, 2020).

3.2 WACC

A Taxa Média Ponderada de Capital (WACC) é um componente fundamental na avaliação de investimentos, pois representa o custo médio que uma empresa paga por seu capital, ponderado pelo uso proporcional de cada fonte de capital (ações, dívidas, etc.). A aplicação do WACC na análise de opções reais oferece uma abordagem prática para a avaliação de projetos de investimento, especialmente em cenários de alta incerteza.

O WACC é calculado como a média ponderada dos custos de capital de uma empresa, onde cada tipo de capital é ponderado pela sua participação no total de capital da empresa. Segundo Brealey, Myers e Allen (2017), a fórmula do WACC é descrita na Equação (3) (STAPLETON; BREALEY; MYERS, 1981):

$$WACC = \left(\frac{E}{V} \times R_e\right) + \left(\frac{D}{V} \times R_d \times (1 - T_c)\right) \quad (3)$$

Onde:

- E é o valor de mercado do capital próprio;
- V é o valor total de mercado do capital (próprio e dívida);
- R_e é o custo do capital próprio;
- D é o valor de mercado da dívida;
- R_d é o custo da dívida;
- T_c é a alíquota de imposto de renda corporativo.

A utilização do WACC na avaliação de opções reais é defendida por Arnold e Crack (2004), que argumentam que esta abordagem é fácil de implementar em planilhas e de apresentar à gestão. Eles destacam que a avaliação de opções reais com o WACC é imune às escolhas de taxas de desconto admissíveis, enfatizando que a estimativa correta da volatilidade é o fator crítico (ARNOLD; CRACK, 2004).

Copeland e Antikarov (2001) também apoiam o uso do WACC na avaliação de opções reais, afirmando que ele proporciona uma maneira consistente e compreensível de incorporar o custo do capital na análise de investimentos. O WACC permite que as empresas avaliem projetos com diferentes estruturas de capital de maneira uniforme, facilitando a comparação entre alternativas de investimento (COPELAND; ANTIKAROV, 2001).

Por outro lado, Ross, Westerfield e Jordan (2020) destacam que o uso do WACC na avaliação de projetos deve considerar a estrutura de capital específica de cada projeto, especialmente em empresas com múltiplas linhas de negócios que podem ter diferentes perfis de risco. A correta aplicação do WACC exige uma compreensão detalhada dos componentes de custo de capital e das proporções de financiamento (ROSS; WESTERFIELD; JORDAN, 2020).

Em resumo, o WACC é uma ferramenta essencial na avaliação de investimentos, proporcionando uma medida do custo médio de capital que a empresa deve pagar para financiar seus ativos. Sua aplicação na avaliação de opções reais é amplamente suportada na literatura, oferecendo uma abordagem prática e compreensível para a análise de projetos de investimento em condições de incerteza.

3.3 FLUXO DE CAIXA DESCONTADO E VALOR PRESENTE

A avaliação do investimento em vinícolas pode ser realizada pelo método do Fluxo de Caixa Descontado (FCD), pelo qual os benefícios futuros são descontados para um valor presente usando uma taxa de desconto que reflete os riscos do investimento (ENDLER, 2004). Segundo o autor, o Fluxo de Caixa Descontado (FCD) é uma técnica de avaliação de investimentos amplamente reconhecida e utilizada em finanças corporativas para estimar o valor de um ativo, projeto ou empresa. Tal instrumento se baseia na premissa de que o valor de qualquer investimento é equivalente ao somatório dos fluxos de caixa futuros, descontados para o presente por uma taxa que reflete o risco associado a esses fluxos.

A dinâmica do FCD inicia-se com a projeção dos fluxos de caixa futuros que um investimento espera gerar. Estes fluxos de caixa são então "descontados" para o valor presente, usando uma taxa de desconto adequada. Essa taxa de desconto pode ser o custo de capital (conhecido também como custo de oportunidade) da empresa ou o retorno esperado pelo investidor, ajustado ao risco do projeto (ENDLER, 2004). O cálculo do FCD pode ser representado pela Equação (4):

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} \quad (4)$$

onde:

- I é o investimento inicial do projeto;
- VPL é o Valor Presente Líquido;
- FC_t é o fluxo de caixa no período t;
- n é o número total de períodos;
- r é a taxa de desconto.

O valor presente líquido (VPL) resultante dessa soma é a medida da riqueza que o projeto adiciona ao valor da empresa. Se o VPL é positivo, isso implica que o projeto é viável, pois o retorno esperado

excede o custo do capital investido. Por outro lado, um VPL negativo sugere que o projeto não deve ser aceito, já que se espera que ele reduza o valor da empresa.

Essa abordagem é descrita e sustentada por diversos acadêmicos e profissionais de finanças. A aplicabilidade do FCD, especialmente em empresas com fluxos de caixa positivos e previsíveis (DAMODARAN; JOHN; LIU, 1997). O FCD é particularmente eficaz em capturar todos os elementos que afetam o valor de um negócio de maneira abrangente, refletindo de forma mais consistente o valor econômico do que métodos baseados em contabilidade (DAMODARAN, 2006).

Um aspecto crucial do FCD é a escolha da taxa de desconto apropriada, que deve refletir o risco associado aos fluxos de caixa futuros. Essa taxa pode ser baseada no custo médio ponderado de capital (WACC) da empresa ou em outras medidas de retorno ajustadas ao risco.

Em resumo, o Fluxo de Caixa Descontado é uma ferramenta vital para a avaliação de investimentos, proporcionando aos gestores e investidores uma base sólida para decisões financeiras informadas e estratégicas (STAPLETON; BREALEY; MYERS, 1981).

3.4 OPÇÕES REAIS

As opções, sejam elas financeiras ou reais, são sempre vinculadas a um ativo subjacente, que pode ser uma ação, um projeto ou um empreendimento. Uma opção concede ao seu detentor um direito, mas não impõe uma obrigação. O emissor da opção, por outro lado, assume a obrigação de comprar ou vender o ativo subjacente caso o detentor da opção opte por fazê-lo. Em troca desse compromisso e pela disposição em assumir riscos, o emissor da opção recebe um prêmio equivalente ao valor da opção vendida. Um contrato de opção estabelece uma relação assimétrica entre as partes envolvidas, ou seja, entre o emissor da opção e o comprador (SOUZA; ROCHA; SOUZA, 2018).

As opções podem ser classificadas em dois tipos principais: europeias e americanas. As opções europeias só podem ser exercidas na data de vencimento, enquanto as opções americanas permitem o exercício a qualquer momento até a data de vencimento (HULL, 2005). No presente estudo, optou-se por utilizar opções europeias devido à aplicação do modelo Black-Scholes-Merton, que é especificamente formulado para este tipo de opção. A escolha pelas opções europeias se justifica pela sua simplicidade e pela robustez do modelo Black-Scholes-Merton na precificação dessas opções, garantindo uma avaliação precisa do valor das opções reais no contexto dos investimentos (SOUZA; ROCHA; SOUZA, 2018).

A abordagem através da Teoria de Opções Reais pode oferecer uma avaliação mais precisa do valor do projeto em comparação com a análise tradicional baseada no Valor Presente Líquido. Conforme abordado por Armstrong (2015), é possível desagregar o fluxo de caixa quando a capacidade é limitada, permitindo a aplicação da análise de Opções Reais. O autor descreve essa metodologia de avaliação, destacando a estimativa dos fluxos de caixa tanto sem restrições quanto com restrições (Opção Real).

Esses valores são posteriormente combinados para fornecer uma estimativa do valor restrito do projeto. É importante notar que esse cálculo deve ser realizado para cada período em que o projeto seja afetado pela sua limitação de capacidade (ARMSTRONG, 2015; SOUZA; SOUZA, 2020).

Em essência, as Opções Reais permitem aos gestores considerarem a possibilidade de fazer ajustes futuros no projeto, com base em mudanças no ambiente de mercado. Isso inclui a capacidade de expandir, adiar, modificar ou até mesmo abandonar um projeto, dependendo do desdobramento de eventos futuros. Este método é útil em setores onde as incertezas são altas, como em tecnologia, energia e recursos naturais.

A aplicação da Teoria de Opções Reais exige a compreensão de que os projetos de investimento podem conter "opções embutidas" que têm valor. Por exemplo, a opção de adiar um projeto até que mais informações estejam disponíveis pode ser valiosa em um ambiente incerto. Da mesma forma, a opção de expandir um projeto, se ele se mostra bem-sucedido, pode aumentar significativamente o valor total do investimento.

A Teoria de Opções Reais oferece uma estrutura mais realista para a tomada de decisões de investimento em comparação com métodos tradicionais que não consideram a flexibilidade gerencial. A abordagem de Opções Reais considera o valor estratégico das decisões e fornece uma ferramenta para avaliar como as opções de atuação no presente podem abrir oportunidades valiosas no futuro (COPELAND; ANTIKAROV, 2001).

Um desafio na aplicação da Teoria de Opções Reais é a necessidade de modelos quantitativos complexos para avaliar o valor das opções. Isso pode incluir o uso de modelagem estocástica para prever o comportamento de variáveis relevantes, como preços de commodities, taxas de juros ou custos de desenvolvimento. Portanto, as Opções Reais representam um avanço significativo na análise financeira, oferecendo uma abordagem mais dinâmica e estratégica para a avaliação de investimentos. Ela permite que os gestores incorporem a incerteza e a flexibilidade nas suas decisões, levando a avaliações de investimento mais informadas e alinhadas com as condições reais de mercado (DIXIT; PINDYCK, 1994).

De acordo com Souza (2020) contratos de opções podem ser identificados com base no tipo de operações envolvidas. Os tipos mais básicos incluem: opções de compra (*call*), que permitem a compra de um ativo específico (ativo subjacente) a um preço predeterminado; e opções de venda (*put*), que proporcionam o direito de vender um ativo especificado (ativo subjacente) a um preço determinado. A equação que define a opção de compra (*call*) está representada na Equação (5) e a que define a opção de venda (*put*) na Equação (6).

$$C_t = \max(S_t - X; 0) \quad (5)$$

$$P_t = \max(X - S_t; 0) \quad (6)$$

Considerando S_t o preço do ativo no instante t, C_t o preço da opção de compra no instante t, P_t o preço da opção de venda no instante t e X o preço de exercício (valor previsto no início do contrato).

A fórmula que foi utilizada para o cálculo da precificação das Opções Reais é a do modelo do *Black-Scholes*, a qual está representada na Equação (7).

$$C_0 = S_0 N(d_1) - X e^{-R_F \tau} N(d_2) \quad (7)$$

Em que, $N(d)$ é a função de distribuição acumulada normal padrão e onde d_1 e d_2 são dados, respectivamente, pelas equações (8) e (9):

$$d_1 = \frac{\ln(S_0/X) + (R_F + 0,5\sigma^2) \times \tau}{\sigma \sqrt{\tau}} \quad (8)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{\tau} \quad (9)$$

As outras variáveis das equações (4), (5) e (6) estão na Tabela 1:

Tabela 1 - Variáveis do modelo *Black-Scholes-Merton*. Fonte: Souza (2020, p. 64754)

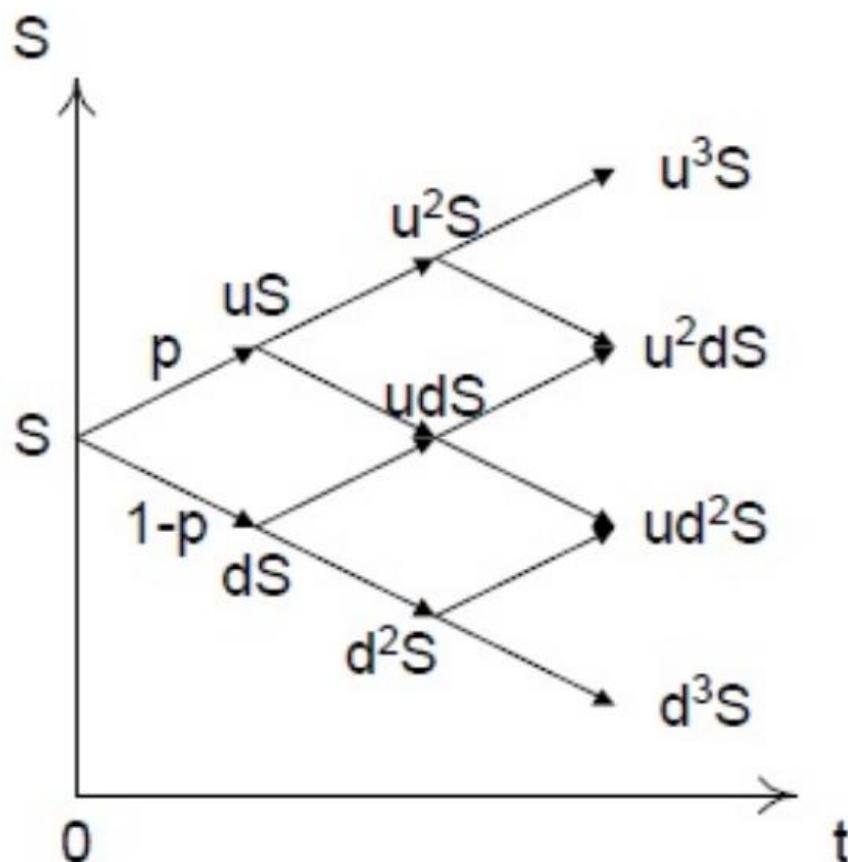
Variável	Símbolo
Preço corrente da ação ou do ativo objeto (ativo subjacente)	S_0
Preço de exercício da opção	X
Tempo até o exercício da opção	τ
Desvio-padrão do retorno da ação	σ
Taxa de juros livre de risco ao longo da vida da opção	r_f

Outro método escolhido é o modelo binomial de opções reais. A construção do modelo envolve a criação de uma árvore de decisão, onde cada nó representa um possível estado futuro do ativo ou projeto. Este processo começa do período final e avança retrocedendo até o presente, avaliando todos os possíveis cenários de mercado. Em cada nó, o valor da opção é calculado com base nos valores futuros esperados e nas probabilidades associadas a cada estado. A fórmula utilizada para calcular o valor presente da opção em um nó específico está representada na Equação (10):

$$C = \frac{pC_u + (1-p)C_d}{1+r} \quad (10)$$

onde C é o valor da opção no nó atual, C_u e C_d são os valores nos nós ascendentes, p é a probabilidade de aumento, e r é a taxa de desconto (BAAQUIE, 2020; MOROZKO et al., 2011).

Figura 2 - Representação do modelo binomial. Fonte: Souza et al. 2018.



Uma das principais vantagens do modelo binomial é sua capacidade de incorporar a flexibilidade gerencial nas avaliações de investimento. Decisões como adiar, expandir ou abandonar um projeto podem ser modeladas e quantificadas, refletindo a natureza dinâmica e incerta dos investimentos reais. Esta abordagem é particularmente útil em projetos complexos, como desenvolvimento tecnológico ou exploração de recursos naturais, onde a incerteza é uma variável significativa (MOROZKO et al., 2011). Além disso, o modelo binomial é compatível com outras técnicas de avaliação, como análise de cenários e árvores de decisão. Isso permite que os gestores tenham uma visão mais abrangente das possíveis trajetórias de um projeto, facilitando a tomada de decisões informadas e estratégicas (MOROZKO et al., 2011).

O modelo binomial de opções reais é amplamente utilizado em diversas áreas, incluindo desenvolvimento tecnológico, avaliação de projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D), onde a incerteza sobre os resultados futuros pode ser alta. Na exploração de recursos naturais, ele é aplicado para decisões sobre explorar ou desenvolver novos campos de petróleo ou minas, onde as condições do mercado e regulatórias podem mudar significativamente (BAAQUIE, 2020). Também é útil na expansão de negócios, onde decisões sobre expandir operações em novos mercados ou geografias requerem flexibilidade para ajustar a estratégia conforme necessário (BAAQUIE, 2020).

A aplicação do modelo binomial de opções reais na avaliação de investimentos é uma ferramenta vital para a tomada de decisões em ambientes de incerteza. Sua capacidade de incorporar a flexibilidade gerencial e integrar-se com outras técnicas de avaliação o torna indispensável para gestores que buscam maximizar o valor de seus investimentos em um contexto dinâmico e incerto.

4 APLICAÇÃO

A vitivinicultura no Distrito Federal (DF) e na Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE) tem ganhado destaque significativo nos últimos anos devido ao seu potencial econômico e crescimento contínuo. A aplicação da Teoria das Opções Reais na vitivinicultura apresenta uma abordagem flexível para gerenciar os riscos e incertezas inerentes ao setor. Esta metodologia permite que os produtores e investidores considerem a flexibilidade gerencial necessária para ajustar seus investimentos em resposta às mudanças de mercado e condições climáticas.

O setor vitivinícola brasileiro tem experimentado um crescimento robusto, impulsionado por uma mudança nos hábitos de consumo e um aumento na qualidade dos vinhos produzidos. A região do Vale do São Francisco, por exemplo, se tornou um importante fornecedor de uvas e vinhos, evidenciando a capacidade do Brasil de produzir vinhos de qualidade em climas tropicais e subtropicais (DE SOUZA LEÃO; DE CARVALHO, 2024).

As mudanças climáticas representam um desafio significativo para a vitivinicultura, afetando diretamente a qualidade e a produtividade das uvas. Estudos indicam que os viticultores precisam adotar novas práticas de manejo e selecionar materiais vegetais resistentes às condições climáticas adversas para manter a qualidade e a sustentabilidade da produção (VAN LEEUWEN et al., 2019). A utilização de opções reais permite que os produtores adaptem suas estratégias de investimento, considerando a possibilidade de adiar, expandir ou até mesmo abandonar projetos com base nas condições futuras do mercado e do clima (VAN LEEUWEN et al., 2019).

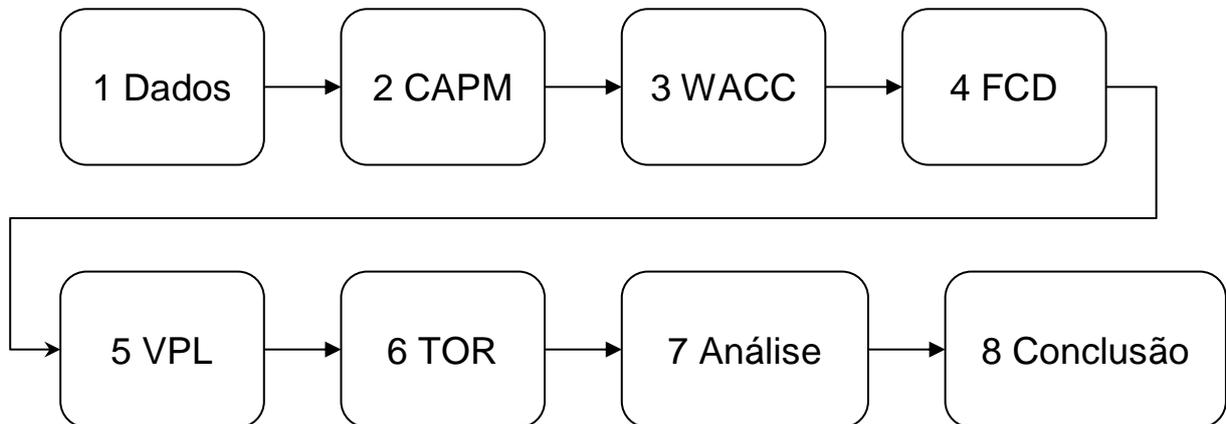
A aplicação da Teoria das Opções Reais na vitivinicultura oferece vários benefícios, incluindo a capacidade de valorizar as oportunidades de expansão e os ajustes estratégicos durante a vida do projeto. Isso é particularmente relevante em um setor onde as condições de mercado e climáticas são altamente voláteis. Ao contrário dos métodos tradicionais de análise de investimentos, que muitas vezes assumem cenários estáticos, as opções reais incorporam a flexibilidade gerencial e a capacidade de resposta às mudanças (DE SOUZA LEÃO; DE CARVALHO, 2024) (VAN LEEUWEN et al., 2019).

Diversos estudos têm demonstrado a eficácia das opções reais em projetos de vitivinicultura. Por exemplo, na França, estratégias baseadas em opções foram utilizadas para proteger os produtores contra flutuações de preços, proporcionando estabilidade financeira e fortalecendo a posição de negociação dos produtores (DE SOUZA LEÃO; DE CARVALHO, 2024). No Brasil, a aplicação desta teoria pode ajudar a maximizar os retornos econômicos e a viabilidade de projetos de vitivinicultura, especialmente em regiões emergentes como o DF e a RIDE.

4.1 ETAPAS DE ANÁLISE

Para alcançar os objetivos propostos neste trabalho e aplicar a Teoria de Opções Reais na vitivinicultura do Distrito Federal, é essencial seguir uma metodologia estruturada. Na Figura 2, estão descritas as etapas detalhadas do processo analítico e as justificativas para a escolha de cada método:

Figura 3 - Fluxograma das etapas.



1. Levantamento de Dados de Pesquisas de Mercado e do Projeto Vinhas Brasília (2024):
 - a. Descrição: Coletar dados relevantes sobre o mercado vitivinícola, incluindo informações sobre produção, custos e receitas, além de dados específicos do Projeto Vinhas Brasília (2024).
 - b. Justificativa: A precisão e relevância dos dados são fundamentais para análises financeiras robustas.

2. Aplicação do CAPM (*Capital Asset Pricing Model*):
 - a. Descrição: Utilizar o CAPM para calcular o custo de capital próprio (K_e), considerando a taxa livre de risco, o beta do setor e a taxa de retorno do mercado.
 - b. Justificativa: O CAPM é essencial para determinar o retorno esperado de um investimento, ajustado pelo risco.

3. Cálculo do WACC (*Weighted Average Cost of Capital*):
 - a. Descrição: Com base nos dados coletados e no custo de capital próprio calculado, determinar o WACC, integrando as proporções de dívida e capital próprio.

- b. Justificativa: O WACC representa o custo médio ponderado de financiamento da empresa e é usado como taxa de desconto no cálculo do Valor Presente Líquido (VPL).

- 4. Cálculo do Fluxo de Caixa Descontado (FCD):
 - a. Descrição: Utilizar o WACC como taxa de desconto para descontar os fluxos de caixa futuros projetados e determinar o valor presente.
 - b. Justificativa: O FCD permite avaliar a viabilidade financeira do projeto considerando o valor do dinheiro no tempo e os riscos associados.

- 5. Cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) do FCD:
 - a. Descrição: Calcular o VPL a partir dos fluxos de caixa descontados, comparando o valor presente das entradas e saídas de caixa.
 - b. Justificativa: Um VPL positivo indica que o projeto deve gerar valor adicional à empresa, enquanto um VPL negativo sugere o contrário.

- 6. Aplicação da Teoria de Opções Reais com o Modelo de Black & Scholes e Binomial:
 - a. Descrição: Utilizar o modelo de Black & Scholes e o Binomial, comparando-os, para avaliar as opções de expansão na produção de uvas e vinhos, considerando a flexibilidade gerencial e as incertezas de mercado.
 - b. Justificativa: A Teoria de Opções Reais oferece uma abordagem dinâmica para a avaliação de investimentos, incorporando a flexibilidade e as decisões estratégicas possíveis ao longo do tempo, sendo que a comparação dos dois modelos proporciona uma análise mais robusta.

- 7. Análise dos Resultados Obtidos pelas Expansões:
 - a. Descrição: Analisar os VPLs expandidos para as opções de expansão da produção de uvas e vinhos, comparando-os com os VPLs tradicionais.
 - b. Justificativa: Esta análise permitirá identificar qual das expansões oferece maior retorno econômico e viabilidade financeira.

- 8. Geração da Conclusão:

- a. Descrição: Sintetizar os resultados obtidos, destacando a expansão mais vantajosa em termos de VPL total e implicações para a vitivinicultura no DF.
- b. Justificativa: Uma conclusão clara e objetiva fornecerá recomendações práticas para investidores e gestores, baseadas em análises financeiras detalhadas.

Seguindo essas etapas, a análise será enriquecida e fornecerá uma visão clara e objetiva dos valores obtidos na pesquisa, contribuindo para uma tomada de decisão mais informada no setor vitivinícola do DF.

5 ANÁLISE

5.1.1 Levantamento de dados

A análise da viabilidade econômica da expansão da vitivinicultura no DF e RIDE, usando a Teoria de Opções Reais (TOR), serve de base para entender os possíveis cenários de crescimento do setor. Nesta seção, apresento uma análise detalhada dos resultados obtidos a partir das simulações financeiras e da aplicação dos métodos descritos na seção de metodologia.

Para esta análise, dados de vinícolas e vinhedos vinculados ao Projeto Vinhas Brasília (2024) foram coletados, além de informações de mercado e dados econômicos fornecidos pela Embrapa e outras fontes que serão mencionadas. Esses dados incluem variáveis importantes, como a taxa SELIC (2023), a taxa de retorno do IBOVESPA (2023) e a volatilidade do mercado de vinhos, que foram fundamentais para construir modelos financeiros precisos.

5.1.2 Aplicação do CAPM

Para realizar a análise de maneira eficiente e coesa, foi necessário seguir os métodos listados na seção de metodologia. Primeiramente, os dados fornecidos pelo Projeto Vinhas Brasília (2024) foram coletados e organizados. Esses dados incluíram informações essenciais sobre custos de produção, receitas projetadas, e variáveis econômicas que influenciam o setor vitivinícola.

Com esses dados em mãos, foi aplicado o método do CAPM (Capital Asset Pricing Model) para calcular o custo de capital próprio (K_e). O CAPM considera três componentes principais: a taxa livre de risco, o beta do setor e a taxa de retorno do mercado. A taxa livre de risco reflete o retorno de investimentos seguros, como títulos do governo. O beta do setor representa a sensibilidade dos retornos do setor vitivinícola em relação aos retornos do mercado em geral. Finalmente, a taxa de retorno do mercado reflete o retorno médio esperado de investimentos no mercado.

Para o cálculo do beta, foi necessário levar em conta a covariância do retorno do mercado e retorno do ativo e a variância do retorno do mercado, como evidenciado na Equação (1). Para isso, foi feita uma média deflacionada nos períodos anteriores, a qual foi ajustada de acordo com o INPC (Índice Nacional de Preços ao Consumidor). O beta da empresa se encontra no Quadro 1:

Quadro 1 - Cálculo do beta.

Beta da empresa = $Cov(r_i; r_m) / Var(r_m)$
$Cov(r_i; r_m) = 8,94$
$Var(r_m) = 10$
Beta da empresa = 0,89

Utilizando esses parâmetros, obtivemos o valor de 21,17% como custo de capital próprio, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Cálculo do custo de capital próprio.

Custo de Capital próprio = $11,75\% + 0,89 \times (22,28\% - 11,75\%)$
Taxa livre de risco(SELIC) = 11,75% ao ano
Beta da empresa = 0,89
Retorno esperado do mercado = 22,28% ao ano
Custo de Capital próprio = 21,17%

O custo de capital próprio de 21,17% ao ano obtido é relativamente alto, refletindo os riscos associados ao setor vitivinícola na região. Diversos fatores contribuem para esse elevado custo de capital:

1. Volatilidade do Mercado: O mercado de vinhos no Brasil apresenta alta volatilidade devido a variações climáticas e oscilações na demanda. Essa incerteza aumenta o risco percebido pelos investidores, elevando o beta do setor e, conseqüentemente, o custo de capital.
2. Condições Climáticas: A vitivinicultura no DF e RIDE enfrenta desafios climáticos únicos, incluindo períodos de seca e chuvas intensas. Essas condições adversas impactam a produtividade e a qualidade das uvas, aumentando o risco do investimento.
3. Retorno do Mercado: A taxa de retorno do mercado, calculada em 22,28%, reflete as expectativas de retorno dos investidores em um ambiente econômico competitivo. Para atrair capital, o setor vitivinícola deve oferecer retornos atrativos, justificando um custo de capital próprio mais alto.
4. Taxa Livre de Risco: Foi utilizada uma taxa livre de risco de 11,75%, baseada na taxa SELIC, fator que contribuiu para o custo de capital elevado.

Este custo de capital será utilizado nas próximas etapas da análise, especialmente no cálculo do WACC.

5.1.3 Cálculo do WACC

O Quadro 2 foi fundamental para determinar a taxa de desconto aplicada no Fluxo de Caixa Descontado (FCD). A partir dos dados apresentados nesta tabela, foi possível calcular o custo de capital próprio. Esses cálculos foram essenciais para a definição do Custo Médio Ponderado de Capital (WACC). A aplicação do *Weighted Average Cost of Capital* (WACC) no contexto de opções reais é vantajosa por vários motivos. Conforme discutido por Arnold e Crack (2004), o uso do WACC oferece

uma maneira prática de implementar a avaliação de opções reais em planilhas e facilita a apresentação dos resultados para a gestão. Além disso, a avaliação de opções reais com o WACC é imune às escolhas de taxas de desconto admissíveis, o que torna a estimativa correta da volatilidade o fator crítico (ARNOLD; CRACK, 2004). Portanto, o Quadro 3 ilustra o cálculo do WACC:

Quadro 3 - Cálculo do WACC.

WACC = 21,17% x (1 - 40%) + 10% x (1 - 10%) x 40%
Custo de capital próprio = 21,17% ao ano
Percentual financiado do total investido = 40%
Custo de capital de terceiros = 10% ao ano
IR = 10% ao ano
WACC = 16,3% ao ano

Utilizando esses valores, o WACC calculado foi de 16,3%, refletindo o custo médio ponderado de financiamento para a vinícola no contexto de suas operações e investimentos no Distrito Federal e RIDE. Este valor integra o custo de capital próprio, que foi de 21,17% conforme o modelo CAPM, e o custo da dívida, ajustado para 10% após considerar uma taxa de imposto de 10%. Essa taxa de imposto é oriunda da adoção do Anexo II (Indústria) do regime tributário do Imposto Simples Nacional, que estabelece uma alíquota de 10% sobre a Receita Bruta para a faixa anual de faturamento da vinícola.

que foi informada pelo produtor parceiro do Projeto Vinhas Brasília (2024). Algumas implicações de tal valor são:

1. Viabilidade Econômica: Um WACC de 16,3% indica que a vinícola deve buscar projetos que ofereçam retornos acima dessa taxa para serem considerados economicamente viáveis. Projetos com retornos abaixo dessa taxa não compensariam os custos de financiamento e, portanto, não agregariam valor à empresa.
2. Gestão de Riscos: O WACC é sensível às mudanças na estrutura de capital da empresa. Se a proporção de dívida aumentar, o WACC pode diminuir, pois o custo da dívida é geralmente mais baixo que o custo de capital próprio. No entanto, um aumento na dívida também aumenta o risco financeiro, o que pode impactar a estabilidade da empresa.
3. Tomada de Decisões: Na análise de investimentos utilizando a Teoria de Opções Reais, o WACC serve como a taxa de desconto para avaliar os fluxos de caixa futuros dos projetos. Um WACC bem calculado assegura que as decisões de investimento são baseadas em uma avaliação precisa dos riscos e retornos esperados.

5.1.4 Cálculo do FCD

A partir do WACC de 16,3%, foi possível aplicar o método de Fluxo de Caixa Descontado (FCD) para projetar os fluxos de caixa futuros das possíveis expansões. Este método é essencial para avaliar a viabilidade econômica dos projetos, pois permite descontar os fluxos de caixa futuros para o valor presente, utilizando uma taxa de desconto que reflete os riscos inerentes ao investimento. A taxa de desconto, calculada a partir do WACC, foi demonstrada no Quadro 3.

No caso da vitivinicultura no DF e RIDE, foram considerados os seguintes aspectos:

- Custos de Produção: Incluem despesas com energia, água, mão de obra, maquinário e insumos necessários para a produção. Foi também considerada a depreciação do maquinário no valor de R\$ 10.000,00, que afeta o lucro tributável.
- Receitas Projetadas: Baseadas na média anual de produção de 2.000 litros de vinho por um produtor. Cada litro de vinho gera uma receita unitária de R\$100,00.
- Custo Unitário de Produção: R\$25,00 por litro de vinho.
- Custos Fixos: Envolvem todos os custos operacionais fixos necessários para manter a produção.
- Alíquota de Imposto de Renda: Para os produtores entrevistados, a taxa é de 10%, do Anexo II (Indústria) do regime tributário do Imposto Simples Nacional.
- O horizonte de tempo: Foi considerado um horizonte de 5 anos, pois a pesquisa do Projeto Vinhas Brasília (2024) indicou que esse é o período médio necessário para alcançar a maturidade da produção.

Os dados coletados estão apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 - Fluxo de Caixa projetado da vinícola.

Fluxo de Caixa	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Investimento Inicial (R\$)	(100.000,00)					
Produção (litros)		2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Receita Unit (R\$)		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Receita Total (R\$)		200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00
Custo Unitário (R\$)		25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Custo marginal total (R\$)		50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00
Custo Fixo (R\$)		(30.000,00)	(30.000,00)	(30.000,00)	(30.000,00)	(30.000,00)
Dep (-) (R\$)		(10.000,00)	(10.000,00)	(10.000,00)	(10.000,00)	(10.000,00)
LAJIR (R\$)		210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
IR 10%		(21.000,00)	(21.000,00)	(21.000,00)	(21.000,00)	(21.000,00)
Dep (+) (R\$)		10.000,00	10.000,00	10.000,00	10.000,00	10.000,00
FCL (R\$)	(100.000,00)	199.000,00	199.000,00	199.000,00	199.000,00	199.000,00

O Quadro 4 foi elaborado com dados extraídos do Projeto Vinhas Brasília (2024), os quais foram fundamentais para o desenvolvimento do projeto. O fluxo de caixa analisado refere-se a um produtor de uvas que já fabrica seu próprio vinho. Os dados de investimento, produção, receita e custos foram obtidos deste produtor, cuja média anual de produção é de 2.000 litros de vinho. Cada unidade de vinho tem uma receita unitária de R\$100,00 e um custo unitário de R\$25,00. Além desses custos unitários, há também os custos fixos, que englobam energia, água, mão de obra, maquinário e insumos necessários para a produção. Foi considerada, também, a depreciação do maquinário no valor de R\$ 10.000,00, que, para fins fiscais, é descontada antes do lucro, de tal maneira que esse valor interfere no lucro, o qual incide na alíquota de imposto de renda.

Após o cálculo do fluxo de caixa, o próximo passo foi aplicar a taxa de desconto (16,10%) aos valores desse fluxo, buscando trazê-los para valor presente. Este procedimento é exemplificado no Quadro 5, que demonstra o processo de descontar os fluxos de caixa futuros, utilizando o WACC calculado como a taxa de desconto. A aplicação do WACC permite ajustar os fluxos de caixa futuros considerando os riscos específicos do projeto, proporcionando uma avaliação precisa da viabilidade econômica, tendo em vista que mostra a variação do dinheiro em relação ao tempo e à taxa.

Quadro 5 - Fluxo de Caixa Descontado projetado da vinícola.

Fluxo de Caixa	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Investimento Inicial (R\$)	(100.000,00)					
Produção (litros)		2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Receita Unit (R\$)		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Receita Total (R\$)		200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00
Custo Unitário (R\$)		25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Custo marginal total (R\$)		50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00
Custo Fixo (R\$)		(30.000,00)	(30.000,00)	(30.000,00)	(30.000,00)	(30.000,00)
Dep (-) (R\$)		(10.000,00)	(10.000,00)	(10.000,00)	(10.000,00)	(10.000,00)
LAJIR (R\$)		210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
IR 10%		(21.000,00)	(21.000,00)	(21.000,00)	(21.000,00)	(21.000,00)
Dep (+) (R\$)		10.000,00	10.000,00	10.000,00	10.000,00	10.000,00
FCL (R\$)	(100.000,00)	199.000,00	199.000,00	199.000,00	199.000,00	199.000,00
FCD (WACC) (R\$)	(100.000,00)	171.107,74	147.124,92	126.503,58	108.772,58	93.526,78

Ao aplicar a taxa de desconto aos fluxos de caixa projetados, foi possível calcular o Valor Presente Líquido (VPL), que é um indicador indispensável para determinar a viabilidade econômica da expansão. Um VPL positivo sugere que o projeto gera valor adicional para a empresa, enquanto um VPL negativo indica que o projeto não é economicamente viável.

A análise do FCD, utilizando um WACC de 16,3%, permitiu uma avaliação da viabilidade econômica das expansões propostas na vitivinicultura do DF e RIDE. Os resultados obtidos, conforme ilustrado no Quadro 5, fornecem uma base sólida para decisões estratégicas sobre investimentos futuros no setor, assegurando que apenas projetos que ofereçam retornos superiores ao custo de capital ponderado sejam considerados.

5.1.5 Cálculo do VPL

Com o Fluxo de Caixa Descontado (FCD) realizado, foi possível calcular o Valor Presente Líquido (VPL), conforme exemplificado no Quadro 6. O VPL é um indicador financeiro que mede a diferença entre o valor presente dos fluxos de caixa futuros e o investimento inicial. Um VPL positivo indica que o projeto é financeiramente viável, pois os retornos esperados excedem os custos.

Quadro 6 - Fluxo de Caixa projetado da vinícola.

VPL = FCD1 + FCD2 + FCD 3 + FCD 4 + FCD5 - Investimento inicial
FCD1 = 171.107,74
FCD2 = 147.124,92
FCD3 = 126.503,58
FCD4 = 108.772,58
FCD5 = 93.526,78
Investimento inicial = 100.000,00
VPL = 547.035,61

O valor do VPL foi de R\$547.035,61, como evidenciado no Quadro 6. Este valor positivo sugere que a situação econômica atual da vinícola é favorável, indicando um ganho financeiro. A presença de um VPL positivo é um sinal de que os retornos projetados superam os custos de investimento e operação, levando a uma criação de valor para os acionistas. O VPL positivo é importante, pois demonstra:

- Viabilidade Econômica: Um VPL de R\$547.035,61 demonstra que o projeto de expansão da vinícola não só cobre os custos de investimento como também gera um retorno adicional significativo.
- Atração de Investimentos: Um VPL positivo torna a vinícola mais atraente para investidores, pois indica que os projetos de expansão são capazes de proporcionar retornos lucrativos. Investidores tendem a procurar oportunidades onde o retorno do investimento (ROI) é garantido e supera os custos.
- Decisões de Expansão: O VPL serve como base para decisões futuras de expansão. Um valor positivo sugere que há espaço para aumentar a produção ou explorar novos mercados, garantindo que tais iniciativas sejam financeiramente sustentáveis, fato que serve de base para a aplicação do modelo Black-Scholes.

Com um VPL positivo, a vinícola já apresenta uma situação econômica vantajosa. No entanto, para potencializar ainda mais esses ganhos e alcançar novos patamares de desempenho financeiro, a aplicação do modelo de Black-Scholes na avaliação das opções reais de expansão se torna essencial. A Teoria de

Opções Reais oferece uma abordagem dinâmica para a avaliação de investimentos, permitindo ajustes estratégicos em resposta às incertezas do mercado e às condições econômicas variáveis. Proporcionando uma série de fatores, como:

- **Flexibilidade Gerencial:** O modelo de Black-Scholes permite que a gestão da vinícola tome decisões informadas sobre a expansão da produção de uvas e vinhos, considerando a volatilidade e as incertezas do mercado. Isso inclui a capacidade de adiar, expandir ou abandonar projetos com base em condições futuras. Nesse projeto, a expansão foi escolhida como método, visando comparar qual tipo de expansão (da produção de uva ou de vinho), gera um benefício maior.
- **Valorização das Opções:** A aplicação do modelo ajuda a quantificar o valor das opções de expansão, proporcionando uma visão mais clara dos potenciais benefícios financeiros de diferentes estratégias de crescimento.
- **Redução de Riscos:** Incorporando a volatilidade do mercado e outras variáveis econômicas no processo de decisão, a vinícola pode gerenciar riscos e maximizar retornos, buscando uma trajetória de crescimento sustentável.

A análise do VPL de R\$547.035,61 indica uma situação econômica favorável para a vinícola, com ganhos financeiros substanciais. A aplicação do modelo de Black-Scholes para avaliar as opções reais de expansão pode aumentar ainda mais o VPL, levando a vinícola a alcançar novos patamares de desempenho financeiro. Este modelo proporciona uma abordagem estratégica para a gestão de investimentos, permitindo que a vinícola capitalize sobre as oportunidades de crescimento de maneira eficaz e eficiente.

Na seção 5.2 o modelo de Black-Scholes é explorado e aplicado no projeto em questão, considerando os dados de FCD, VPL, WACC e custo de capital próprio já analisados.

5.2 EXPANSÃO DA PRODUÇÃO DE UVAS

Para a compreensão dos resultados da investigação foi necessário realizar pesquisas de custos e investimentos na produção de vinho. As informações foram coletadas a partir da pesquisa bibliográfica e também das entrevistas, observações e dados das vinícolas e vinhedos vinculados ao Projeto Vinhas Brasília (2024). A pesquisa bibliográfica também revelou relevantes dados provenientes do documento da Embrapa (s, d). A partir destas foi possível construir uma planilha aplicando a Teoria de Opções Reais (TOR) a fluxos de caixa. Durante a análise de resultados da expansão da produção de uvas, foram considerados alguns dados, retirados de pesquisa de mercado, essenciais para a aplicação dos métodos descritos e evidenciados no Quadro 7.

Os dados apresentados no Quadro 7 são referentes à análise detalhada de diversos fatores. Especificamente, incluem a taxa SELIC como a taxa livre de risco, a taxa de mercado representando o retorno médio do IBOVESPA durante 2023 e a volatilidade do mercado, considerando um desvio padrão de 19,86% da volatilidade média da produção da uva no Brasil entre 2018 e 2021, de acordo com o panorama da vitivinicultura brasileira do Embrapa (MELLO; MACHADO, 2022).

O horizonte temporal de cinco anos foi estabelecido com base na análise da produtividade e rentabilidade do negócio, em consonância com as expectativas dos produtores parceiros. De acordo com essas avaliações, estima-se que o projeto de vitivinicultura, em média, apresenta retorno dentro de um período de cinco anos.

Outros dados, como taxa de financiamento, percentual financiado do investimento total e custos fixos, foram também extraídos das pesquisas com os produtores. Além disso, o WACC (Custo Médio Ponderado de Capital) foi calculado com base nos dados de mercado mencionados.

O Quadro 7 também ilustra as premissas utilizadas para a realização do estudo, servindo como base a aplicação do método de Fluxo de Caixa Descontado e do Valor Presente.

Para a expansão da produção de uvas e vinho, ficou definido que não serão realizadas compras de terrenos. Esta decisão foi tomada para otimizar os recursos financeiros e focar em melhorias e expansões dentro das propriedades já existentes, utilizando técnicas modernas e sustentáveis de cultivo e vinificação. A alocação eficiente dos investimentos tem como objetivo maximizar a produtividade e rentabilidade sem a necessidade de aquisição de novos terrenos, permitindo um crescimento sustentável do projeto. Dados importantes para a expansão da produção de uvas que foram considerados para o Fluxo de Caixa Descontado estão representados no Quadro 7:

Quadro 7 - Dados utilizados no FCL para expandir a produção das uvas.

Produção	3.000	Kg
Receita	\$22,00	R\$
Custo unit	\$6,00	R\$
Custo fixo	\$10.000,00	R\$
Imposto	10%	ao ano
Investimento de Expansão	\$50.000,00	R\$
Volatilidade	19,86%	ao ano
Tempo do Projeto de expansão	5	anos

Os dados de Receita e custos foram retirados dos produtores parceiros do Projeto Vinhas Brasília e atualizados de acordo com o INPC (Índice Nacional de Preços ao Consumidor). A decisão de expandir a produção de uvas em 3000 kg baseia-se na pesquisa de Dall’Agnol (2006), que estabelece que são necessários 1,5 kg de uva para produzir 1 litro de vinho. Assim, para determinar qual expansão é mais

vantajosa — uva ou vinho — foi considerada uma expansão com investimento e produção proporcionais à relação de 1,5. A volatilidade de 19,86% ao ano é proveniente do desvio padrão dos retornos médios da produção de uva no Brasil entre 2018 e 2021, dados coletados do panorama da vitivinicultura da Embrapa (MELLO; MACHADO, 2022).

O fluxo de caixa da expansão, realizado a partir dos dados do Quadro 5 está representado no Quadro 8:

Quadro 8 - FCL da expansão de uvas.

Fluxo de Caixa	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Investimento Inicial (R\$)	(50.000,00)					
Produção (Kg)		3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Receita Unit (R\$)		22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
Receita Total (R\$)		66.000,00	66.000,00	66.000,00	66.000,00	66.000,00
Custo Unitário (R\$)		(6,00)	(6,00)	(6,00)	(6,00)	(6,00)
Custo marginal total (R\$)		(18.000,00)	(18.000,00)	(18.000,00)	(18.000,00)	(18.000,00)
Custo Fixo (R\$)		(10.000,00)	(10.000,00)	(10.000,00)	(10.000,00)	(10.000,00)
LAJIR (R\$)		38.000,00	38.000,00	38.000,00	38.000,00	38.000,00
IR 10% (R\$)		(3.800,00)	(3.800,00)	(3.800,00)	(3.800,00)	(3.800,00)
FCL (R\$)	(50.000,00)	34.200,00	34.200,00	34.200,00	34.200,00	34.200,00
VPL (WACC) (R\$)	61.201,64					

No Quadro 8, encontra-se o resultado do VPL do FCL, o qual foi calculado utilizando a Equação 4. O resultado do VPL foi de R\$61.201,64, fator que foi utilizado para o cálculo do modelo *Black-Scholes* e do modelo Binomial.

A utilização do método de Black-Scholes exige algumas informações como data da "expansão", que no caso da pesquisa foi definida como no período 3 do projeto e o investimento na dita expansão, que, de acordo com a pesquisa com os produtores parceiros do Projeto Vinhas Brasília (2024), foi de R\$50.000,00, valor que será utilizado para a compra de insumos de mudas, ferramentas, adubos e equipamentos, esse valor não será utilizado para comprar terrenos. O terceiro ano foi escolhido, pois é um ponto crítico onde a produção inicial já foi estabilizada e os produtores têm uma visão mais clara do potencial do mercado e da qualidade do vinho produzido. A expansão no ano 3 capitaliza sobre a experiência adquirida nos anos anteriores, permitindo um aumento na capacidade de produção para atender a uma demanda crescente ou para explorar novos segmentos de mercado.

O Quadro 9 mostra a aplicação do modelo de Black-Scholes e as variáveis para o cálculo do modelo binomial:

Quadro 9 - Aplicação do modelo *Black-Scholes* para a expansão da uva

Informações OR	valores
VPL	61.201,64
ganho atual exp.ano 2 (S)	61.201,64
Rf	11,75%
sigma (volatilidade)	19,86%
U	1,2197
D	0,8199
p	0,76
1 - p	0,24
X	R\$ 50.000,00

Avaliando a opção	valores
t	3
d1	1,7844
N(d1)	0,96
d2	1,4404
N(d2)	0,93
C0	R\$ 26.411,37

O Quadro 9 mostra as variáveis necessárias para os cálculos utilizados nas Equações (7), (8) e (9), os quais correspondem ao valor da *call*, representado no Quadro 9 como C0. O benefício da expansão pelo modelo de *Black-Scholes* foi de R\$26.411,37, indicando a viabilidade de tal investimento. O Quadro 10 apresenta a árvore do modelo binomial, e, em seguida, o Quadro 11 apresenta o *backward* com o resultado do modelo binomial.

Quadro 10 - Árvore Binomial da expansão das uvas calculada

Arvore de Decisão					
		Ano 2		Ano 3	
		Suu	Suud	Ano 3	
Ano 0	Ano 1	Suu	Suud	C = max(S-X; 0)	
	Su	91.046,84	Suud		61.049,28
So	74.647,28	Sud	74.647,28	C = max(S-X; 0)	24.647,28
61.201,64		61.201,64	Sudd		
	50.177,87		50.177,87	C = max(S-X; 0)	177,87
	Sd	41.139,72			
		Sdd	33.729,54	C = max(S-X; 0)	-
			Sddd		

Quadro 11 - Backward da árvore binomial da expansão das uvas

Back Ward		
Ano 2		
Cuu	Ano 1	
46.589,81	Cu	Ano 0
	35.118,73	
16.744,62		26.208,70 Co
Cud	11.375,73	
120,57	Cd	
Cdd		

O Quadro 11 mostra o resultado do modelo binomial, o qual foi de R\$26.208,70, resultado próximo do modelo Black-Scholes, o qual também indica a viabilidade do investimento.

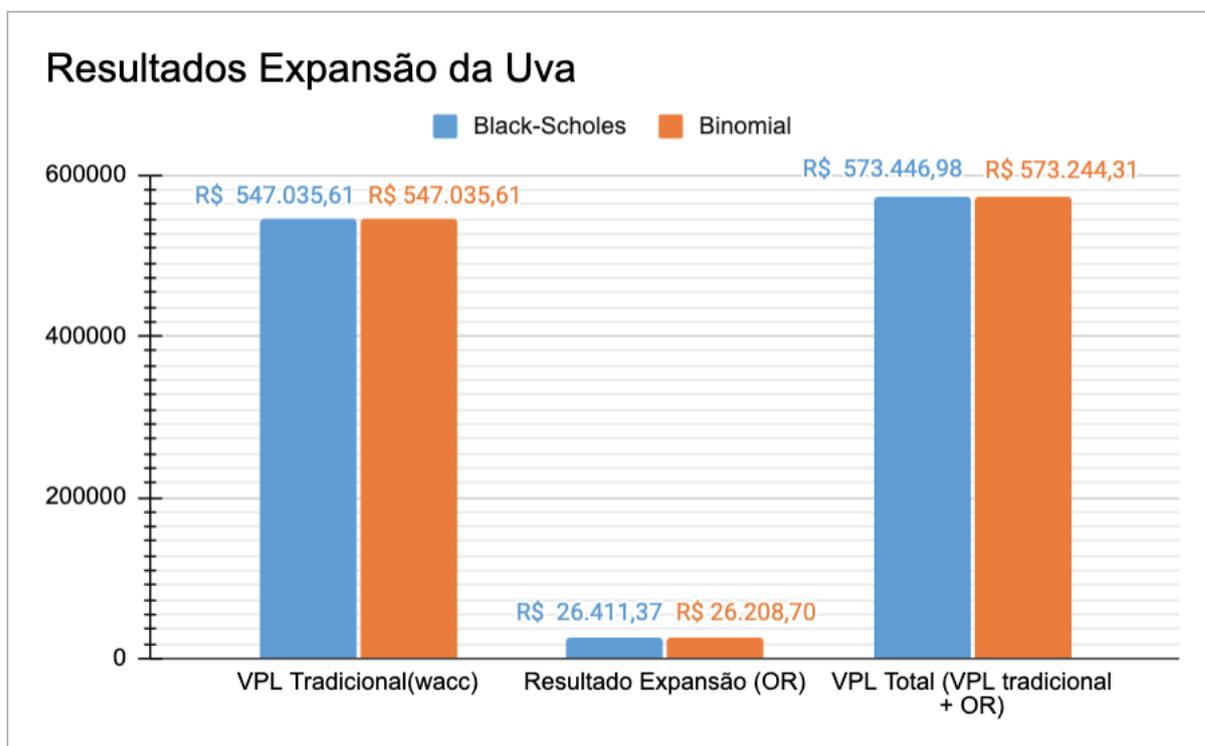
A expansão da produção de uva em 3000 kg, gerou um resultado que indica vantagens para o investimento de expansão, pois o VPL expandido do projeto foi superior ao tradicional(Quadro 12). A escolha da expansão da produção de uvas (3000 kg) deve-se ao cenário de expansão da vitivinicultura no DF e RIDE (segundo o projeto).

Quadro 12 - VPL para a expansão da produção de uvas

	<i>Black-Scholes</i>	<i>Binomial</i>
VPL Tradicional(wacc)	R\$547.035,61	R\$ 547.035,61
Resultado Expansão (OR)	R\$ 26.411,37	R\$ 26.208,70
VPL Total (VPL tradicional + OR)	R\$573.446,98	R\$573.244,31

Enfim, para a possível estratégia dos produtores do projeto, a tabela revela que o VPL total estimado da expansão supera o VPL tradicional, indicando que a decisão de expandir o projeto resulta em benefícios financeiros líquidos e positivos ao longo do horizonte de tempo de 5 anos(extraído da pesquisa, por retorno para a expansão, maturidade do processo produtivo do projeto inicial e, conseqüentemente, de sua expansão). O resultado demonstra a viabilidade da expansão da produção de uvas em 3000 kg. A Figura 4 mostra os resultados da expansão da uva de maneira gráfica, para melhorar a visualização.

Figura 4 - Gráfico dos resultados da expansão da uva



5.3 EXPANSÃO DA PRODUÇÃO DE VINHOS

O Quadro 13 mostra os dados utilizados para a confecção do Fluxo de Caixa Descontado, considerando que os valores de receita(unitária), custos e investimento de expansão foram provenientes da pesquisa realizada pelo Projeto Vinhas Brasília (2024).

Para a conversão de uva em vinho, dados foram extraídos da pesquisa de Dall’Agnol (2006). Segundo o autor, são necessários, aproximadamente, 1,5 kg de uva para a produção de 1 litro de vinho, ou seja, o rendimento médio da transformação de uva em vinho é cerca de 66%.

Quadro 13 - FCL da expansão de vinhos.

Produção	1.500	Litros
Receita unitária	\$130,00	R\$
Custo Total anual	\$114.984,00	R\$
Imposto	10%	ao ano
Investimento de Expansão	\$50.000,00	R\$
Volatilidade	37,29%	ao ano
Tempo do Projeto de expansão	5	anos

A partir dos dados do Quadro 13, foi possível construir o FCD e calcular o VPL do fluxo gerado pela expansão, fatores que são levados em conta no cálculo do modelo *Black-Scholes* e do modelo Binomial. Tais dados estão presentes no Quadro 14.

Quadro 14 - Dados utilizados no FCL para expandir a produção de vinhos

Fluxo de Caixa	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Investimento Inicial	(50.000,00)					
Produção (litros)		1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
Receita Unit (R\$)		130,00	130,00	130,00	130,00	130,00
Receita Total (R\$)		195.000,00	195.000,00	195.000,00	195.000,00	195.000,00
Custo Total (R\$)		(114.984,00)	(114.984,00)	(114.984,00)	(114.984,00)	(114.984,00)
LAJIR (R\$)		80.016,00	80.016,00	80.016,00	80.016,00	80.016,00
IR 10% (R\$)		(8.001,60)	(8.001,60)	(8.001,60)	(8.001,60)	(8.001,60)
FCL (R\$)	(50.000,00)	72.014,40	72.014,40	72.014,40	72.014,40	72.014,40
VPL (WACC) (R\$)	184.155,55					

No Quadro 14, encontra-se o resultado do VPL do FCL, o qual foi calculado utilizando a Eq. (4). O resultado do VPL foi de R\$184.155,55, fator que será utilizado para o cálculo do modelo *Black-Scholes* e do modelo Binomial.

A utilização do método de Black-Scholes exige algumas informações como data da "expansão", que no caso da pesquisa foi definida como no período 3 do projeto e o investimento na dita expansão, que, de acordo com a pesquisa com os produtores parceiros do Projeto Vinhas Brasília (2024), foi de R\$50.000,00. O investimento de R\$50.000,00 não inclui compra de terreno, apenas máquinas, equipamentos, barricas de carvalho e insumos para a produção de vinho. Os dados de custo total anual foram provenientes de um produtor parceiro do Projeto Vinhas Brasília, o qual preferiu permanecer anônimo. A volatilidade de 37,29% ao ano é proveniente do desvio padrão dos retornos médios da produção do vinho no Brasil entre 2018 e 2021, dados coletados do panorama da vitivinicultura da Embrapa (MELLO; MACHADO, 2022).

O Quadro 15 mostra a aplicação do modelo de *Black-Scholes* e as variáveis do modelo Binomial:

Quadro 15 - Aplicação do modelo *Black-Scholes* para a expansão do vinho

Informações OR	valores
VPL	184.155,55
ganho atual exp.ano 2 (S)	184.155,55
Rf	11,75%
sigma (volat.)	37,29%
U	1,4519
D	0,6887
p	0,57
1 - p	0,43
X	R\$ 50.000,00
Avaliando a opção	
t	3
d1	2,8873
N(d1)	1,00
d2	2,2414
N(d2)	0,99
C0	R\$ 149.090,65

O Quadro 15 mostra as variáveis necessárias para os cálculos utilizados nas Equações (7), (8) e (9), os quais correspondem ao valor da *call*, representado na Tabela 15 como C0. O benefício da expansão foi de R\$149.090,65, indicando a viabilidade de tal investimento.

Os Quadros 16 e 17 mostram a aplicação do modelo Binomial para a expansão da produção de vinho através da representação da árvore binomial e do *backward*.

Quadro 16 - Árvore Binomial da expansão do vinho calculada

Arvore de Decisão					
		Ano 2		Ano 3	
		Suu	Suud	Ano 3	
Ano 0	Ano 1	Suu	563.676,64	$C = \max(S-X; 0)$	513.676,64
	Su	388.223,33	Suud		
	So	267.382,64	Sud	$C = \max(S-X; 0)$	217.382,64
184.155,55		184.155,55	Sudd		
	Sd	126.834,20		$C = \max(S-X; 0)$	76.834,20
		87.355,04			-
		Sdd	60.164,40	$C = \max(S-X; 0)$	10.164,40
			Sddd		

Quadro 17 - Backward da expansão do vinho calculada

Back Ward			
Ano 2		Ano 1	
Cuu	Cu		Ano 0
343.766,30		227.854,10	
139.698,52			149.009,12 Co
Cud	87.305,66		
42.898,02	Cd		
Cdd			

A expansão da produção de vinho em 1500 litros, gerou um resultado que indica vantagens para o investimento de expansão, pois o VPL expandido do projeto foi superior ao VPL tradicional (Quadro 18). O objetivo é determinar qual é mais rentável, por isso foi utilizado uma quantidade específica de uva (3000 kg) equivalente à sua produção em vinho (1500 litros).

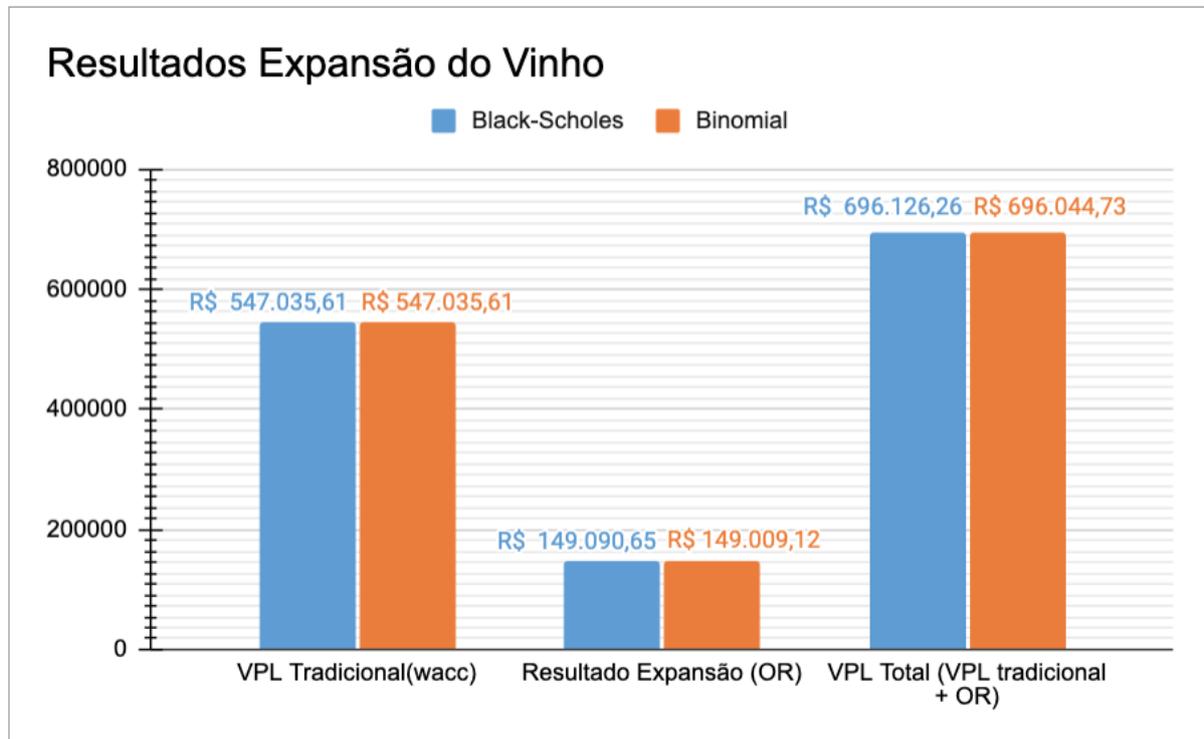
Quadro 18 - VPL para a expansão da produção de vinhos.

	Black-Scholes	Binomial
VPL Tradicional(wacc)	R\$547.035,61	R\$ 547.035,61
Resultado Expansão (OR)	R\$149.090,65	R\$ 149.009,12
VPL Total (VPL tradicional + OR)	R\$696.126,26	R\$696.044,73

Enfim, para a possível estratégia dos produtores do projeto, a tabela revela que o VPL total estimado da expansão supera o VPL tradicional, indicando que a decisão de expandir o projeto resulta em benefícios financeiros líquidos e positivos ao longo do horizonte de tempo de 5 anos(extraído da

pesquisa, por retorno para a expansão, maturidade do processo produtivo do projeto inicial e, conseqüentemente, de sua expansão). O resultado demonstra a viabilidade da expansão da produção de vinhos em 1500 litros. O fato da produção de vinhos ser mais rentável que a de uvas pode ser uma indicação que este possui valor agregado maior que o da uva, portanto possibilitando maior preço de venda do produto. A Figura 5 mostra os resultados de maneira gráfica, para melhorar a visualização.

Figura 5 - Gráfico dos resultados da expansão do vinho



6 CONCLUSÃO

A análise dos resultados obtidos gerou conhecimentos que podem ser úteis para produtores do setor de vitivicultura. Ao aplicar a Teoria de Opções Reais (TOR) aos fluxos de caixa baseados em pesquisas realizadas pela Embrapa e no âmbito do Projeto Vinhas Brasília, foi possível avaliar a viabilidade financeira das expansões propostas.

Além dos aspectos econômicos e financeiros, a adoção da TOR na vitivicultura do DF e RIDE também pode promover avanços na sustentabilidade e inovação do setor. A flexibilidade proporcionada pela TOR permite que os produtores façam escolhas financeiras melhores, mesmo estando inseridas no contexto volátil do setor.

Os resultados destacam que tanto a expansão da produção de uvas em 3000 kg, quanto a expansão para a produção de 1500 litros de vinho por ano apresentaram VPLs totais expandidos superiores aos VPLs tradicionais. Esse cenário indica que as decisões de expansão são financeiramente vantajosas ao longo do horizonte de tempo considerado. Esses valores de 3000 kg e 1500 litros, foram escolhidos pela sua relação, conforme foi apresentado no texto, de, aproximadamente, 1,5 kg de uva para a produção de 1 litro de vinho.

Ao realizar a comparação dos VPLs expandidos dos dois cenários foi possível identificar que, entre as opções de expansão consideradas, a ampliação da produção de vinho se destaca como a escolha mais vantajosa no cenário analisado. Comparando os Valores Presentes Líquidos (VPLs) expandidos, observamos que a expansão da produção de vinho para 1500 litros por ano apresenta um potencial de retorno significativamente superior, alcançando um valor de R\$149.090,65 (Black-Scholes) ou R\$149.009,12 (binomial), em comparação com os R\$26.411,37 (Black-Scholes) ou R\$26.208,70 (binomial), obtidos pela expansão da produção de uvas em 3000 kg.

Os resultados observados permitem algumas considerações, indicando a possibilidade de terceirizar a produção de uvas e realizar somente a produção de vinhos. Essa alternativa pode ser rentável, sem a necessidade do tamanho do terreno necessário para a plantação das uvas, mas com o lucro da produção do vinho. Além disso, ao considerar opções como a terceirização da produção de uvas, os vicultores podem focar em tecnologias de vinificação mais avançadas, promovendo a qualidade e a competitividade dos vinhos brasileiros no mercado global. Esse enfoque não só melhora a viabilidade econômica, mas também fortalece a sustentabilidade ambiental e a inovação tecnológica na vitivicultura da região.

Esses resultados são fundamentais para orientar os produtores e investidores do setor sobre as oportunidades de crescimento e desenvolvimento do negócio. Além disso, a análise ressalta a importância de considerar cuidadosamente as premissas e os dados do mercado ao aplicar métodos de avaliação de investimentos, como o Fluxo de Caixa Descontado e a TOR.

Portanto, com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que, nos estudos realizados nesse projeto, a expansão da produção de uvas e vinhos é uma estratégia viável e promissora para o setor vitivinícola, proporcionando benefícios financeiros. Os resultados proporcionam possibilidades aos produtores de vinho e uva, podendo ser uma opção viável a de terceirizar a produção das uvas, buscando uma rentabilidade maior que o vinho proporciona. Além disso, parcerias podem ser feitas com produtores de uva, visando passar parte do lucro do vinho para eles em troca de uvas para a produção de tal vinho.

Uma recomendação para estudos futuros é identificar o período ideal de avaliação do projeto, isto é, o momento de expansão que oferece o maior benefício. Além disso, outras metodologias de Opções Reais (TOR) podem ser exploradas, como a opção de abandonar (venda), adiar, reduzir, interromper temporariamente, investir em informação e trocar. Essas abordagens possibilitam realizar análises adicionais que podem ser relevantes para o desenvolvimento da vitivinicultura no DF e RIDE.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, A. N.; BRAGAGNOLO, C.; CHAGAS, A. L. S. A Demanda por Vinho no Brasil: elasticidades no consumo das famílias e determinantes da importação. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 53, n. 3, p. 433–454, set. 2015.
- ARMSTRONG, V. S. *USING REAL OPTION ANALYSIS TO IMPROVE CAPITAL BUDGETING DECISIONS WHEN PROJECT CASH FLOWS ARE SUBJECT TO CAPACITY CONSTRAINTS*. *Academy of Accounting and Financial Studies Journal Preview publication details*, v. 19, n. 2, p. 19–26, 2015.
- ARNOLD, T. M.; CRACK, T. F. *Using the WACC to Value Real Options*. *SSRN Electronic Journal*, 2004.
- ASSAF NETO, A. Os métodos quantitativos de análise de investimentos. **Caderno de Estudos**, n. 6, p. 01–16, out. 1992.
- BAAQUIE, B. E. *Option Pricing and Binomial Model*. In: **Mathematical Methods and Quantum Mathematics for Economics and Finance**. Springer, Singapore, 2020.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Controle da Inflação: Histórico das Taxas de Juros. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>>. Acesso em: 10/06/2024.
- BLACK, F.; SCHOLES, M. *The Pricing of Options and Corporate Liabilities*. **The Journal of Political Economy**, v. 1, 1973.
- BOAS, A. R. V.; NASCIMENTO, J. E. R.; CAMPOS, A. C. A demanda por vinho no Brasil: elasticidades no consumo das famílias e determinantes da importação. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 53, n. 3, p. 385-404, 2015.
- B3. Índice Ibovespa - Estatísticas Históricas. Disponível em: https://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/indices/indices-amplos/indice-ibovespa-ibovespa-estatisticas-historicas.htm. Acesso em: 10/06/2024.
- CAMPOS, M. T.; SOARES, J. B.; FERNANDES, L. A. Volatilidade econômica e a vitivinicultura na Região Integrada de Desenvolvimento do Entorno: desafios e estratégias. **Journal of Wine Economics**, v. 24, n. 3, p. 298-317, 2019.
- CARVALHO, E. B. D. **Proposta alternativa de avaliação econômica aplicada a investimentos em infraestrutura hidroviária brasileira utilizando opções reais**. Doctorate—[s.l.] Universidade de Brasília, 23 out. 2015.
- COPELAND, T. E.; ANTIKAROV, V. *Real options: a practitioner's guide*. New York: Texere, 2001.
- DALL'ÁGNOL, I. Vinho Tinto. Embrapa Informação Tecnológica, 2006.
- DAMODARAN, A. *Valuation Approaches and Metrics: A Survey of the Theory and Evidence*. **Foundations and Trends® in Finance**, v. 1, n. 8, p. 693–784, 2006.
- DAMODARAN, A.; JOHN, K.; LIU, C. H. *The determinants of organizational form changes: evidence*

- and implications from real estate. *Journal of Financial Economics*, v. 45, n. 2, p. 169–192, ago. 1997.
- DE SOUZA LEÃO, P. C.; DE CARVALHO, J. N. *Tropical Viticulture in Brazil: São Francisco Valley as an Important Supplier of Table Grapes to the World Market*. Em: GUTIÉRREZ GAMBOA, G.; FOURMENT, M. (Eds.). *Latin American Viticulture Adaptation to Climate Change*. Cham: Springer International Publishing, 2024. p. 47–59.
- DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. *Investment under uncertainty*. Princeton, N.J: Princeton University Press, 1994.
- EMBRAPA. Inteligência e mercado de uva e de vinho: a Viticultura no Brasil. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/cim-uva-e-vinho/a-viticultura-no-brasil>>. Acesso em: 10/06/2024.
- ENDLER, L. AVALIAÇÃO DE EMPRESAS PELO MÉTODO DE FLUXO DE CAIXA DESCONTADO E OS DESVIOS CAUSADOS PELA UTILIZAÇÃO DE TAXAS DE DESCONTO INADEQUADAS. v. 4, n. 6, 2004.
- FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. *The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence*. *Journal of Economic Perspectives*, v. 18, n. 3, p. 25-46, 2004.
- FRIEDLOB, G. T.; PLEWA JR, F. J. *Understanding return on investment*. [s.l.] John Wiley & Sons, 1996.
- GONÇALVES, B. Vitivinicultura brasileira: panorama 202. São Paulo, 2022.
- IBGE. Índice Nacional de Preços ao Consumidor. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9258-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor.html>>. Acesso em: 10 jun. 2024.
- JAGANNATHAN, R.; McGRATTAN, E. R. *The CAPM Debate*. *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review*, v. 19, n. 4, p. 2–17, Fall 1995.
- KOLARI, J. W.; PYNÖNEN, S. *Capital Asset Pricing Model (CAPM)*. SpringerLink, 2020.
- MELLO, L. M. R.; MACHADO, C. A. E. Vitivinicultura brasileira: panorama 2021. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2022.
- MENEGHEL, J. V. UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC CURSO DE ADMINISTRAÇÃO. 2017.
- MINARDI, A. M. A. F. Teoria de opções aplicada a projetos de investimento. *Revista de Administração de Empresas*, v. 40, n. 2, p. 74–79, jun. 2000.
- MONTICELLI, J. M. Competição, Cooperação e Coopetição: Simetrias e Discrepâncias na Indústria Vitivinícola do RS. *Revista de Administração da Unimep*, v. 13, n. 2, p. 1–25, 29 ago. 2015.
- MOROZKO, V.; et al. *A Real Options Analysis model for generation expansion planning under uncertainty*. *ScienceDirect*, 2011.
- MYERS, S. C. *Determinants of corporate borrowing*. *Journal of Financial Economics*, v. 5, n. 2, p. 147–175, nov. 1977.
- NOGUEIRA, P. P. APLICAÇÃO DA TEORIA DE OPÇÕES REAIS EM UM INVESTIMENTO NA INCORPORAÇÃO IMOBILIÁRIA. 2023.

- ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J. *Corporate Finance. 10. ed. New York: McGraw-Hill, 2013.*
- ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JORDAN, B. D. *Essentials of corporate finance. Tenth edition ed. New York, NY: McGraw-Hill Education, 2020.*
- SHARPE, W. F. *Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. Journal of Finance*, v. 19, n. 3, p. 425-442, 1964.
- SILVA, J. P.; AZEVEDO, P. V. Impactos climáticos na viticultura do Distrito Federal e RIDE. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 14, n. 18, p. 85-102, 2018.
- SOUZA, J. C. F.; ROCHA, C. H.; SOUZA, J. G. D. M. Modelo de opções reais para avaliação de investimentos em novos portos e terminais portuários brasileiros. **TRANSPORTES**, v. 26, n. 4, p. 103–115, 28 dez. 2018.
- SOUZA, J. C. F.; SOUZA, J. G. D. M. ABORDAGEM DE OPÇÕES REAIS EM INVESTIMENTOS NO ARMAZÉM DO PORTO DE SANTARÉM (PA) – BRASIL / REAL OPTIONS APPROACH TO INVESTMENTS AT THE PORT OF SANTARÉM (PA) - BRAZIL. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 9, p. 64747–64759, 2020.
- SOUZA, J. C. F.; SOUZA, J. G. D. M.; HAO, P. Y. *Are fintechs worth investing? case study for startup using real option theory. International Journal of Development Research*, v. 11, n. 04, 2021.
- STAPLETON, R. C.; BREALEY, R.; MYERS, S. Principles of Corporate Finance. *The Journal of Finance*, v. 36, n. 4, p. 982, set. 1981.
- TRIGEORGIS, L. *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation. MIT Press*, 1996.
- Universidade de Brasília (UnB). Desenvolvimento de Tecnologias para o Fomento da Vitivinicultura no DF (DTFV) e RIDE (Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno - Projeto Vinhas Brasília), financiado pelo Fundo de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAP-DF). Brasília, 2024.
- VAN LEEUWEN, C. et al. An Update on the Impact of Climate Change in Viticulture and Potential Adaptations. *Agronomy*, v. 9, n. 9, p. 514, 5 set. 2019.
- VIVIANI, J.-L. Protection Against Wine Price Risks: A Real Option Approach. *Journal of Wine Economics*, v. 2, n. 2, p. 168–186, 2007.