PROJETO DE GRADUAÇÃO 2

ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE DE IA PARA SALES ENABLEMENT APLICANDO OPÇÕES REAIS

Matheus Beguito Martinez
190093315

Orientador
Prof. João Carlos Felix Souza, Ph.D.

Brasília, julho de 2025.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

PROJETO DE GRADUAÇÃO 2

ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE DE IA PARA SALES ENABLEMENT APLICANDO OPÇÕES REAIS

Matheus Beguito Martinez
190093315

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção
do grau de Engenheiro de Produção.

Banca Examinadora

Prof. João Carlos Felix Souza, Ph.D.

Brasília, julho de 2025

RESUMO

Este projeto de graduação avalia a análise do desenvolvimento de um software de Inteligência Artificial para Sales Enablement de uma empresa real, aplicando a Teoria de Opções Reais (TOR). Diferentemente das abordagens tradicionais baseadas no Valor Presente Líquido (VPL), este estudo incorpora a incerteza e a flexibilidade gerencial ao longo do ciclo de desenvolvimento do software, considerando cenários estratégicos de expansão e abandono do projeto. Para tal, é utilizada a metodologia como árvore binomial, possibilitando uma análise mais dinâmica e estratégica das decisões de investimento. Os resultados esperados incluem uma avaliação mais realista do impacto financeiro das decisões estratégicas ao longo do tempo, fornecendo subsídios para a tomada de decisão dos sócios. Para a execução do estudo, foram realizadas reuniões com os principais stakeholders, visando compreender as expectativas financeiras, alinhar o planejamento estratégico da empresa e mapear a estrutura de desenvolvimento do software, garantindo uma abordagem integrada e fundamentada na realidade do negócio.

Palavras-chave: Teoria de Opções Reais, Valor Presente Líquido, Modelo de Árvore Binomial, Sales Enablement, Inteligência Artificial, Decisões de Investimento, Viabilidade Econômica.

ABSTRACT

This graduation project evaluates the economic feasibility of developing an Artificial Intelligence software for Sales Enablement for a real company, applying the Real Options Theory (ROT). Unlike traditional approaches based on Net Present Value **(NPV)**, this study incorporates uncertainty and managerial flexibility throughout the software development cycle, considering strategic scenarios such as expansion and project abandonment. To achieve this, the binomial tree methodology is employed, enabling a more dynamic and strategic analysis of investment decisions. The expected outcomes include a more realistic assessment of the financial impact of strategic decisions over time, providing valuable insights for the stakeholders' decision-making process.

To conduct this study, meetings were held with key stakeholders to understand their financial expectations, align the company's strategic planning, and map the software development structure, ensuring an integrated approach based on the company's real business environment.

Keywords: Real Options Theory, Net Present Value, Binomial Tree Model, Black-Scholes Model, Sales Enablement, Artificial Intelligence, Investment Decisions, Economic Feasibility.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 7
2 OBJETIVOS 9
2.1 Objetivos Gerais 9
2.2 Objetivos Específicos 9
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 10
4 METODOLOGIA 18
5 APLICAÇÃO 20
6 ANÁLISE E RESULTADOS 21
7 CONCLUSÃO 22
8 REFERÊNCIAS 23

1 INTRODUÇÃO

A revolução tecnológica impulsionada pela Inteligência Artificial (IA) está remodelando drasticamente o cenário global. Segundo a Bain & Company (2024), o mercado global de produtos e serviços relacionados à IA deve atingir US$ 990 bilhões até 2027, com taxas de crescimento anual entre 40% e 55%. Este impacto transcende o âmbito corporativo, alcançando a sociedade em geral - uma pesquisa recente da Talk Inc (2024) revela que 63% dos brasileiros já utilizam serviços de IA para fins profissionais ou pessoais.

No centro desta transformação está a IA generativa, definida por LeCun (2022) como "um tipo de inteligência artificial capaz de criar conteúdo novo, como imagens, textos e músicas, aprendendo padrões de grandes conjuntos de dados de treinamento". A McKinsey & Company (2023) reporta que 65% das organizações já adotaram esta tecnologia, com destaque especial para sua aplicação em vendas, onde seu impacto tem se mostrado particularmente significativo.

Dentre as áreas mais impactadas, vendas se destaca como um dos setores que mais se beneficia dessa tecnologia. A IA vem aprimorando a capacidade das empresas de interpretar dados, identificar padrões, fornecer insights estratégicos e automatizar funções. Esse avanço transforma significativamente a eficiência dos processos comerciais, tornando a IA uma ferramenta essencial para diversas frentes, especialmente no Sales Enablement**.** O Sales Enablement é um processo estratégico voltado para capacitar a equipe de vendas por meio da disponibilização de recursos, conteúdos, treinamentos e ferramentas que aumentam a produtividade e a taxa de conversão. Esse processo promove a integração entre marketing, vendas e inteligência de mercado, otimizando a jornada do comprador e aprimorando a performance comercial. De acordo com a pesquisa da G2 (2024), empresas que utilizam uma plataforma unificada de Sales Enablement têm 80% mais chances de aumentar suas taxas de fechamento. Esse dado evidencia a relevância de soluções tecnológicas para aprimorar a gestão comercial e fortalecer a competitividade no mercado.

Com isso, a integração da Inteligência Artificial (IA) no Sales Enablement representa uma evolução natural deste campo, proporcionando um nível superior de análise e automação para os times comerciais. Diante desse cenário, a empresa analisada

neste estudo busca ingressar nesse mercado oferecendo um software inovador, que combina os princípios do Sales Enablement com a capacidade analítica da IA. A solução proposta será capaz de monitorar e analisar todas as atividades do time comercial**,** fornecendo dados estratégicos em tempo real para que os supervisores de vendas possam tomar decisões mais assertivas. Com isso, a ferramenta visa aprimorar a eficiência operacional, otimizar a performance da equipe e impulsionar os resultados comerciais por meio da inteligência orientada por dados.

Entretanto, o desenvolvimento de software é um projeto altamente complexo, que exige não apenas um investimento significativo, mas também uma janela de mercado favorável para garantir sua viabilidade e sucesso. Diante disso, uma análise econômica bem fundamentada torna-se essencial para que os sócios possam tomar decisões estratégicas informadas. No entanto, os métodos tradicionais de análise de investimentos, como o Valor Presente Líquido (VPL**)**, muitas vezes se mostram inadequados para capturar a complexidade e o dinamismo desses projetos. Copeland e Antikarov (2002) argumentam que o VPL tende a subestimar o valor de investimentos em tecnologia, pois não considera a flexibilidade gerencial e as opções estratégicas inerentes ao seu desenvolvimento.

Neste contexto, a Teoria das Opções Reais (TOR) emerge como uma alternativa mais apropriada para avaliar investimentos em ambientes de alta incerteza. Trigeorgis e Reuer (2017) argumentam que a TOR fornece uma estrutura analítica para gerenciar a flexibilidade gerencial, permitindo que as empresas tomem decisões estratégicas mais informadas em cenários dinâmicos. Esta abordagem, possibilita a modelagem de diferentes cenários estratégicos, incluindo expansão ou abandono do projeto, permitindo que as empresas incorporem a flexibilidade gerencial em suas decisões de investimento e ajustem suas estratégias conforme as condições do mercado.

O presente estudo se propõe a aplicar a TOR na avaliação econômica do desenvolvimento de um software de IA para Sales Enablement, utilizando o modelo da árvore binomial para análise. Esta abordagem permite incorporar a incerteza inerente ao mercado de tecnologia, onde, segundo dados da CB Insights (2021), aproximadamente 70% das startups de software falham nos primeiros cinco anos.

A relevância deste estudo reside na crescente demanda por métodos mais sofisticados de avaliação de investimentos em tecnologia, especialmente em um contexto de rápida expansão do mercado de Inteligência Artificial. Além disso, este trabalho representa uma aplicação concreta da Teoria das Opções Reais no contexto de pequenas empresas, demonstrando sua eficácia como ferramenta analítica para decisões de expansão em diferentes escalas organizacionais.

.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar a aplicação da Teoria das Opções Reais em um caso representativo e recorrente no universo de pequenas empresas, com o objetivo de analisar a viabilidade econômica do desenvolvimento de um software de Inteligência Artificial (IA) voltado para Sales Enablement.

2.2 Objetivos Específicos

1. Calcular e projetar os fluxos de caixa descontados para o desenvolvimento e implementação do software de IA no contexto de Sales Enablement.
2. Determinar e analisar indicadores financeiros como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), avaliando a viabilidade econômica do investimento no software.
3. Simular o cenário de adoção do desenvolvimento do software de IA, utilizando a Teoria de Opções Reais (TOR) para verificar qual o melhor momento para a expansão da companhia;
4. Analisar os resultados financeiros e estratégicos obtidos.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Como este estudo tem o objetivo de ser uma análise econômica sofisticada, é fundamental compreender toda a literatura que fundamentará o trabalho. Dado que o foco é avaliar a viabilidade econômica do desenvolvimento de um software de IA para Sales Enablement, diversos conceitos essenciais precisarão ser caracterizados e explorados para embasar a pesquis**a** de forma robusta.

A análise de investimentos envolve a aplicação de métodos que auxiliam na tomada de decisão sobre a viabilidade de um projeto ou ativo. Entre os principais métodos utilizados estão o Valor Presente Líquido (VPL)**,** que considera o valor do dinheiro no tempo ao descontar os fluxos de caixa futuros; a Taxa Interna de Retorno (TIR**)**, que determina a rentabilidade do investimento; e o Payback, que mede o tempo necessário para recuperar o capital investido. Além disso, abordagens como a Teoria das Opções Reais permitem uma análise mais flexível em cenários de incerteza, comuns em setores como tecnologia e inovação. Esses métodos proporcionam uma visão estruturada sobre riscos, retornos e a alocação eficiente de recursos, auxiliando investidores e empresas a tomarem decisões estratégicas fundamentadas.

O primeiro conceito fundamental que será destrinchado, é o de fluxo de caixa. No artigo "Avaliação de Empresas pelo Método de Fluxo de Caixa Descontado e os Desvios Causados pela Utilização de Taxas de Desconto Inadequadas", Endler (2004) apresenta uma análise detalhada do método de Fluxo de Caixa Descontado (FCD**)** para avaliação de empresas. Este método baseia-se na premissa de que o valor de uma empresa é determinado pelos seus fluxos de caixa futuros projetados, trazidos a valor presente por meio de uma taxa de desconto que reflete os riscos associados a esses fluxos.

De acordo com Endler (2004**)**, o Fluxo de Caixa Descontado (FCD) pode ser abordado de duas formas principais. O Fluxo de Caixa do Acionista concentra-se nos fluxos de caixa disponíveis para os acionistas após o pagamento de todas as despesas, bônus fiscais, pagamento de juros e principal, sendo descontados pelo custo do capital próprio (Ka). Esse cálculo é representado pela seguinte equação:

$$VPL = \sum_{t=1}^{t=\infty} \frac{FCa}{(1+Ka)^t}$$

Onde:

- VPL = Valor Presente Líquido;
- FCa = Fluxo de caixa do acionista no período *t*;
- Ka = Custo do Patrimônio Líquido (taxa de retorno exigida pelos acionistas).

Já no enfoque da empresa como um todo, o valor presente da organização é obtido a partir dos fluxos de caixa esperados, descontados pelo Custo Médio Ponderado de Capital (WACC). O WACC representa o custo global de capital, considerando tanto o capital próprio quanto o capital de terceiros utilizado para financiar as atividades da empresa. Assim, a avaliação da empresa sob essa abordagem pode ser expressa pela seguinte equação:

$$VPL = \sum_{t=1}^{t=\infty} \frac{FCe}{(1+WACC)^t}$$

Onde:

- VPL = Valor Presente Líquido;
- FCe = Fluxo de caixa da empresa no período *t*;
- WACC = Custo médio de capital ponderado (*Weighted Average Cost of Capital*).

Dessa forma, o método de Fluxo de Caixa Descontado permite avaliar uma empresa sob diferentes perspectivas, seja do ponto de vista dos acionistas, utilizando o custo do patrimônio líquido, ou sob a ótica global da empresa, considerando o custo médio ponderado de capital. Endler (2004) destaca que a escolha inadequada da taxa de desconto pode levar a distorções na avaliaçã**o**, tornando essencial a correta definição dos parâmetros financeiros para garantir uma estimativa precisa do valor da empresa.

Além disso, identificar o custo de capital é um fator essencial para a tomada de decisões de financiamento nas empresas, pois influencia diretamente sua rentabilidade e estrutura financeira. De acordo com Azevedo (2018**)**, o Custo Médio Ponderado de Capital (WACC**)** reflete como o capital da empresa está estruturado e representa o retorno exigido sobre o investimento para atingir o equilíbrio na aplicação dos recursos. Além disso, esse custo é calculado considerando diversos fatores de risco econômico, como o Risco Econômico Operacional e o Risco Financeiro.

A escolha da taxa de desconto adequada é crucial para a atratividade do investimento, para estimar o custo de capital ponderado (WACC) e projetar o fluxo de caixa livre para a firma (FCFF), adotou-se o procedimento recomendado por Damodaran (2010), valendo-se do beta bottom-up calculado a partir de comparáveis listados e posteriormente realavancado à estrutura de capital alvo da empresa. As boas práticas de finanças corporativas descritas por Assaf Neto (2012) e Gitman (2013) orientaram a decomposição do CAPM, taxa livre de risco, prêmio de mercado e ajuste de tamanho, bem como a inclusão do custo de dívida pós-imposto, garantindo que o WACC reflita adequadamente o risco operacional e financeiro do negócio. Por fim, o trabalho de Sousa (2015) foi utilizado como referência metodológica nacional, tanto para a construção dos cenários de crescimento terminal quanto para a validação do modelo de Desconto de Fluxo de Caixa (DCF) em ambientes de tecnologia B2B, assegurando aderência às condições de mercado brasileiro. O WACC, **parâmetro essencial na avaliação de empresas**, pode ser calculado segundo a fórmula apresentada por Endler (2004), a qual integra os custos de capital próprio e de terceiros ponderados pelas respectivas participações na estrutura de financiamento, em que:

$$WACC = Kpl\ [PL/(PL+D)] + Kd\ [D/(PL+D)]$$

Onde:

- Kpl = Custo do patrimônio líquido
- Kd = Custo da dívida após impostos
- PL = Patrimônio líquido a valor de mercado
- D = Dívida a valor de mercado

Além do WACC, outro método amplamente utilizado para determinar o custo do capital próprio é o Modelo de Precificação de Ativos de Capital (CAPM**)**. Segundo Miziara (2023**)**, o CAPM leva em conta a inflação do mercado e ajusta o risco de mercado, indicando a rentabilidade mínima necessária para um investimento. Esse modelo utiliza variáveis como taxa livre de risco, prêmio de risco de mercado e o coeficiente beta para estimar o retorno esperado. Ross (2000) destaca que o coeficiente beta mede a

variabilidade do retorno de um ativo em relação ao mercado e é calculado a partir da covariância e variância dos retornos do ativo e do mercado (Endler, 2004).

O CAPM é representado pela seguinte fórmula:

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

Onde:

- β = coeficiente beta, que mede a sensibilidade do ativo em relação ao mercado
- ri = retorno do ativo individual
- rm = retorno do mercado
- Cov(ri,rm) = covariância entre os retornos do ativo e do mercado
- Var(rm) = variância dos retornos do mercado

A covariância e a variância são calculadas conforme as seguintes equações:

$$Cov(r_i, r_m) = \sum_{t=1}^{n} \frac{(X_t - \bar{X})(Y_t - \bar{Y})}{n}$$

$$Var(r_m) = \sum_{t=1}^{n} \frac{(X_t - \bar{X})^2}{n}$$

O custo do capital próprio pode ser calculado pela equação de Sharpe (1964), proporcionando uma medida precisa do retorno esperado para o investimento (Endler, 2004):

$$\boldsymbol{K_e = R_f + \beta_r \cdot MRP + RP}$$

Onde:

- rfr = taxa livre de risco

- rm = retorno esperado do mercado
- mrp= prêmio de risco do mercado;
- rp= prêmio de risco do país;

Assim, Damodaran (2012) destaca a importância de considerar dois períodos de fluxos de caixa ao avaliar uma empresa: o período determinado, geralmente de 5 a 10 anos, e a perpetuidade. A precisão das estimativas diminui após cinco anos, e é crucial respeitar condições como o crescimento não superior ao crescimento econômico, transição para características de uma empresa estável e reinvestimento adequado para manter o crescimento desejado (Damodaran, 2012).

No trabalho de Cunha (2011), é proposta uma equação que aborda o Fluxo de Caixa Descontado (FCD) em dois períodos: o período do horizonte definido e a perpetuidade. A equação considera o equivalente certo do fluxo de caixa E(FC), o custo médio ponderado de capital K e a taxa de crescimento na perpetuidade G, sendo expressa da seguinte forma:

$$VPL = \sum_{t=1}^{n} \frac{E(FC_t)}{(1+K)^t} + \frac{E(FC_n)(1+G)}{(K-G)(1+K)^n}$$

Onde:

- VPL = Valor Presente Líquido
- E(FCt) = Equivalente certo do fluxo de caixa no período ttt
- K = Custo médio ponderado de capital
- G = Taxa de crescimento na perpetuidade
- n = Horizonte definido do fluxo de caixa

Quando o Valor Presente Líquido (VPL) é maior que zero, significa que o investimento é viável e deverá proporcionar o retorno esperado ao investidor. Dessa forma, a existência de um VPL positivo é definida como o principal critério de aceitação de um determinado projeto e, ainda, o maior VPL é considerado o critério de escolha quando se realiza a comparação entre diversas alternativas de investimento (Nardelli; Macedo, 2011).

Conforme determinado pelos autores, é possível concluir que o método do Fluxo de Caixa Descontado (FCD) se concentra em um investimento imediato, sem levar em consideração possíveis mudanças de estratégias futuras. Essa abordagem não está alinhada com as variações e incertezas enfrentadas pelas empresas no mundo real, resultando em uma análise estática da empresa que pode comprometer a avaliação de seu valor futuro. Portanto, será visto no próximo item a Teoria de Opções Reais, a qual será considerada para mitigar as incertezas futuras do mercado.

Adentrando agora aos conceitos de TOR, a teoria das Opções Reais surge como uma evolução natural dos métodos tradicionais de avaliação de investimentos, como o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR). Conforme destaca Minardi (2000), estes métodos convencionais apresentam limitações significativas por não considerarem a flexibilidade gerencial em adaptar e revisar decisões em resposta a desenvolvimentos inesperados do mercado.

Copeland e Antikarov (2002) definem Opções Reais como o direito, mas não a obrigação, de empreender uma ação (como adiar, expandir, contrair ou abandonar) a um custo predeterminado, por um período preestabelecido. Esta definição estabelece um paralelo direto com as opções financeiras, porém aplicada a ativos reais.

O desenvolvimento da teoria das Opções Reais tem suas raízes no trabalho seminal de Black e Scholes (1973), que revolucionou a precificação de opções financeiras. Myers (1977) foi um dos pioneiros a reconhecer que a teoria de opções poderia ser aplicada a ativos reais, cunhando o termo "Opções Reais" e estabelecendo as bases para uma nova abordagem na avaliação de investimentos.

O modelo Black-Scholes, desenvolvido por Black e Scholes (1973) e posteriormente expandido por Merton (1973), representa um marco fundamental na teoria de precificação de opções. Conforme explica Lemgruber (1992), o modelo estabelece uma relação matemática entre o preço da opção e cinco variáveis principais:

- Preço do ativo subjacente
- Preço de exercício
- Taxa de juros livre de risco
- Tempo até o vencimento

- Volatilidade do ativo subjacente

Com isso, esse modelo deve ser calculado através do método do FCD, enquanto o valor da opção é determinado através das seguintes equações fundamentais:

$$C = S\Phi(d_1) - Ke^{-rT}\Phi(d_2)$$

Onde:

$$d_1 = \frac{\ln(S/K) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S/K) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

Sendo:

- S = valor presente dos fluxos de caixa futuros esperados
- K = capital inicial
- r = taxa livre de risco (custo de oportunidade)
- t = prazo direito do projeto
- φ = função de distribuição normal cumulativa
- σ = volatilidade do projeto

Cox, Ross e Rubinstein (1979) desenvolveram o modelo binomial como uma alternativa mais intuitiva e flexível ao modelo Black-Scholes. Segundo Selva et al. (2020), o modelo binomial apresenta vantagens significativas na avaliação de Opções Reais, principalmente por:

- Permitir a visualização da evolução do valor do ativo ao longo do tempo
- Facilitar a incorporação de múltiplas opções
- Possibilitar a modelagem de decisões gerenciais em diferentes momentos

Cox, Ross e Rubinstein (1979) propõem um processo estruturado em quatro etapas fundamentais para a avaliação de opções reais:

1. Análise padrão do valor presente do projeto através de técnicas tradicionais como o Fluxo de Caixa Descontado.

2. Construção de uma árvore de eventos baseada em um conjunto de incertezas combinadas que influenciam a volatilidade do projeto.
3. Determinação das decisões gerenciais a serem tomadas nos nós da árvore de eventos, transformando-a em uma árvore de decisões. As árvores de eventos modelam o conjunto de valores que o ativo subjacente pode assumir ao longo do tempo, mostrando os retornos das decisões ótimas condicionadas às situações que se apresentam.
4. Avaliação dos retornos das árvores de decisões obtidas.

Na avaliação de projetos de tecnologia, especialmente no desenvolvimento de software, o modelo binomial mostra-se particularmente útil. Trigeorgis (1996) argumenta que projetos de tecnologia frequentemente apresentam múltiplas opções interligadas, como:

- Opção de adiar o investimento
- Opção de expandir a escala
- Opção de abandonar o projeto
- Opção de mudar a tecnologia

A aplicação de Opções Reais em projetos de software e IA tem ganhado destaque significativo. Amram e Kulatilaka (1999) argumentam que o setor de tecnologia é particularmente adequado para a análise por Opções Reais devido a:

- Alta incerteza tecnológica e de mercado
- Flexibilidade na implementação
- Possibilidade de desenvolvimento em fases
- Múltiplas oportunidades de pivotagem

A teoria das Opções Reais representa uma evolução significativa na avaliação de projetos de investimento, especialmente em ambientes de alta incerteza como o desenvolvimento de software e soluções de IA. Através da árvore binomial de Cox, Ross e Rubinstein, é possível capturar o valor da flexibilidade gerencial e das oportunidades estratégicas que os métodos tradicionais de avaliação não conseguem mensurar adequadamente.

Para projetos de tecnologia, como o desenvolvimento de um software de IA para Sales Enablement, a abordagem das Opções Reais se mostra particularmente valiosa ao permitir a quantificação de aspectos cruciais como a possibilidade de expansão, abandono ou adaptação do projeto conforme as condições de mercado se desenvolvem. No entanto, para uma avaliação completa e robusta, é fundamental complementar a análise de Opções Reais com um conjunto abrangente de indicadores financeiros e operacionais, que serão explorados a seguir.

A análise de viabilidade econômico-financeira de projetos de investimento tradicionalmente se baseia em um conjunto de indicadores que permitem avaliar diferentes aspectos do retorno e do risco do investimento. Conforme destacam Kassai et al. (1999), estes indicadores fornecem uma base quantitativa para a tomada de decisão, permitindo comparar diferentes alternativas de investimento de forma objetiva.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é definida por Ross, Westerfield e Jaffe (1995) como a taxa de desconto que iguala o valor presente dos fluxos de caixa futuros ao investimento inicial. Matematicamente, é a taxa que torna o Valor Presente Líquido (VPL) igual a zero, sendo representada pela equação:

$$0 = -FC_0 + \sum \frac{FC_t}{(1+TIR)^t}$$

Onde:

- FC0 = Investimento inicial
- FCt = Fluxo de caixa no período ttt
- t = Período de tempo
- TIR = Taxa Interna de Retorno

Além dessa formula, a TIR conforme Motta e Calôba (2002), para fins de cálculo, pode ser encontrada a partir da seguinte equação também:

$$TIR = \sum_{j=0}^{n} \frac{FC_j}{(1+i)^j} = 0$$

Onde:

- TIR = Taxa Interna de Retorno
- i = Taxa de juros
- FCj = Fluxo de caixa qualquer genérico
- j = Período de tempo
- n = Número total de períodos

Segundo Kliemann Neto (2005), a Taxa Interna de Retorno (TIR) apresenta diversas vantagens, incluindo a consideração do valor do dinheiro no tempo, o uso de fluxos de caixa em vez de lucros contábeis e a facilidade de interpretação e comparação dos resultados. No entanto, Assaf Neto (2012) aponta algumas limitações relevantes, como o pressuposto de reinvestimento dos fluxos intermediários à própria TIR, a possibilidade de múltiplas soluções em fluxos não convencionais e a falta de consideração da escala dos projetos nas comparações. No contexto específico de projetos de tecnologia, Brigham e Ehrhardt (2016) destacam que a análise da TIR deve levar em conta fatores como a alta incerteza dos fluxos futuros, a possibilidade de múltiplas fases de investimento, a necessidade de reinvestimentos não previstos e a dificuldade na previsão da vida útil do projeto, tornando essencial uma abordagem mais flexível na avaliação desses investimentos.

4 METODOLOGIA

Este estudo adota uma abordagem quantitativa e qualitativa para avaliar a viabilidade econômica do desenvolvimento de um software de Inteligência Artificial voltado ao *Sales Enablement*, aplicando a Teoria de Opções Reais (TOR). Para tanto, utiliza-se o modelo de árvore binomial, cuja principal vantagem reside em representar explicitamente as decisões gerenciais ao longo do tempo.

A estrutura binomial implementada segue os seis passos da Real Options Analysis sistematizados por Copeland e Antikarov (2002): (i) identificação da opção, (ii) formulação dos estados de natureza, (iii) definição dos *payoffs*, (iv) precificação probabilística, (v) retro-propagação (*backward induction*) e (vi) interpretação gerencial, garantindo aderência ao "novo paradigma" proposto pelos autores. O *lattice* de Cox-Ross-Rubinstein**,** configurado para quatro semestres, fundamenta-se em Brandão, Dyer e Hahn (2005), que demonstram a conveniência das árvores binomiais para capturar decisões iterativas de investir, adiar ou abandonar em projetos tecnológicos com múltiplos pontos de revisão. Adicionalmente, a opção de adiamento incorpora o ajuste de volatilidade sugerido por Dias (2014) para contextos brasileiros, assegurando que o valuation reflita simultaneamente a incerteza de mercado e a possibilidade de reprogramar o investimento sem perdas irreversíveis. Para a aplicação do projeto, foram elencadas as seguintes etapas

4.1 Estrutura da Metodologia

A metodologia deste estudo segue as seguintes etapas:

4.1.1 Definição do Problema

- Identificação das necessidades dos stakeholders e definição da questão central do projeto.
- Identificação das principais variáveis de incerteza que afetam o valor do projeto

4.1.2 Coleta de Dados e Análises Preliminares

- Levantamento de dados financeiros da empresa, identificando custos, receitas e projeções de fluxo de caixa.
- Realização de reuniões com stakeholders para alinhar planejamento estratégico e mapear recursos necessários para o desenvolvimento do software;

- Estimativa das receitas potenciais baseada em pesquisa de mercado;
- Análise de benchmarking com soluções similares no mercado;
- Definição da taxa livre de risco e volatilidade do projeto.

4.1.3 Modelagem Econômica e Financeira

- Aplicação do Fluxo de Caixa Descontado (FCD)
- Cálculo de indicadores financeiros como o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), fundamentais para avaliação econômica do investimento;
- Análise de sensibilidade das principais variáveis.

4.1.4 Modelagem da Árvore Binomial

- Estruturação da árvore considerando 2 principais decisões:
    - Desenvolvimento: Desenvolvimento do software;
    - Abandono: Descontinuidade do projeto.
- Definição dos parâmetros da árvore
    - Probabilidade de subida (u);
    - Probabilidade de descida (d);
    - Taxa livre de risco (rf);
    - Intervalo de tempo entre nós (Δt).

4.1.5 Valoração das Opções Reais

- Cálculo do valor da flexibilidade gerencial em cada nó da árvore;
- Análise backward das decisões ótimas em cada ponto;
- Determinação do valor expandido do projeto (VPL + Valor das Opções);

4.1.6 Análise de Resultados

- Identificação dos gatilhos ótimos para cada decisão estratégica.

A metodologia proposta fundamenta-se na integração entre métodos quantitativos tradicionais de avaliação financeira e a abordagem mais sofisticada da Teoria de Opções Reais através do modelo binomial. Esta escolha metodológica se mostra particularmente

adequada para o contexto de desenvolvimento de software de IA, onde a flexibilidade gerencial e a incerteza são características intrínsecas ao projeto.

5 APLICAÇÃO

Esta seção delineia, de forma metódica, a aplicação da Teoria de Opções Reais (TOR) ao projeto de desenvolvimento de um software de *Sales Enablement* em uma pequena empresa, demonstrando a viabilidade e as vantagens práticas dessa abordagem em ambientes de elevada incerteza. Inicialmente, contextualiza-se a organização, descrevendo suas principais fontes de receita, estruturas de custo e parâmetros financeiros críticos. Em seguida, detalham-se o processo de coleta de dados, as premissas adotadas e a construção dos modelos, do fluxo de caixa descontado tradicional à árvore binomial que incorpora flexibilidades gerenciais. Por fim, apresentam-se os resultados obtidos, ressaltando o incremento de valor capturado pela TOR e suas implicações na decisão de expandir, adiar ou abandonar o investimento.

5.1 Contexto da Empresa

A empresa analisada iniciou suas operações em 2023, alicerçada exclusivamente em capital próprio. Desde então, posicionou-se como consultoria de inteligência artificial voltada a pequenas e médias organizações, oferecendo serviços especializados e agentes de IA, orientados a elevar receitas, reduzir custos e maximizar a eficiência operacional de seus clientes.

Os progressos recentes da IA generativa, somados à identificação de uma lacuna no mercado nacional de *sales enablement*, motivaram a decisão de ampliar o portfólio por meio do desenvolvimento de um software proprietário. Inspirada em referências internacionais consolidadas, a exemplo da plataforma tl;dv, a iniciativa visa suprir

carências ainda pouco atendidas no Brasil, entregando funcionalidades integradas que respondem às dores centrais dos diretores comerciais: monitoramento inteligente de chamadas, treinamento continuo de vendedores, role-plays guiados e análises de desempenho em tempo real.

Essa expansão tem como meta tornar o novo aplicativo o core business da companhia, fortalecendo sua posição estratégica no médio prazo. Importante frisar que todo o investimento será financiado com recursos internos, preservando a independência financeira da organização e evitando a alavancagem junto a terceiros.

5.2 Dados Financeiros

Os fundamentos financeiros do projeto foram estabelecidos a partir de (i) entrevistas estruturadas com os principais *stakeholders* e (ii) extração dos demonstrativos de resultado do exercício (DRE) da companhia, que serviram de insumo para todos os cálculos. Considerando a velocidade dos avanços tecnológicos em inteligência artificial, adotou-se um horizonte de projeção semestral, limitado a quatro semestres (dois anos), correspondente ao ciclo completo de desenvolvimento e lançamento do software.

Os dois vetores que mais influenciam o valor econômico do projeto são, portanto, (i) o número de clientes **e** (ii) o ticket médio da solução (R$ 1000,00). Esses fatores determinam a trajetória de receitas ao longo dos quatro semestres analisados e, por conseguinte, o “cash-flow” disponível para remunerar o capital investido. Para garantir transparência na alocação dos recursos e facilitar a posterior análise de sensibilidade, os desembolsos foram agrupados em sete módulos operacionais, cada qual com orçamento específico e metas mensuráveis:

1. Ingestão de dados & integrações (captura de fontes internas/externas, APIs de CRM e telefonia);
2. Transcrição (serviços de *speech-to-text* e armazenamento em nuvem);
3. NLP / LLM Analytics (processamento de linguagem natural, embeddings, custos de tokens e inferência);
4. Dashboards & feedback (camada de visualização, métricas de *sales coaching* e alertas);
5. Módulo de role-play**s** (simulações guiadas e avaliação automática de performance);

6. DevOps & segurança (LGPD) (pipelines de CI/CD, criptografia, controle de acesso e auditoria);
7. Garantia da qualidade (QA) & gerência de projeto (PM**)** (testes contínuos, documentação e governança ágil).

Com isso, o custo total do desenvolvimento será de R$ 278 300,00 para o desenvolvimento do software. Para as variáveis macroeconômicas e de mercado, adotaram-se:

- Taxa Selic (proxy de livre de risco doméstico);
- Ibovespa (índice de mercado para cálculo de prêmio de risco);
- Tesouro IPCA+ 2050 (curva real de longo prazo, referência a projetos com horizonte superior a dez anos);
- Base de dados de Damodaran (betas setoriais e *equity risk premia* globais ajustados ao Brasil);

Esse conjunto de premissas sustenta as estimativas de fluxo de caixa, a parametrização do modelo binomial e, consequentemente, a avaliação por Opções Reais, assegurando rigor metodológico e aderência ao contexto financeiro da companhia.

5.3 Projeções Financeiras

Para estabelecer o valor-base da companhia antes de incorporar as flexibilidades da Teoria de Opções Reais, adotou-se **o** método do Fluxo de Caixa Descontado (FCD). Para isso, projetaram-se os dados financeiros para o período de 2025 a 2027, refletindo o ciclo operacional completo, segundo expectativas pactuadas com o corpo diretivo.

Projetou-se a receita líquida, em reais, segmentada nas duas linhas atuais, serviços e produtos, considerando variações de preço e volume; o crescimento agregado resultou em 40,76 % para 2025 e 31,84 % para 2026, média de 36,30 % ao ano, alinhada à expansão anual de cerca de 40 % prevista para o mercado de IA (Bain & Company, 2024)

Os custos fixos e variáveis foram extrapolados a partir do histórico contábil, mantendo a margem líquida observada na DRE, de modo que representem 75,04 % da receita bruta no horizonte projetado. A tributação foi estimada segundo a tabela progressiva do Simples Nacional, com alíquotas efetivas variando entre 17 % e 22,5 % conforme a faixa de faturamento prevista.

Tabela 1 – DRE

DRE Contábil	2023 - 2 I A	2024 - 1 I A	2024 - 2 I A	2025 - 1 I A	2025 - 2 I E	2026 - 1 I E	2026 - 2 I E	2027 - 1 I E
(+) Receita Bruta	349.400	461.500	656.000	1.058.550	1.270.260	1.489.983	1.522.812	1.964.369
Serviços	145.650	133.500	177.000	345.500	414.600	456.060	410.454	465.181
Produtos	203.750	328.000	479.000	713.050	855.660	1.033.923	1.112.358	1.499.188
(-) Impostos	(55.415)	(76.148)	(39.360)	(132.399)	(149.741)	(206.785)	(222.472)	(337.317)
(=) Receita Liquida	293.985	385.353	616.640	926.151	1.120.520	1.283.198	1.300.340	1.627.052
(-) Custos Variáveis	(42.804)	(118.583)	(183.771)	(292.194)	(350.633)	(414.915)	(455.823)	(580.882)
(=) Lucro Bruto	251.181	266.770	432.869	633.957,00	769.887	868.283	844.518	1.046.170
% Margem Bruta	*85,44%*	*69,23%*	*70,20%*	*68,45%*	*68,71%*	*67,67%*	*64,95%*	*64,30%*
(-) Custos Fixos								
Despesas Administrativas	(106.372)	(150.100)	(209.100)	(308.200)	(354.430)	(431.480)	(460.759)	(539.350)
Despesas Comerciais	(10.800)	(23.250)	(37.860)	(46.980)	(54.027)	(65.772)	(70.235)	(92.081)
Despesas Terceirizadas	(6.850)	(20.900)	(20.700)	(24.900)	(28.635)	(34.860)	(37.226)	(45.318)
(=) EBITDA	127.159	72.520	165.209	253.877	332.795	336.171	276.298	369.421
% Margem Ebitda	*43,25%*	*18,82%*	*26,79%*	*27,41%*	*29,70%*	*26,20%*	*21,25%*	*22,70%*
(-) Taxas	0	0	0	0	0	0	0	0
(=) Lucro Líquido	127.159	72.520	165.209	253.877	332.795	336.171	276.298	369.421
% Margem Líquida	*43,25%*	*18,82%*	*26,79%*	*27,41%*	*29,70%*	*26,20%*	*21,25%*	*22,70%*
(=) Fluxo de Caixa	127.159	199.678	364.887	618.764	951.559	1.287.730	1.564.028	1.933.449

Fonte: Autoria Própria

5.4 Custo de Capital Estimado

Como a expansão será integralmente financiada com recursos próprios, o custo relevante é exclusivamente **o** custo do capital próprio. Nessas condições, o WACC se reduziria a uma ponderação de 100 % em equity, tornando-se redundante incluir o componente de dívida. Para assegurar consistência metodológica e alinhamento às melhores práticas de finanças corporativas, estimou-se esse custo acionando o Capital Asset Pricing Model (CAPM)**.**

Dessa forma, na nossa análise o CAPM leva em consideração os seguintes fatores: taxa livre de risco, prêmio de risco (ERP), risco país, prêmio de tamanho e o β Alavancado. Para realizar esse cálculo, a primeira taxa a ser determinada foi a taxa livre de risco que foi fixada em 6,76 % a.a**.**, tomando-se como referência um título público de longo prazo indexado à inflação, o Tesouro IPCA + 2050, por refletir de forma mais fidedigna o retorno real de um ativo livre de default no mercado doméstico. Para o prêmio de risco de mercado, adotou-se o valor de **7,67 %**, conforme a estimativa anual divulgada por Damodaram (2025) para o Brasil, que incorpora tanto o *equity risk premium* global

quanto o *country spread*. O componente específico de risco-país, segregado para evidenciar a parcela atribuível apenas à soberania brasileira, foi considerado em 3,34 %**,** igualmente com base nesse estudo.

Dado o porte reduzido da companhia e a maior incerteza operacional inerente a empresas emergentes, acrescentou-se um **prêmio de tamanho** de **3,0 %**, situado no extremo superior da faixa usual (1 % – 3 %) recomendada pela literatura.

O **β alavancado** foi calculado a partir do β desalavancado setorial, obtido no levantamento de Adamodaran (2025), e ajustado pelo "giro" de capital da estrutura ótima (D/E) do mesmo estudo, aplicando-se ainda a alíquota de imposto de renda corporativo média de mercado (34 %). A fórmula empregada foi:

$$\beta_{\text{alav}} = \beta_{\text{desal}} \times \left[1 + (1 - \text{Tax}) \times \frac{D}{E}\right]$$

resultando em **β = 0,86**. Dessa forma, temos os seguintes resultados compilados:

Tabela 2 – Taxas e Indicadores

Taxa Livre de Risco	6,76%
Prêmio de Risco	7,67%
Risco País	3,34%
Prêmio de Tamanho	3%
β Desalavancado (Chemicals)	1,24
D/E Ratio	4,90%
Tax Rate	34%
β alavancado	0,86

Fonte: Autoria Própria

Portanto, após o levantamento de todos os dados aplicamos a formula do CAPM para que pudessemos determinar essa variável:

$$k_e = R_f + \beta\,(R_m - R_f) + \text{Risco-País} + \text{Prêmio de Tamanho}$$

Em que:

- Rf é a taxa livre de risco (Tesouro IPCA + 2050);
- β representa o risco sistêmico alavancado da empresa;

- Rm−Rf é o prêmio de risco de mercado global;
- Risco-País capta o spread soberano brasileiro (3,34 %);
- Prêmio de Tamanho adiciona o diferencial para companhias de menor porte (3,0 %).

Com base nos parâmetros estimados, obteve-se um custo de capital próprio (CAPM ajustado) de **19,68 % ao ano**. Esse percentual configura o *hurdle rate* mínimo que o projeto deve superar: somente se o retorno esperado do software, medido pelo seu valor presente líquido ou pela taxa interna de retorno, exceder 19,68 % será economicamente justificável direcionar recursos à expansão, preservando a criação de valor para os acionistas.

5.5 Fluxo de Caixa Descontado

Com as premissas definidas, projetou-se o Fluxo de Caixa Livre (FCL) para cada um dos dois anos do horizonte explícito (2026 e 2027) e trouxe-se cada parcela a valor presente pelo custo de capital próprio de 19,68 % a.a. A relação de desconto empregada foi:

$$\mathrm{VP}_t = \frac{FCL_t}{(1+k_e)^t},$$

onde ke representa o CAPM ajustado. A soma dos valores presentes dos dois períodos forneceu o valuation do patrimônio líquido da companhia, resultando em R$ 1.349.756,31 ao término de 2027. Esse montante constitui a linha de base a ser comparada com o valor obtido após a incorporação das flexibilidades da Teoria de Opções Reais.

5.6 VPL e TIR

Para fundamentar a decisão de investimento, procedeu-se ao cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) e da Taxa Interna de Retorno (TIR**)**, avaliando se:

- VPL > 0 – indica criação de valor econômico e consequentemente indica que o projeto é financeiramente viável pois o retorno supera os custos;
- TIR > k_e = 19,68 % a.a. – comprova que o retorno supera o custo de capital próprio.

Partiu-se de um desembolso inicial de R$ 278 300,00, correspondente ao orçamento de desenvolvimento do software. Em seguida, elaborou-se o *business plan* semestral, estimando os fluxos de caixa livres da solução no horizonte de dois anos.

Tabela 3 – FCD

Descrição	2025 – 2 | E	2026 – 1| E	2026 – 2 | E	2027 -1 | E	Total
Clientes Ativos	10	30	50	70	70
MRR (R$)	10.000,00	30.000,00	50.000,00	70.000,00	70.000,00
Faturamento	60.000,00	180.000,00	300.000,00	420.000,00	960.000,00
Custos Variáveis	12.000,00	36.000,00	60.000,00	84.000,00	192.000,00
Custos Fixos	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00	100.000,00
Impostos	10.800,00	32.400,00	54.000,00	75.600,00	172.800,00
Fluxo de Caixa Livre	12.200,00	86.600,00	161.000,00	235.400,00	495.200,00
Fluxo de Caixa Descontado	11.151,94	72.360,09	122.969,59	164.349,71	370.831,33

Fonte: Autoria Própria

Com base nas projeções de fluxo de caixa livre para cada semestre, aplicou-se o critério do **Valor Presente Líquido (VPL)**, definido por:

$$\text{VPL} = \sum_{t=1}^{4} \frac{FCL_t}{(1+k_e)^t} \; - \; I_0$$

onde ke é o custo de capital próprio (CAPM ajustado semestralmente) e I0 o investimento inicial. O resultado obtido foi R$ 92 531,33, valor positivo que indica geração líquida de riqueza após remunerar integralmente o capital investido. Em termos práticos, o projeto confirma sua viabilidade econômica, legitimando a decisão de avançar com o desenvolvimento do software.

A etapa subsequente consistiu no cálculo da Taxa Interna de Retorno, de modo a confrontar o retorno implícito do projeto com o custo de capital próprio previamente estimado. A aplicação da função TIR aos fluxos semestrais projetados resultou em 19,82 % ao semestre, equivalente a 39,64 % ao ano depois da conversão (1+0,1982))^{2}−1. Como essa taxa anual supera de forma expressiva o CAPM ajustado de 19,68 % a.a**.**, conclui-se que o investimento não apenas cobre o custo de oportunidade, mas também se posiciona no patamar de crescimento observado para soluções de Inteligência Artificial no mercado. Dessa forma, o critério da TIR reforça o VPL positivo e corrobora a

viabilidade econômica do desenvolvimento do software.

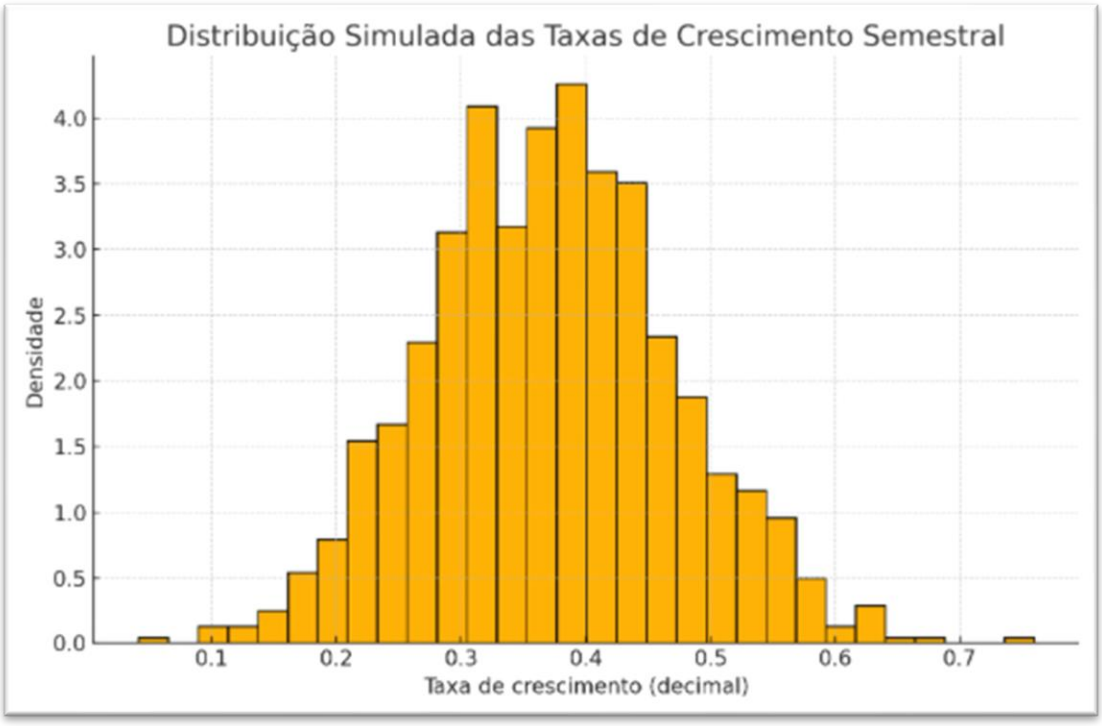
Confirmada a viabilidade econômica, aplicou-se o modelo de árvore binomial de Opções Reais para determinar, sob distintos cenários de incerteza, o momento ótimo de exercer o investimento no desenvolvimento da aplicação.

5.7 Opções Reais

A Teoria das Opções Reais acrescenta flexibilidade ao processo decisório ao quantificar o valor de alternativas que podem ser adiadas, ajustadas ou revertidas, característica essencial em projetos de desenvolvimento de software, onde a incerteza técnica e de mercado é elevada. Para capturar esse dinamismo, adotou-se o modelo binomial, que permite acompanhar a trajetória do valor do ativo ao longo do tempo, incorporar múltiplas opções embutidas e representar decisões gerenciais em diferentes nós da árvore (SELVA et al., 2020). Por contemplar explicitamente a temporização das escolhas, o modelo binomial evidencia-se como a abordagem mais adequada para avaliar o momento ótimo de investir ou mesmo abandonar o projeto.

No primeiro estágio da modelagem por Opções Reais, estimou-se a **volatilidade** do ativo subjacente, neste caso, a receita da empresa, principal determinante de seu valuation. A partir do histórico financeiro de variações mensais de faturamento, ajustou-se uma distribuição normal, extraindo-se média, mínimo e máximo das taxas de crescimento observadas. Com esses parâmetros gerou-se uma simulação Monte Carlo de 1 000 cenários, cuja distribuição resultante encontra-se na figura abaixo:

Figura 1 – Distribuição Normal



Fonte: Autoria Própria

Para cada amostra calculou-se o desvio-padrão semestral, obtendo-**se** σ_{6}m = 10,8 **%**. Assumindo independência entre semestres, anualizou-se a medida via $\sigma_{1a} = \sigma_{6m}\sqrt{2}$, chegando-se a uma **volatilidade anual de 14,26 %**. Esses valores serão empregados como insumo na construção da árvore binomial que modelará as flexibilidades gerenciais do projeto.

Com os parâmetros de volatilidade definidos, verificou-se a projeção financeira da expansão tomando como referência métricas operacionais de concorrentes diretos. O exercício resultou em um payoff agregado de R$ 960 000,0**0** em receitas ao longo dos quatro semestres analisados, valor que servirá de base para precificar as opções reais na árvore binomial.

Definiu-se um horizonte decisório de quatro semestres, com passos de Δt = 1 semestre entre os nós da árvore. A partir disso, foram calculadas o fator de subida (u), o fator de descida (d) e a probabilidade neutral ao risco (p), seguindo as formulas abaixo:

$$u = e^{\wedge}(\sigma * \sqrt{\Delta t})$$

$$d = e^{\wedge}(-\sigma * \sqrt{\Delta t})$$

$$p = \frac{(e^{r * \Delta t} - d)}{(u - d)}$$

Com todas as premissas já consolidadas, obtiveram-se os parâmetros abaixo, que servirão de insumo para a construção da árvore binomial:

Tabela 4 – Paramêtros da Árvore Binomial

Análise do Ativo	Valores	
Valor da Empresa	R$ 1.349.756,31	
Volatilidade	10,8% a.s.	14,26% a.s
CAPM	9,398% a.s	19,68% a.a
Prazo para a decisão (t)	4	
Passo de Tempo (n)	1	
Fator de subida (u)	1,1061	
Fator de descida (d)	0,904	
Probabilidade neutral ao risco (p)	0,963	

Fonte: Autoria Própria

Com os parâmetros já definidos, constrói-se a árvore binomial em que cada nó representa o valor potencial da empresa em um semestre específico, calculado segundo:

$$V_{t,j} = V_0 \, u^j \, d^{t-j}$$

onde V0 é o valor inicial da empresa, Vt,j o valor no semestre t após j movimentos de alta, com t=0,1,2,3,4 representando cada um dos quatro semestres projetados. Essa estrutura, construída passo a passo, mapeia exaustivamente todos os cenários de valorização e desvalorização possíveis ao longo do horizonte analisado.

Essa estrutura, construída passo a passo, mapeia exaustivamente todos os cenários de valorização e desvalorização possíveis ao longo do horizonte analisado e chegando nesse resultado:

Figura 2 – Arvore Binomial

Semestre 0	*Semestre 1*	*Semestre 2*	*Semestre 3*	*Semestre 4*
R$ 1.349.756,31	R$ 1.492.905,26	R$ 1.651.235,94	R$ 1.826.358,44	R$ 2.020.053,63
	R$ 1.220.333,35	R$ 1.349.756,31	R$ 1.492.905,26	R$ 1.651.235,94
		R$ 1.103.320,27	R$ 1.220.333,35	R$ 1.349.756,31
			R$ 997.527,13	R$ 1.103.320,27
				R$ 901.878,08

Fonte: Autoria Própria

Com a árvore binomial construída, procedeu-se ao cálculo dos cenários de expansão da empresa mediante o desenvolvimento do software, com o objetivo de determinar o momento ótimo para exercer ou abandonar a opção. A análise considerou, em cada nó, o valor de prosseguir com o investimento versus o valor de mantê-lo em espera ou descartá-lo, capturando a flexibilidade gerencial inerente ao projeto. Para tanto, estabeleceram-se as premissas abaixo, que embasam todos os cálculos realizados.:

Tabela 5 – Paramêtros da Árvore Binomial da OR

Análise do Ativo	Valores	
Custo de Exercício da Opção	R$ 278.300,00	
Volatilidade	10,8% a.s.	14,26% a.s
CAPM	9,398% a.s	19,68% a.a
Prazo para a decisão (t)	4	
Passo de Tempo (n)	1	
Fator de subida (u)	1,1061	
Fator de descida (d)	0,904	
Probabilidade neutral ao risco (p)	0,963	
Payoff	R$ 960.000,00	

Fonte: Autoria Própria

Na avaliação da opção real adotou-se a premissa de exercício americano, isto é, a possibilidade de implementação do projeto em qualquer semestre do horizonte analisado.

Os cálculos foram conduzidos pelo método de retropropagação (backward induction**)**: inicia-se nos nós terminais da árvore e recua-se, passo a passo, até o nó inicial. Em cada nó t,j, determina-se o valor da opção como o máximo entre:

1. Exercício imediato – valor presente líquido de desenvolver o software naquele instante;
2. Valor de continuação – expectativa neutra ao risco dos valores nos nós subsequentes, descontada à taxa semestral de 9,398 %.

Esse procedimento garante que, em cada ponto de decisão, prevaleça a alternativa que maximiza o retorno para os acionistas, revelando o momento ótimo de expansão ou, caso não atinjam os limiares econômicos, a conveniência de postergar ou abandonar o projeto. A fórmula utilizada para o método de retropropagação foi:

$$f = max[(St \cdot (1 + \Delta V) - K),\ e - r \cdot \Delta t \cdot (p \cdot fu + (1 - p) \cdot fd)$$

Sendo cada termo representado por:

- f: valor da opção no nó corrente.
- S**t**: valor do ativo subjacente no nó corrente.
- ΔV: aumento percentual esperado no valor da empresa quando a opção é exercida.
- K: custo de exercício.
- fu, fd: valores da opção nos estados de alta e de baixa, respectivamente.
- p: probabilidade neutra ao risco.
- r: taxa livre de risco.
- Δt: duração de cada período.

Com a fórmula devidamente estabelecida e todos os parâmetros consolidados, obteve-se a árvore binomial final para a avaliação da opção real, apresentada conforme ilustrado a seguir:

Figura 3 – Arvore Binomial da OR

Semestre 0	*Semestre 1*	*Semestre 2*	*Semestre 3*	*Semestre 4*
R$ 2.031.456,31	R$ 2.174.605,26	R$ 2.332.935,94	R$ 2.508.058,44	R$ 2.701.753,63
	R$ 1.902.033,35	R$ 2.031.456,31	R$ 2.174.605,26	R$ 2.332.935,94
		R$ 1.785.020,27	R$ 1.902.033,35	R$ 2.031.456,31
			R$ 1.679.227,13	R$ 1.785.020,27
				R$ 1.583.578,08

Fonte: Autoria Própria

A análise retro-propagada da árvore binomial indica que, em todos os nós, tanto nos ramos de alta quanto nos de baixa, o valor de exercer o desenvolvimento do software supera o valor de abandono. Em outras palavras, a flexibilidade gerencial incorporada revela que o investimento é sempre preferível à inércia, independentemente do cenário de mercado representado pela árvore. Aplicando a regra Valor da Opão = Valor da Firma com a Opção− Valor da Firma sem a Opção, obteve-se uma contribuição adicional constante de R$ 681 700,00 em cada nó. Esse montante evidencia que a expansão via software de *Sales Enablement* agrega valor econômico significativo ao negócio, reforçando a recomendação de prosseguir com o projeto.

Para complementar a avaliação, conduziu-se uma análise de sensibilidade bidimensional**,** variando simultaneamente (i) o *payoff* projetado da aplicação e (ii) o custo de exercício da opção. Para cada combinação desses parâmetros recalculou-se o valor da opção real, gerando a matriz ilustrada na figura a seguir:

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho demonstrou, de forma sistemática, que o desenvolvimento de um software de IA para *Sales Enablement* não só é economicamente viável para uma

pequena empresa como também cria valor adicional quando a flexibilidade gerencial é levada em conta.

Inicialmente, foi construído um cenário-base a partir do Fluxo de Caixa Descontado (FCD). A projeção semestral contemplou receitas de até R$ 960 000,00 em dois anos, sustentadas por um ticket médio de R$ 1.000 e crescimento alinhado ao dinamismo do mercado de IA. Descontando-se esses fluxos pelo custo de capital próprio de 19,68 % ao ano, obtido via CAPM ajustado a prêmio de risco, prêmio de tamanho e risco país, chegou-se a um valor patrimonial de R$ 1.349.756,31 ao final de 2027.

O teste clássico de viabilidade confirmou a atratividade do projeto: o Valor Presente Líquido atingiu R$ 92.531,33 e a TIR anualizada alcançou 39,64 %, superando o *hurdle rate* de 19,68 %. Esses indicadores, por si só, já justificariam o investimento diante de um desembolso inicial de R$ 278.300,00 .

Reconhecendo, porém, que projetos de software operam em ambiente volátil, estimou-se a incerteza a partir do histórico de receitas. A volatilidade resultante foi de 10,8 % ao semestre (14,26 % ao ano), parâmetro essencial para a construção de uma árvore binomial de quatro semestres. Com base nesses insumos, apuraram-se os fatores de subida e descida (u = 1,1061; d = 0,9040) e a probabilidade neutra ao risco (p = 0,963)

A retro-propagação mostrou que, em todos os nós, o valor de exercer o projeto supera o valor de abandono. A diferença “empresa com opção” menos “empresa sem opção” adiciona R$ 681.700,00 ao valor da firma, elevando o *valuation* expandido para cerca de R$ 2,0 milhões. Na prática, a flexibilidade de iniciar, adiar ou desistir converte a incerteza em oportunidade, protegendo o downside e preservando o upside.

Além de confirmar a viabilidade deste projeto, o estudo mostra que a Teoria das Opções Reais (TOR) é particularmente valiosa para pequenas empresas, pois transforma incerteza em uma estrutura decisória quantificável. Diferentemente dos métodos estáticos, a TOR permite entrar, pausar, ajustar ou abandonar conforme novas informações surgem, flexibilidade crucial quando recursos são limitados e o ambiente competitivo evolui rapidamente. Ao precificar cada alternativa, os gestores dispõem de um mapa de contingências que evita alocações precipitadas de capital, otimiza o *timing* dos desembolsos e reduz o risco de comprometer caixa em projetos passíveis de

reavaliação. No caso em análise, essa abordagem quantificou um ganho extra de R$ 681 700,00**,** reforçando a decisão de avançar com o software.

O estudo concentrou-se na opção "expandir/abandonar". Extensões naturais incluem modelar opções de escala, pivotar para mercados externos, estabelecer parcerias *SaaS*, incorporar simulações de Monte Carlo para volatilidade estocástica e validar as premissas de churn e *customer acquisition cost* à medida que o produto evolui.

Em síntese, ao integrar FCD, VPL e TIR com a Teoria das Opções Reais, comprovou-se que a expansão via software de IA para *Sales Enablement* maximiza o valor para os acionistas mesmo em contexto de elevada incerteza. A abordagem adotada converte risco em vantagem competitiva, fornecendo aos gestores um roteiro de decisões que equilibra retorno imediato, proteção contra perdas e oportunidades de crescimento escalável. Recomenda-se, portanto, o prosseguimento do projeto, com monitoramento contínuo dos *drivers* críticos e revisão periódica das opções estratégicas.

REFERÊNCIAS

AMRAM, Martha; KULATILAKA, Nalin**.** *Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World*. Boston: Harvard Business School Press, 1999.

ASSAF NETO, A. Finanças Corporativas e Valor. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2012**.**

AZEVEDO**,** F**.** Gestão Financeira Estratégica. São Paulo: Saraiva, 2018**.**

BAIN & COMPANY. *Technology Report 2024*. Disponível em: https://www.bain.com/insights/topics/technology-report. Acesso em: 9 jun. 2025.

BLACK, F.; SCHOLES, M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, v. 81, n. 3, p. 637-654, 1973.

BRANDÃO, L. E.; DYER, J. S.; HAHN, W. J. Using Binomial Decision Trees to Solve Real-Option Valuation Problems. *Decision Analysis*, v. 2, n. 2, p. 69-88, 2005**.**

BRIGHAM, E. F.; EHRHARDT, M. C. Financial Management: Theory & Practice. 15. ed. Boston: Cengage Learning, 2016.

CB INSIGHTS. *The Top 12 Reasons Startups Fail*. 3 ago. 2021. Disponível em: https://www.cbinsights.com/research/startup-failure-reasons-top/. Acesso em: 1 jun. 2025..

COPELAND, Tom; ANTIKAROV, Vladimir. *Opções Reais: um guia para a tomada de decisões de investimento estratégico em um mundo de incertezas*. Tradução de Fernando Vargas. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

COX, J. C.; ROSS, S. A.; RUBINSTEIN, M. Option Pricing: A Simplified Approach. *Journal of Financial Economics*, v. 7, n. 3, p. 229-263, 1979.

CUNHA, A. B. Avaliação Econômica de Projetos: Uma Abordagem Através do Fluxo de Caixa Descontado. São Paulo: Atlas, 2011.

DAMODARAN, A. *Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset.* 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 2012.

DAMODARAN, Aswath. *Country Default Spreads and Risk Premiums by Country*. New York University – Stern School of Business, **jan. 2025**. Disponível em: https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html. Acesso em: 1 jul. 2025.

DAMODARAN, Aswath. *Levered and Unlevered Betas by Sector (US)*. New York University – Stern School of Business, **jan. 2025**. Disponível em: https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html. Acesso em: 30 jun. 2025.

DIAS, Marco A. G. *Análise de Investimentos com Opções Reais*. Rio de Janeiro: Interciência, **2014**..

ENDLER, L. Avaliação de empresas pelo método de fluxo de caixa descontado e os desvios causados pela utilização de taxas de desconto inadequadas. *ConTexto: Contabilidade em Texto*, Porto Alegre, v. 4, n. 6, 1º sem., 2004

GITMAN, L. J**.** Princípios de Administração Financeira. 12. ed. Pearson, 2013.

G2. *Sales Enablement Statistics: 46 Stats You Need to Know in 2024*. Disponível em: https://learn.g2.com/sales-enablement-statistics. Acesso em: 20 abr. 2025.

KASSAI, J. R. et al. Análise de Investimentos. São Paulo: Atlas, 1999

KLIEMANN NETO, Francisco J. *Análise de Investimentos*. Porto Alegre: UFRGS, **2005**.

LECUN, Yann. A Path Towards Autonomous Machine Intelligence. arXiv preprint arXiv:2201.12412, 2022.

LEMGRUBER, E. F. *Avaliação de Contratos de Opções*. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, 1992

MCKINSEY & COMPANY. The state of AI in 2023: Generative AI's breakout year.

MCKINSEY & COMPANY. *The State of AI in 2023: Generative AI's Breakout Year*. New York: McKinsey Global Institute, **2023**.

MERTON, Robert C. Theory of rational option pricing. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, v. 4, n. 1, p. 141-183, **1973**..

MINARDI, Fernando. *Opções Reais em Projetos de Investimento*. 2000. Tese (Doutorado em Administração) – Universidade de São Paulo, São Paulo, **2000**.

MIZIARA, R. Finanças Aplicadas e Mercado de Capitais. Rio de Janeiro: FGV, 2023.

MOTTA, Ronaldo R.; CALÔBA, Guilherme M. *Análise de Investimentos: tomada de decisão em projetos industriais*. 2. ed. São Paulo: Atlas, **2002**.

MYERS, Stewart C. Determinants of corporate borrowing. *Journal of Financial Economics*, v. 5, n. 2, p. 147-175, **197**

NARDELLI, A. M.; MACEDO, M. A. Métodos de Análise de Investimentos: Aplicações Práticas. Rio de Janeiro: FGV, 2011.

ROSS, Stephen A. *Fundamentals of Corporate Finance*. 5th ed. New York: McGraw-Hill, **2000**.

ROSS, Stephen A.; WESTERFIELD, Randolph W.; JAFFE, Jeffrey F. *Administração Financeira: Corporate Finance*. São Paulo: Atlas, **1995**.

SELVA, K. R. et al. Real Options Analysis for Valuation of Technology Investments. *International Journal of Engineering Research & Technology*, v. 9, n. 5, p. 102114-102120, 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

SOUSA, J. P. de A. Avaliação de empresas pelo método do fluxo de caixa descontado para a firma: Grupo Ultrapar Participações S.A. 2015. 71 p. Monografia (MBA em Finanças Empresariais) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015

TALK INC. *Como a Inteligência Artificial está impactando o cotidiano de brasileiros e brasileiras*. 2024.

TRIGEORGIS, Lenos. *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. Cambridge: MIT Press, **1996**.

TRIGEORGIS, Lenos; REUER, Jeffrey J. Real options theory in strategic management. *Strategic Management Journal*, v. 38, n. 1, p. 42-63, **2017**