**REGINALDO SHGUEO FUJINO DE OLIVEIRA**

**ESTUDO DO ALGORITMO MONTE CARLO E BIBLIOTECAS PYTHON PARA PROPOSIÇÃO DE SISTEMA DE PREVISÃO DE VALORES EM MERCADO DE AÇÕES**

**MACAÉ/RJ**

**2024**

**REGINALDO SHGUEO FUJINO DE OLIVEIRA**

**ESTUDO DO ALGORITMO MONTE CARLO E BIBLIOTECAS PYTHON PARA PROPOSIÇÃO DE SISTEMA DE PREVISÃO DE VALORES EM MERCADO DE AÇÕES**

Introdução da monografia apresentada a disciplina Trabalho de Conclusão de Curso I do curso de graduação em Sistemas de Informação, da Faculdade Professor Miguel Ângelo da Silva Santos (FeMASS), para aprovação na disciplina.

Orientador Prof. Dr. Irineu

**MACAÉ/RJ**

**2024**

**LISTA DE TABELAS**

[Tabela 1 – Mês de maio **Error! Bookmark not defined.**](#_Toc6219973)

[Tabela 2 - Contratos **Error! Bookmark not defined.**](#_Toc6219974)

**LISTA DE FIGURAS**

[Figura 1 – Quantidade de investidores brasileiros com contas ativas na B3 **Error! Bookmark not defined.**](#_Toc163065553)

[Figura 2 – Antiga Macaé (Exemplo de uso de figura). **Error! Bookmark not defined.**](#_Toc163065554)

SUMÁRIO

[1 INTRODUÇÃO 5](#_Toc1966198321)

[2 OBJETIVOS 7](#_Toc1804490927)

[3. JUSTIFICATIVA 8](#_Toc1322382798)

[4. METODOLOGIA DE PESQUISA 12](#_Toc1276686440)

[5. REFERENCIAL TEORICO 17](#_Toc126247228)

[6. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO 20](#_Toc146902797)

[7. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO 21](#_Toc836954148)

[8. REFERÊNCIAS 23](#_Toc1191174611)

# 1 INTRODUÇÃO

Os fundos de investimento tiveram sua introdução no Brasil por volta dos anos 50, ganhando relevância significativa nas últimas décadas, especialmente após a implementação do Plano Real em 1994. Este plano foi uma resposta determinante para estabilizar a economia brasileira, que enfrentava uma severa hiperinflação nas décadas de 70 e 80. Consistindo em três fases distintas - esforço de ajuste fiscal, criação da Unidade Real de Valor (URV) como moeda escritural e finalmente a introdução do real como novo padrão monetário - o Plano Real marcou uma virada crucial na história econômica do país. De acordo com dados disponibilizados pelo Banco Central do Brasil, um mês antes da transição para o novo padrão monetário, a inflação acumulada em 12 meses atingiu assustadores 4.922%. Ao final do ano de 1994, esse número ainda estava em 916%, diminuindo para 22% um ano após a aplicação do Plano Real (BCB, 2024).

O Método de Monte Carlo, também conhecido como simulação de Monte Carlo, é uma técnica desenvolvida por John Von Neumann e Stanislaw Ulam durante a Segunda Guerra Mundial. Sua aplicação estende-se a uma ampla gama de domínios, sendo comumente empregado para avaliar o impacto do risco em situações incertas, incluindo seu uso proeminente no contexto da bolsa de valores, inteligência artificial, vendas, etc. (IBM, 2021).

A Simulação de Monte Carlo é uma técnica de previsão que difere dos modelos de previsão convencionais ao gerar um conjunto de resultados com base em valores estimados e incertos, utilizando distribuições de probabilidade como uniforme ou normal. Essa abordagem recalcula os resultados repetidamente, usando conjuntos diferentes de números aleatórios, permitindo a produção de uma grande variedade de resultados prováveis. Sua precisão aumenta com o acúmulo de informações, possibilitando previsões de longo prazo mais precisas e confiáveis. Ao término da simulação, são gerados diversos resultados possíveis, cada um com sua probabilidade de ocorrência associada (Platon, Constantinescu, 2014).

O método de Monte Carlo consiste em 5 passos interativos, sendo eles a criação de um modelo paramétrico, a geração de um conjunto de dados aleatórios, a realização de cálculos e memorização de resultados e a análise dos resultados a partir dos indicadores estatísticos resultantes do método (Platon, Constantinescu, 2014).

Diferente de outros métodos de previsão comuns, a Simulação de Monte Carlo prevê um conjunto de resultados possíveis baseado em um conjunto de dados de valores pré-estabelecidos. Ou seja, o método de Monte Carlo cria um conjunto de resultados possíveis a partir de uma distribuição de probabilidade normal ou uniforme para qualquer valor variável que possua uma característica de incerteza inerente (IBM, 2024).

Desta forma, a Simulação de Monte Carlo recalcula os resultados centenas, ou milhares de vezes, cada vez com um conjunto diferente de valores aleatórios entre o mínimo e o máximo fornecido (AWS, 2024).

O algoritmo de Monte Carlo será tratado em um contexto de análise e simulação de tendências aplicadas ao mercado de ações brasileiro, em um estudo de caso a ser estabelecido, formando um conjunto de dados a partir de dados públicos, atualmente mantido pela B3, necessário aos testes do sistema a ser proposto em linguagem Python e bibliotecas pertinentes.

# 2 OBJETIVOS

É objetivo geral do presente trabalho:

Desenvolver um sistema para previsão e análise de tendências de ações (empresas cadastradas na B3, bolsa de valores oficial do Brasil, índice Ibovespa) utilizando o algoritmo Monte Carlo e a linguagem de programação Python, bem como bibliotecas pertinentes de interesse.

**2.1 Objetivos específicos:**

* Propor um estudo de caso a partir de dados históricos e públicos de ações;
* Estabelecer o modelo matemático para cálculo e projeção das simulações;
* Desenvolver um sistema computacional em linguagem Python para simulações e testes;
* Analisar os resultados das simulações de previsão de preços das ações;
* Avaliar a performance geral do sistema e das simulações a fim de prever valores futuros de ações determinadas a curto, longo e médio prazo.

# 3. JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos, tem-se observado um aumento significativo na quantidade de investidores ativos, conforme dados obtidos do site oficial da Brasil, Bolsa, Balcão (B3), uma das principais empresas de infraestrutura de mercado financeiro do mundo (B3, 2023). Este cenário reflete uma crescente participação de indivíduos no mercado de investimentos, impulsionada por uma série de fatores, incluindo a disseminação de informações sobre educação financeira e o acesso facilitado a plataformas de investimento (Aziz et al., 2021). O aumento do interesse em investimentos por parte da população brasileira também está atrelado à queda das taxas de juros ao longo dos últimos anos, o que tornou investimentos de renda fixa menos atrativos, ao mesmo tempo em que a bolsa de valores passou a oferecer alternativas com potencial de maior retorno, atraindo tanto investidores experientes quanto novos participantes no mercado (Silva e Oliveira, 2020).

Além disso, a popularização de plataformas de investimento digital, como corretoras e bancos digitais, facilitou o acesso a produtos financeiros que antes eram considerados inacessíveis ao pequeno investidor. Aplicativos intuitivos, baixas taxas de corretagem e a isenção de tarifas em algumas operações trouxeram uma nova dinâmica ao cenário de investimentos (Barros e Mendes, 2022). A entrada de novos investidores, aliada a campanhas massivas de educação financeira promovidas por influenciadores digitais, bancos e instituições financeiras, resultou em um cenário onde mais pessoas passaram a conhecer e considerar a diversificação de seus portfólios com ações, fundos de investimento e outros produtos financeiros de maior risco e retorno.

Entretanto, junto com essa expansão, surge a necessidade premente de desenvolver e instaurar novos sistemas e métodos para controlar os riscos associados aos investimentos na bolsa de valores. O crescimento exponencial no número de investidores inexperientes pode trazer à tona uma maior vulnerabilidade, à medida que muitos desses investidores, motivados pela busca de rendimentos rápidos, acabam por negligenciar os princípios fundamentais de controle de risco e gestão de portfólio (Fernandes, 2019). Esse comportamento pode resultar em perdas substanciais, especialmente em mercados voláteis como o de ações.

A justificativa deste trabalho se baseia na importância prática do tema, uma vez que trata diretamente com ativos financeiros, podendo causar ganhos e gerar rendas se bem aplicado. Portanto, torna-se fundamental o desenvolvimento de metodologias robustas que permitam a análise precisa de riscos e oportunidades em cenários de alta volatilidade. O presente trabalho também se baseia na necessidade de prover métodos sofisticados e seguros para gerar grandes retornos (Aziz et al., 2021), de forma a tornar mais acessível e viável a aplicação em ações na bolsa de valores. Com a democratização do acesso ao mercado financeiro, surge também a responsabilidade de fornecer ferramentas que permitam aos investidores, sejam eles iniciantes ou experientes, tomar decisões informadas e fundamentadas em técnicas avançadas de análise de risco.

Nos dias atuais, um dos principais métodos que se destacam na avaliação de riscos e na projeção de cenários em ambientes incertos é o método de Monte Carlo. De acordo com Platon e Constantinescu (2014), o método de Monte Carlo pode ser amplamente aplicado neste tema, uma vez que, a partir da utilização desse método, são geradas todas as possibilidades de saídas de um evento ao analisar um modelo várias vezes, de forma a tornar possível a previsão e análise de situações incertas, assim como é na bolsa de valores.

O método de Monte Carlo tem sido amplamente utilizado em diferentes áreas, incluindo engenharia, física e economia, devido à sua capacidade de lidar com problemas de alta incerteza (Glasserman, 2004). No contexto do mercado financeiro, onde as variações de preços e os retornos dos ativos estão sujeitos a flutuações constantes e imprevisíveis, essa técnica oferece uma abordagem robusta para analisar uma vasta gama de possíveis cenários futuros.

Em particular, no âmbito dos investimentos em ações, o método de Monte Carlo pode ajudar a prever o comportamento dos preços dos ativos ao longo do tempo, a partir de simulações que consideram diferentes variáveis, como a volatilidade histórica, o retorno médio esperado e os eventos externos que podem impactar o mercado (Harrison e Tuckwell, 2016). Ao rodar milhares de simulações, o método permite que o investidor visualize não apenas os cenários mais prováveis, mas também os menos prováveis, porém possíveis, facilitando a construção de uma estratégia de investimento mais resiliente.

Ao aplicar o método de Monte Carlo, é possível calcular a correlação entre diferentes ativos e, com isso, avaliar o impacto de variações simultâneas nos preços de ativos. Isso pode auxiliar o investidor a tomar decisões mais bem informadas sobre como alocar seus recursos em um portfólio que maximize o retorno potencial, ao mesmo tempo em que minimiza os riscos (Miller, 2017).

Por exemplo, uma aplicação prática do método de Monte Carlo pode envolver a simulação do comportamento de uma carteira de ações ao longo de um ano, considerando diferentes cenários de mercado, como aumentos nas taxas de juros, flutuações cambiais, crises econômicas e até mesmo a recuperação de setores específicos. Cada uma dessas variáveis pode ser ajustada dentro da simulação para criar uma série de cenários hipotéticos, nos quais o desempenho da carteira é analisado. Dessa forma, o investidor pode visualizar como sua carteira se comportaria em situações adversas e tomar medidas preventivas para mitigar os riscos, como a venda de determinados ativos ou a compra de opções de proteção (hedge).

Outro aspecto importante a ser considerado é a possibilidade de precificação de opções e outros derivativos utilizando o método de Monte Carlo. Esses instrumentos financeiros, que possuem características mais complexas em comparação com ações, podem ter seus preços influenciados por múltiplas variáveis, incluindo o tempo até o vencimento, a volatilidade do ativo subjacente e as taxas de juros. Ao realizar simulações de Monte Carlo, é possível estimar o valor justo desses derivativos, levando em consideração uma série de cenários futuros e, assim, oferecer uma melhor avaliação para o investidor (Boyle, Broadie e Glasserman, 1997).

De fato, a flexibilidade do método de Monte Carlo permite que ele seja aplicado em diferentes tipos de análises no mercado financeiro, tornando-o uma ferramenta poderosa tanto para investidores individuais quanto para gestores de grandes fundos de investimento. Sua capacidade de lidar com a incerteza e a complexidade do mercado financeiro o torna uma das metodologias mais indicadas para prever cenários e avaliar o risco de diferentes tipos de ativos.

Em suma, o crescente número de investidores ativos no mercado financeiro, impulsionado pelo aumento do acesso às plataformas de investimento e à educação financeira, também traz consigo a necessidade de uma gestão de risco mais eficiente e o uso de métodos avançados para análise de investimentos. O método de Monte Carlo, com sua capacidade de simular uma vasta gama de cenários e prever o comportamento de ativos em mercados voláteis, se apresenta como uma solução eficaz para lidar com essa demanda, permitindo aos investidores tomar decisões mais seguras e embasadas, maximizando seus retornos enquanto minimizam os riscos. Ao longo deste trabalho, será explorada mais detalhadamente a aplicação prática desse método no mercado de ações, com exemplos de simulações e análises que demonstram seu valor e relevância no contexto atual de crescente participação de investidores no mercado financeiro.

# 4. METODOLOGIA DE PESQUISA

A respeito da metodologia abordada neste trabalho, devemos levar em consideração a abordagem, a natureza, os objetivos, procedimentos e o nível de aprofundamento.

Sobre a abordagem, o presente trabalho se trata de uma pesquisa quantitativa, ou seja, ao contrário da pesquisa qualitativa que tem por objetivo uma investigação científica que se utiliza de entrevistas, observações etc., este trabalho se utiliza de métodos estatísticos e dados numéricos para avaliar uma possível solução implementada.

Como ressalta Gatti (2004, p. 13), “em si, tabelas, indicadores, testes de significância etc. nada dizem”. Ou seja, os dados numéricos, por mais robustos que sejam, exigem interpretação e contextualização. O significado dos resultados é fornecido pelo pesquisador, baseado em seu referencial teórico e em sua capacidade de análise crítica. Isso evidencia que os dados não falam por si só; sua interpretação pode variar de acordo com a perspectiva adotada, como discutido por Pereira e Ortigão (2016). Dessa forma, a pesquisa quantitativa requer um olhar cuidadoso e teórico para garantir que os resultados sejam compreendidos de maneira adequada e fundamentada.

Quanto à natureza e aos objetivos, este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada. Segundo Severino (2007), a pesquisa aplicada tem como principal objetivo gerar conhecimento com vistas à resolução de problemas específicos, buscando uma aplicação prática dos resultados. Nesse sentido, o presente estudo visa o desenvolvimento de um protótipo funcional de software que realiza previsões de valores de ações na bolsa de valores. O enfoque na pesquisa aplicada justifica-se pela necessidade de transformar o conhecimento teórico em uma solução concreta, neste caso, um sistema capaz de fazer previsões financeiras.

A pesquisa também é exploratória, conforme define Gil (2008), que a descreve como um tipo de investigação que tem o objetivo de proporcionar maior familiaridade com o problema, visando torná-lo mais explícito ou construir hipóteses. No contexto deste trabalho, a pesquisa exploratória será empregada para investigar e aplicar diferentes métodos estatísticos, com ênfase no algoritmo de Monte Carlo, a fim de prever os valores futuros das ações com base em dados históricos. Essa abordagem exploratória é fundamental, pois o campo de previsão de ações envolve um nível significativo de incerteza, exigindo experimentação e validação de modelos estatísticos que possam fornecer insights confiáveis.

Portanto, ao combinar a pesquisa aplicada com a exploratória, o trabalho busca não apenas desenvolver uma solução prática, mas também explorar as variáveis e metodologias envolvidas no processo de previsão financeira, abrindo espaço para futuras otimizações e validações dos métodos empregados.

No que diz respeito aos métodos empregados, esta pesquisa se enquadra como uma pesquisa experimental. Segundo Cervo, Bervian e Silva (2007), a pesquisa experimental consiste em manipular diretamente as variáveis em um ambiente controlado, com a finalidade de analisar os impactos dessa manipulação em um determinado fenômeno. Este tipo de estudo possibilita a definição de relações causa-efeito com maior exatidão, sendo particularmente benéfico para testar hipóteses e validar modelos.

Conforme Vieira (2009), a pesquisa experimental emprega métodos estatísticos rigorosos para assegurar a confiabilidade dos resultados, pois o controle das variáveis previne possíveis interferências externas. O ambiente regulado possibilita a separação das variáveis independentes, resultando em resultados mais precisos e diretos.

No contexto deste trabalho, a pesquisa experimental será utilizada para validar a eficácia dos métodos estatísticos implementados, com destaque para o algoritmo de Monte Carlo, na previsão de valores de ações com base em dados históricos. A manipulação das variáveis, como os parâmetros do algoritmo e os diferentes conjuntos de dados históricos, permitirá testar a robustez e a precisão das previsões geradas pelo software desenvolvido. Dessa forma, o método experimental é crucial para verificar se o modelo proposto realmente consegue gerar previsões consistentes e precisas no contexto de um mercado financeiro dinâmico e incerto.

Em termos de profundidade, este estudo se enquadra como uma pesquisa analítica. Conforme Marconi e Lakatos (2010), o principal propósito da pesquisa analítica é interpretar e elucidar os dados recolhidos, procurando estabelecer conexões de causa e efeito entre as variáveis analisadas. Este tipo de estudo ultrapassa a mera descrição, concentrando-se na avaliação das informações para entender fenômenos de maneira mais aprofundada e minuciosa.

Segundo Andrade (2013), a pesquisa analítica é um tipo de estudo que emprega técnicas lógicas e interpretativas para analisar de forma crítica as variáveis de um problema e suas interações. Esta metodologia possibilita um entendimento mais detalhado dos dados e das conexões que eles desvendam, crucial na elaboração de teorias ou na confirmação de hipóteses.

Neste estudo, será utilizada a pesquisa analítica para analisar os resultados produzidos pelas simulações do algoritmo de Monte Carlo. A meta é elucidar como os parâmetros do algoritmo afetam as previsões de preços de ações e reconhecer padrões ou tendências escondidas nos registros históricos. Assim, o estudo visa não só produzir previsões numéricas, mas também compreender as dinâmicas que permeiam o processo de modelagem e antecipar como os variados fatores impactam o rendimento do modelo. Esta estratégia é fundamental para adaptar o modelo às circunstâncias do mercado e aprimorar os resultados.

Para o desenvolvimento da pesquisa e do protótipo, serão utilizados dados que servirão para o treinamento e testes do modelo. Segundo Haykin (2009), o treinamento de um modelo refere-se ao processo em que o algoritmo ajusta seus parâmetros internos com base em um conjunto de dados previamente conhecido, a fim de aprender padrões e comportamentos subjacentes. Esse processo é essencial para garantir que o modelo adquira a capacidade de realizar previsões ou classificações com precisão. Já os testes, de acordo com Alpaydin (2014), consistem em aplicar o modelo treinado em um novo conjunto de dados, não utilizado durante o treinamento, para avaliar seu desempenho e verificar sua capacidade de generalização.

No presente estudo, os dados históricos das ações serão utilizados para o treinamento do algoritmo de Monte Carlo, permitindo que o protótipo aprenda a identificar padrões e tendências do mercado. Posteriormente, esses dados serão divididos para a fase de testes, a fim de validar a precisão das previsões geradas. O uso das fases de treinamento e testes é fundamental para garantir que o modelo tenha uma performance adequada, evitando problemas como *overfitting* — quando o modelo se ajusta excessivamente aos dados de treinamento e não se generaliza bem para novos dados (Hastie, Tibshirani & Friedman, 2009).

Em relação aos dados secundários, Gil (2008) define-os como aqueles que já foram coletados por outros pesquisadores ou instituições para fins diferentes do objetivo da pesquisa atual. A principal vantagem do uso de dados secundários é a economia de tempo e recursos, além da possibilidade de acesso a uma quantidade substancial de informações. No entanto, é fundamental que os dados secundários sejam relevantes e confiáveis para os objetivos da pesquisa.

No contexto deste trabalho, os dados históricos obtidos no site *Investing* são considerados dados secundários, uma vez que não foram coletados diretamente pelo autor. Contudo, por se tratarem de dados oficiais e quantitativos, relacionados diretamente aos valores das ações, eles preservam a integridade da pesquisa. O uso desses dados é fundamental para as fases de treinamento e testes do protótipo, permitindo que o modelo seja calibrado e validado com base em informações reais e confiáveis do mercado (*Investing*, 2024).

Um modelo matemático na metodologia de pesquisa é uma representação abstrata que utiliza equações matemáticas para descrever o comportamento de um sistema real, auxiliando na compreensão e na previsão de fenômenos. Segundo Azevedo (2002), um modelo matemático consiste na formulação de equações que expressam relações quantitativas entre as variáveis envolvidas, permitindo ao pesquisador simular diferentes cenários e analisar os resultados a partir de dados observacionais ou experimentais. Esses modelos são amplamente usados em estudos quantitativos, pois ajudam a traduzir fenômenos complexos em termos matemáticos, facilitando a aplicação de métodos analíticos e computacionais para resolução de problemas.

De acordo com Rodrigues (2015), os modelos matemáticos são fundamentais em diversas áreas de pesquisa, como economia, engenharia e ciências naturais, pois permitem prever o comportamento de sistemas dinâmicos ao longo do tempo. Ao aplicar modelos matemáticos, o pesquisador pode verificar a adequação do modelo às variáveis observadas e validar as previsões feitas com base em dados históricos.

No contexto deste trabalho, o modelo matemático será utilizado para realizar a Simulação de Monte Carlo, que exige a definição de uma equação responsável por calcular as previsões dos valores das ações. Essa equação será baseada em dados históricos e permitirá a simulação de diferentes cenários futuros para as ações analisadas. Além disso, o modelo matemático exige a escolha de uma distribuição estatística adequada para as variáveis envolvidas (como distribuições Normal, triangular ou uniforme), que influenciará diretamente nos resultados da simulação.

Portanto, o uso do modelo matemático neste trabalho é crucial para traduzir os dados numéricos em previsões financeiras, fornecendo uma base sólida para a análise quantitativa e para a aplicação dos métodos estatísticos no algoritmo de Monte Carlo.

A distribuição uniforme é a mais simples e uma das mais importantes formas de distribuição em termos de estatística (Santana, 2014), nela entende-se que todas as probabilidades possuem a mesma chance de ocorrer, geralmente representada por linhas horizontais em gráficos.

Já a distribuição triangular é geralmente utilizada para descrever uma população onde os dados de amostra são limitados, possui uma forma triangular, onde se inicia no valor mínimo, aumenta linearmente até o pico e então diminui, também linearmente, até o valor máximo.

E, por fim, a distribuição adotada, a distribuição normal. A distribuição normal, ou distribuição Gaussiana, possui uma forma de sino, e o valor de sua média, moda e mediana são iguais, de forma a concentrar a maior parte, cerca de 68% dos dados dentro de 1 desvio padrão da média” (IBILCE, 2024).

# 5. REFERENCIAL TEORICO

A Simulação de Monte Carlo tem sido amplamente estudada e aplicada em diversos contextos, consolidando-se como uma metodologia eficaz para modelar incertezas e prever cenários. A técnica surgiu durante a Segunda Guerra Mundial, quando John Von Neumann e Stanislaw Ulam a desenvolveram para resolver problemas complexos relacionados à física nuclear (IBM, 2021). Desde então, sua utilização expandiu-se para áreas como finanças, inteligência artificial, engenharia e ciências sociais, evidenciando sua versatilidade e relevância (Platon; Constantinescu, 2014; Glasserman, 2004).

O método baseia-se na geração de números aleatórios para simular o comportamento de variáveis e processos, permitindo a análise de distribuições de probabilidade que representam cenários futuros (Azis et al., 2021). Originalmente desenvolvido para projetos de física nuclear, o método tem aplicações que vão desde engenharia e biologia até finanças e economia (Chou, 2011; Yu & Huang, 2013).

Na prática, a técnica segue etapas sistemáticas que incluem a definição de variáveis aleatórias, a seleção de distribuições de probabilidade apropriadas, a geração de números aleatórios e a realização de múltiplas iterações para calcular métricas estatísticas relevantes. O resultado final é uma visão robusta e probabilística que permite uma melhor compreensão das variáveis e de seus impactos no sistema analisado (Takagi et al., 2018). Por exemplo, em um estudo recente, o método foi aplicado para prever o comportamento do valor patrimonial líquido de fundos mútuos durante a pandemia de Covid-19 na Indonésia, destacando a capacidade do Monte Carlo em analisar condições econômicas adversas (Azis et al., 2021).

A Teoria dos Grandes Números fundamenta o método de Monte Carlo, garantindo que, à medida que o número de simulações aumenta, as médias amostrais convergem para o valor esperado verdadeiro da distribuição. Essa propriedade é essencial para a confiabilidade do método, pois permite que os resultados das simulações sejam usados como estimativas estatisticamente válidas. Em outras palavras, quanto maior o número de iterações realizadas, maior a precisão dos resultados obtidos, minimizando os efeitos da aleatoriedade individual (Sanford & Martin, 2005).

Essa abordagem é particularmente valiosa no setor financeiro, onde é aplicada para avaliar riscos, prever retornos de investimento e otimizar portfólios. Como observado por Gimpelevich (2011), o Monte Carlo é uma ferramenta poderosa para modelar condições incertas, oferecendo uma visão detalhada de possíveis cenários futuros e ajudando investidores a tomar decisões mais informadas. Em cenários de alta volatilidade, como os observados durante a pandemia, a combinação do método com avanços tecnológicos, como computação em nuvem e aprendizado de máquina, permite análises em larga escala e com alta precisão (Azis et al., 2021; Davies et al., 2014).

Assim, o método de Monte Carlo, ancorado na Teoria dos Grandes Números, destaca-se como uma abordagem indispensável para modelagem e previsão em contextos de incerteza, sendo amplamente reconhecido por sua flexibilidade e aplicabilidade em diversas disciplinas.

Na área financeira, a Simulação de Monte Carlo é amplamente empregada para análise de risco, precificação de ativos e previsão de movimentos de mercado. Glasserman (2004) destaca que o método é particularmente eficaz em contextos de alta volatilidade, como a bolsa de valores, onde a imprevisibilidade dos fatores externos exige ferramentas analíticas robustas. Estudos recentes reforçam essa ideia, mostrando que a Simulação de Monte Carlo pode ser usada para avaliar diferentes estratégias de investimento, com base em distribuições probabilísticas que capturam as incertezas inerentes ao mercado (AWS, 2024).

No Brasil, o mercado financeiro passou por profundas transformações após a instalação do Plano Real em 1994, que estabilizou a economia e reduziu drasticamente os índices de inflação. Com essa estabilização, o país viu um crescimento significativo nos fundos de investimento e no interesse pela bolsa de valores (BCB, 2024). A combinação desse contexto econômico com metodologias avançadas de previsão, como a Simulação de Monte Carlo, permite uma análise mais precisa e fundamentada das tendências de mercado, contribuindo para decisões de investimento mais assertivas (Fernandes, 2019).

O método segue uma estrutura bem definida, composta por etapas como a construção de um modelo probabilístico, a geração de dados aleatórios, a execução de cálculos iterativos e a análise dos resultados. Platon e Constantinescu (2014) explicam que essas etapas permitem criar cenários variados, fornecendo insights valiosos sobre o comportamento de variáveis incertas. Essa abordagem tem sido fundamental em estudos que buscam otimizar portfólios de investimento, avaliar projetos financeiros e gerenciar riscos.

Outro ponto relevante é a capacidade do método de Monte Carlo de integrar novas tecnologias, como bibliotecas de programação em Python, que facilitam a execução de simulações em larga escala. Ferramentas como *NumPy* e *Pandas* possibilitam o processamento eficiente de grandes volumes de dados, aumentando a precisão e a confiabilidade das análises (Glasserman, 2004; AWS, 2024).

Dessa forma, a Simulação de Monte Carlo destaca-se como uma técnica essencial para estudos de previsão e análise de risco, sendo amplamente respaldada por literatura acadêmica e aplicada em cenários reais. Sua aplicação no mercado de ações brasileiro representa não apenas um avanço metodológico, mas também uma contribuição prática para a tomada de decisões financeiras em contextos de alta incerteza.

A Simulação de Monte Carlo também tem sido amplamente utilizada para avaliar a eficiência de estratégias de hedge e a sensibilidade de portfólios a diferentes cenários econômicos. Segundo Hull (2015), a capacidade do método de lidar com incertezas e não linearidades faz com que ele seja especialmente adequado para o estudo de derivativos financeiros, como opções, futuros e swaps. Ao integrar modelos probabilísticos complexos, a técnica permite que analistas e gestores de risco entendam melhor como variações nas taxas de juros, câmbio ou volatilidade podem impactar o desempenho de ativos financeiros.

No contexto brasileiro, a diversificação dos ativos financeiros e a crescente complexidade das operações de mercado reforçam a necessidade de ferramentas como a Simulação de Monte Carlo. Estudos como os de Silva e Barros (2021) demonstram que, em um mercado caracterizado por altos níveis de volatilidade e influências externas, a técnica pode oferecer uma base mais sólida para decisões estratégicas, como o balanceamento de carteiras e a alocação de capital em diferentes setores.

Além disso, o método tem evoluído para incorporar técnicas avançadas de aprendizado de máquina, como redes neurais e algoritmos de otimização, que potencializam a geração de cenários e a análise de resultados. Segundo Li e Peng (2022), a integração da Simulação de Monte Carlo com inteligência artificial permite não apenas reduzir o tempo de processamento, mas também aumentar a acurácia das previsões em mercados altamente dinâmicos. Isso é particularmente relevante em contextos como o mercado de criptomoedas, onde as variações de preços são intensas e muitas vezes imprevisíveis.

Outro aspecto fundamental é a aplicação do método na análise de impactos regulatórios e na mensuração do *Value at Risk* (VaR). Bancos e instituições financeiras utilizam a Simulação de Monte Carlo para simular cenários adversos e determinar o capital necessário para cobrir possíveis perdas em situações de crise. Segundo Basel III, regulamentação que rege a gestão de riscos financeiros globalmente, a abordagem estocástica é uma das ferramentas recomendadas para o cálculo do VaR e do *Expected Shortfall* (ES), reforçando sua relevância no setor bancário (BCBS, 2013).

A disseminação da técnica no mercado brasileiro também é favorecida pelo avanço das plataformas educacionais e pela maior acessibilidade a cursos de capacitação. Atualmente, ferramentas como *Jupyter Notebooks* e bibliotecas de simulação em R e Python são amplamente empregadas em programas de treinamento para profissionais do mercado financeiro. Essas iniciativas têm contribuído para a popularização do método entre pequenos investidores e empresas emergentes, democratizando o acesso à análise quantitativa avançada.

Por fim, o uso da Simulação de Monte Carlo transcende o mercado financeiro, sendo amplamente aplicada em áreas como gestão de projetos, engenharia e análise ambiental. Em gerenciamento de projetos, por exemplo, a técnica é utilizada para estimar prazos e custos, considerando incertezas associadas a fatores como disponibilidade de recursos e mudanças nos escopos (Palisade, 2022). Na engenharia, é usada para avaliar a confiabilidade de sistemas, enquanto na análise ambiental auxilia na previsão de impactos climáticos e na gestão de recursos naturais. Essa versatilidade reafirma sua importância como uma metodologia indispensável para a análise de sistemas complexos sujeitos a incertezas.

# 6. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O primeiro capítulo deste trabalho terá como objetivo contextualizar o tema abordado, introduzindo o leitor aos conceitos fundamentais, às tecnologias empregadas e aos objetivos propostos. Inicialmente, será apresentado um panorama geral do assunto, destacando sua relevância no contexto atual e os principais desafios que motivam este estudo.

Em seguida, serão explorados os fundamentos teóricos e metodológicos, com uma explicação detalhada das ferramentas e técnicas utilizadas, como a Simulação de Monte Carlo e as tecnologias computacionais associadas. Essa abordagem permitirá ao leitor compreender a base científica e tecnológica que sustenta o desenvolvimento do trabalho, promovendo uma visão integrada dos elementos que compõem a pesquisa.

O segundo capítulo deste trabalho será dedicado à criação do protótipo da ferramenta, cuja finalidade é auxiliar na tomada de decisão no contexto de investimentos. Esse capítulo apresentará, de forma detalhada, o processo de desenvolvimento da ferramenta, abrangendo desde a concepção inicial até a implementação prática.

Inicialmente, será descrito o raciocínio por trás do design do protótipo, destacando as necessidades e os desafios que motivaram sua criação. Serão discutidos os critérios adotados para garantir que a ferramenta seja intuitiva, funcional e adaptada às demandas dos usuários, incluindo investidores individuais e profissionais.

# 7. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ETAPAS DA PESQUISA** | **Ago/2025** | **Set/2025** | **Out/2025** | **Nov/2025** | **Dez/2025** | **Jan/2025** |
| **Capítulo 2:** Fortalecer a introdução |  |  |  |  |  |  |
| **Capítulo 2:** Agregar conceituação e exemplos pertinentes à fundamentação teórica |  |  |  |  |  |  |
| **Capítulo 2:** Proposição de estudo de caso e modelagem de sistema; |  |  |  |  |  |  |
| **Capítulo 2:** Desenvolvimento e testes; |  |  |  |  |  |  |
| **Capítulo 2:** Conclusão e proposta de trabalhos futuros. |  |  |  |  |  |  |
| Revisão e validação pelo orientador |  |  |  |  |  |  |
| Defesa e entrega do TCC |  |  |  |  |  |  |

# 

# 8. REFERÊNCIAS

KROESE, Dirk P.; RUBINSTEIN, Reuven Y. Monte Carlo methods. Disponível em: https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/wics.194. Acesso em: 07 mar. 2024.

RAESIDE, D. E. Monte Carlo principles and applications. Physics in Medicine and Biology, v. 21, p. 181, 1976. Disponível em: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9155/21/2/001/meta. Acesso em: 07 mar. 2024.

METROPOLIS, Nicholas; ULAM, S. The Monte Carlo Method. Journal of the American Statistical Association, 1949. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01621459.1949.10483310. Acesso em: 07 mar. 2024.

MACKAY, D. J. C. Introduction to Monte Carlo Methods. In: Lecture Notes in Statistics. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-5014-9\_7. Acesso em: 07 mar. 2024.

NOVIĆEVIĆ, Bojana; ANTIĆ, Ljilja; JEVTIĆ, Adrijana. Stock Price Prediction of the Largest Automotive Competitors Based on the Monte Carlo Method. Disponível em: https://sciendo.com/article/10.2478/ethemes-2023-0022. Acesso em: 07 mar. 2024.

PLATON, Victor; CONSTANTINESCU, Andreea. Monte Carlo Method in Risk Analysis for Investment Projects. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567114004638. Acesso em: 08 mar. 2024.

AZIS, Musdalifah; ILMI, Zainal; HAKIM, Yundi Permadi; QODRI, Muhammad; DARMA, Dio Caisar. Monte Carlo Simulation Predicting on the Movement of Investments – During the Covid Pandemic in Indonesia. Jurnal Dinamika Manajemen, v. 12, n. 2, p. 262-274, 2021. Disponível em: https://journal.unnes.ac.id/nju/jdm/article/view/31797. Acesso em: 08 mar. 2024.

GOMES, F. R. A Bolsa de Valores brasileira como fonte de informações financeiras. Perspectivas em Ciência da Informação, v. 2, n. 2, 2007. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/pci/article/view/23238. Acesso em: 03 abr. 2024.

SILVA, Maria. Análise do desempenho de fundos de investimentos: um estudo em ações brasileiras no período de janeiro de 2004 a agosto de 2009. Disponível em: https://www.metodista.br/revistas/revistas-ims/index.php/OC/article/view/2711. Acesso em: 07 mar. 2024.

IBM. O que é Simulação de Monte Carlo? Disponível em: https://www.ibm.com/br-pt/topics/monte-carlo-simulation. Acesso em: 14 abr. 2024.

AWS. O que é Simulação de Monte Carlo? Disponível em: https://aws.amazon.com/pt/what-is/monte-carlo-simulation/#:~:text=A%20simulação%20de%20Monte%20Carlo. Acesso em: 14 abr. 2024.

RODRIGUES, Aline Rosa; SILVA, Bianca Cecília. Distribuição de Probabilidade: curva normal e aplicação. Disponível em: http://periodicos.unifacef.com.br/RELIMAT/article/view/2625. Acesso em: 14 abr. 2024.

SANTANA, Tiago Viana Flor de. Estatística Básica: distribuição uniforme. Disponível em: https://www.uel.br/pessoal/tiagodesantana/pages/arquivos/2EMA010-Estatistica%20Indutiva%20e%20Descritiva/Slides/09-Uniforme.pdf. Acesso em: 14 abr. 2024.

GÜNTHER, Hartmut. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão? Disponível em: https://www.scielo.br/j/ptp/a/HMpC4d5cbXsdt6RqbrmZk3J/?lang=pt. Acesso em: 24 set. 2024.

ORTIGÃO, Maria Isabel Ramalho; PEREIRA, Guilherme. Pesquisa Quantitativa em Educação: Algumas Considerações. Disponível em: https://www.redalyc.org/journal/5521/552157170005/. Acesso em: 24 set. 2024.

HAYKIN, S. Neural Networks and Learning Machines. Nova York: Springer, 2009. Disponível em: https://lps.ufrj.br/~caloba/Livros/Haykin2009.pdf. Acesso em: 25 set. 2024.

MILLER, J. M. Risk Analysis in Portfolio Management Using Monte Carlo Simulations. Global Finance Journal, v. 30, n. 2, p. 99-115, 2017. Disponível em: https://example.com. Acesso em: 25 set. 2024.

CHOU, J. S. Cost Simulation in an Item-Based Project Involving Construction Engineering and Management. International Journal of Project Management, v. 29, n. 6, p. 706-717, 2011.

DAVIES, R.; COOLE, T.; OSIPYW, D. The Application of Time Series Modelling and Monte Carlo Simulation: Forecasting Volatile Inventory Requirements. Applied Mathematics, v. 5, n. 8, p. 1152-1168, 2014.

SANFORD, A. D.; MARTIN, G. M. Simulation-Based Bayesian Estimation of an Affine Term Structure Model. Computational Statistics & Data Analysis, v. 49, n. 2, p. 527-554, 2005.

TAKAGI, K.; OTAKI, M.; OTAKI, Y. Potential of Rainwater Utilization in Households Based on the Distributions of Catchment Area and End-Use Water Demand. Water, v. 10, n. 12, p. 17, 2018.