

COMO ALTERNATIVA À TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE BRASILEIRA UMA CARTEIRA DIVERSIFICADA EM COMMODITIES NO BRASIL TORNA OS RETORNOS MAIS EXIGENTES

BRAGA, Vinicius da Silva¹

FORTE, Luiz Antonio²

FERNANDES, Ederson Carvalhar³

RESUMO

Empresas brasileiras do setor de *commodities* enfrentam desafios devido à volatilidade dos preços e políticas de mercado. Compreender estratégias alternativas de investimento para garantir o crescimento sustentável e a rentabilidade dessas organizações é fundamental. Este trabalho explora a viabilidade de uma alternativa à tradicional Taxa Mínima de Atratividade brasileira, propondo o uso de uma carteira diversificada em commodities como referência de retorno para investimentos no setor de produção, considerando seus riscos e potencial de retorno mais atrativo. Assim, o objetivo geral é avaliar se uma carteira de *commodities* apresenta resultado superior em comparação com uma taxa livre de risco, ao identificar o desempenho dessa carteira, será possível realizar uma análise em relação à tradicional Taxa Mínima de Atratividade. Este estudo torna-se necessário para oferecer às empresas que utilizam commodities uma análise aprofundada das taxas de investimento em carteiras de commodities, visando tornar seus investimentos em produção e projetos mais rentáveis e eficientes. O desenvolvimento do projeto foi dividido em etapas: coleta de dados, filtrando quais ativos seriam utilizados, manipulação de dados, criação de 4 carteiras, Markowitz, Hierarchical Risk Parity, Ingênua e baseada no IBOV, análise de desempenho, utilizando as métricas *Sharpe*, *Beta*, *Maximum Drawdown*. Os resultados indicam que métodos Markowitz e HRP geraram retornos superiores à taxa mínima de atratividade brasileira, ambos os métodos utilizam commodities na carteira, mantendo a exposição ao risco de projetos reais do setor, além de reduzir o risco. Esses achados contribuem para tomada de decisão entre projetos reais e investimentos no setor de commodities.

Palavras-chave: Investimentos, Commodities, Taxa Mínima de Atratividade, Markowitz.

1. INTRODUÇÃO

Considerando o ambiente de incerteza que os meios de produção têm, em especial empresas de commodities na tomada de decisão sobre seus investimentos, alternativas para a taxa de atratividade destes projetos é de extrema importância para

¹ Graduando em Engenharia de Produção UNINTER.

² Graduado em Engenharia Ambiental pela UTP e pós-graduado em Engenharia de segurança do Trabalho pela UTFPR.

³ Doutor e Mestre em Engenharia Mecânica pela UTFPR, Engenheiro Mecânico pela UniOpet, Tecnólogo em Gestão da Manufatura pela UTFPR, e Professor Tutor no Centro Universitário Internacional UNINTER.

uma avaliação mais próxima da realidade. Devido a isto, é exigido de projetos de investimento um retorno econômico para compensar o risco envolvido (SCHROEDER et al., 2005), além de alternativas de financiamento como a utilização de recursos próprios, financiamentos ou emissão de ações (MYERS, 1984).

Compreende-se por *commodities* por serem produtos indiferenciados, padronizados, com baixíssimo grau de processamento industrial e predominantemente seu conteúdo deve ser recursos naturais (SINNOTT; NASH; TORRE, 2010). Estão divididas por algumas categorias como agrícolas (café, soja, milho), minerais (ferro, ouro, prata), energia e etc. Seus preços são formados no mercado global, sendo assim, um produtor individual tem pouco ou nenhum controle sobre os preços, por sua vez, os custos são a principal forma de competição, sendo necessário ganhos de produtividade, melhora nos processos de produção, nas condições de logística, gestão de investimentos no setor, entre outros (NAKAHODO; JANK, 1982). Uma das formas de se aprimorar a gestão de investimentos no setor de *commodities* é a utilização de uma Taxa Mínima de Atratividade ajustada.

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) é um conceito essencial quando se trata de investimentos no meio de produção com viabilidade financeira. Ela pode ser entendida como a taxa mínima de retorno que um investidor deseja receber em um determinado projeto. Em termos gerais, a TMA é geralmente composta por uma taxa de juros básica, livre de riscos, que representa a compensação mínima pelo risco que o investidor está disposto a assumir ao investir seu capital (DE OLIVEIRA SILVA; JANNI, 2005), no Brasil ela é representada pela taxa DI. Algumas literaturas sugerem o uso de uma Taxa Mínima de Atratividade baseada nas individualidades de cada empresa (SCHROEDER et al., 2005), com uma taxa baseada nos retornos de uma carteira diversificada em *commodities*, ela traria consigo o risco de mercado, de liquidez, de perdas e de estimação (ASRILHANT et al., 2005).

Como uma alternativa a Taxa Mínima de Atratividade, uma carteira diversificada de *commodities* pode impactar nas tomadas de decisões de projetos?

Assim, o objetivo geral é identificar se uma carteira de *commodities* performa melhor do que a uma taxa livre de risco, ao conhecer a taxa de performance desta carteira é possível comparar em relação a TMA. Os objetivos específicos são: (i) Montar uma carteira de *commodities* utilizando a teoria moderna de portfólios de Markowitz; (ii) Comparar o desempenho da Taxa Mínima de Atratividade com uma

estratégia ingênua; (iii) Testar o desempenho da carteira de Markowitz com a taxa livre de risco; (iv) Medir o retorno da carteira teórica IBOV em relação a TMA.

Este estudo é relevante para elucidar na tomada de decisão em investimentos por parte de empresas que utilizem *commodities*, possibilitando alternativas de taxas baseadas em retornos de carteiras de investimento em *commodities*, tornando ainda mais exigente que os investimentos na produção e em projetos sejam mais rentáveis. Estas taxas ajustadas ao mercado, são úteis para utilização na taxa mínima de atratividade, onde serão empregadas ao cálculo de valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR) que utilizam a TMA. Uma otimização na viabilidade econômica torna empresas mais lucrativas e eficientes, o que é essencial em um ambiente cada vez mais complexo.

Além desta introdução, o trabalho é composto por mais 4 seções, em que, a seção 2 revisa alguns trabalhos relacionados ao tema. A seção 3 descreve métodos utilizados, a seção 4 para os resultados e discussões e a seção 5 para a conclusão.

2 DERIVATIVOS DE COMMODITIES COMO OPÇÃO A TAXA LIVRE DE RISCOS

2.1 COMMODITIES

Tessmann (2022) destaca que *commodities* são utilizadas como matéria prima na manufatura e que possuem papel importante na economia global, de mesma maneira possuem um alto grau de importância na economia de muitos países, seja por serem grandes exportadores ou importadores. Elas podem ser classificadas como agrícolas, energéticas e metálicas, como por exemplo, milho, soja, ouro, prata, petróleo, gás natural, alumínio e cobre, respectivamente. Além disso, ele explica como funciona o mercado futuro de derivativos, eles servem como instrumentos do mercado de capitais, onde é possível negociar ativos em períodos subsequentes com preço pré-estabelecido.

O preço das *commodities* podem ter aplicações como instrumento de proteção em ciclos de inflação muito comuns em países emergentes. Tendo em vista que *commodities* possuem ciclos, é necessário maior estudo a respeito de portfólios utilizarem tais ativos, já que transmitem quase que imediatamente às expectativas sobre oferta e demanda (SOUZA, 2015).

Conforme cita Souza (2015), *commodities* tendem a transmitir a pressão inflacionária devido às expectativas de oferta e demanda, sendo assim torna-se interessante o estudo de *commodities* em portfólios de mercado como alternativa a tradicional taxa mínima de atratividade. Países emergentes como o Brasil são exportadores de *commodities* e seu desenvolvimento depende muito do setor, sendo assim, é de extrema importância buscar meios de proteger empresas que trabalham com *commodities*. E uma das soluções é o uso de portfólios de *commodities* para investir e comparar como alternativa à taxa livre de risco brasileira.

Renner (2010), aponta que no mercado interno os ativos tendem a se valorizarem ou desvalorizarem com uma correlação muito grande já que são afetados por condições únicas do país como: oferta de moeda, mudanças na taxa básica de juros, déficit público e correlações entre ativos negociados no mesmo mercado. Quando utilizadas *commodities* internacionais para construir portfólios elas fornecem vantagens tanto de mesclarem ativos diferentes, como também de se exporem a variação cambial.

2.2 TEORIA MODERNA DE PORTFÓLIOS DE MARKOWITZ

Para alternativas à TMA convencional, é importante reduzir os riscos, Renner (2010), afirma que para gestores de carteiras existem dois tipos de risco: Sistemático e Não Sistemático. O risco sistemático ou de mercado, não tem como ser eliminado pela diversificação devido ao fato de atingir todo o mercado, ativos e empresas, como por exemplo, guerras, inflação e recessões. Já o risco não sistemático é específico em determinado ativo ou setor, sendo facilmente eliminado ao diversificar a carteira de ativos.

Um dos principais trabalhos sobre portfólios é o de Markowitz (1952), que basicamente serve de base para todos os portfólios modernos, desenvolverem novos portfólios e compararem rendimentos. A teoria moderna de portfólio deu início com o modelo de média-variância de Markowitz (MV). Ela cria um modelo de otimização de portfólio que maximiza os resultados ao mesmo tempo que minimiza os riscos do investimento no portfólio (MA; HAN; WANG, 2021).

A partir do trabalho de Markowitz (1952) foi colocado em bases matemáticas sólidas ao analisar o risco e retorno, ao evidenciar que o risco da carteira não depende exclusivamente de cada ativo, mas da covariância entre os ativos isolados. Esse

método mudou o foco de análise individual para o uso da diversificação. O autor percebeu que, na tentativa de reduzir o risco, não basta meramente diversificar entre muitos ativos. É importante também investir em ativos com baixa correlação entre os seus retornos (ALVES, 2015).

Para Farias (2013), a teoria moderna de portfólios de Markowitz demonstrou que é possível identificar um grupo de carteiras que geram um maior retorno esperado para um dado nível de risco possível ou menor retorno em detrimento de um grau de risco menor. O autor estabeleceu que tais carteiras ocupam uma região de eficiência entre o risco e retorno, denominado fronteira eficiente. Onde qualquer investidor que deseja um trade-off entre risco e retorno, pode restringir e limitar a escolha da carteira dentro desta fronteira de eficiência. Veja a equação 1:

Minimizar:

$$\sigma_C^2 = \sum_{i=1}^N X_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N X_i X_j \sigma_{i,j} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\bar{R}_C = \sum_{i=1}^N X_i \bar{R}_i$$

Onde, \bar{R}_C é o retorno esperado para a carteira;

N representa o número de ativos;

X_i é a proporção do i-ésimo ativo na carteira [p.u.];

X_j é a proporção do j-ésimo ativo na carteira [p.u.];

\bar{R}_i é o retorno médio da carteira;

σ_C^2 é o desvio padrão do portfólio C; e

$\sigma_{i,j}$ Representa a covariância entre dois ativos i e j.

Além do método de Markowitz, existe o portfólio ingênuo que é uma estratégia simples de investimento ponderado onde todos os ativos recebem o mesmo peso, ele é conhecido como 1/N, onde é o número de ativos a serem igualmente investidos. Ela é utilizada como comparativo a uma estratégia mais complexa como a de Markowitz

para portfólios eficientes. A carteira ingênua, $\frac{1}{N}$, é o peso de cada ativo dividido pelo número de ativos que compõem a carteira, por exemplo, para 4, 5 e 20 ativos são 25%, 20% e 5% o peso de cada ativo respectivamente (ALVES, 2015).

2.3 TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE (TMA)

Segundo Damodaran (2009), quando se trata de risco é necessário entender que existe uma probabilidade de consequências tanto positivas, como negativas. Afinal o risco é um ajuste entre oportunidade e ameaça. Além disso, Damodaran (2009) reforça que apesar de considerarmos ações, imóveis e títulos públicos como categorias diferentes de ativos, é importante afirmar que todos são ativos de risco e, por isso devem ter preços consistentes. Em outras palavras, existe uma relação entre os prêmios de risco associados a essas diferentes classes de ativos.

Conforme Schroeder et al. (2005) afirmam que as empresas buscam resultados que somem mais valor a um custo menor. Sendo relevante obter a melhor estrutura ou combinação de fornecedores de capitais para contribuir nos resultados das empresas. E a TMA é uma ligação entre a tomada de decisão de investir e da forma de financiamento.

Neste contexto, Myers (1984) sustenta que empresas em geral costumam ter uma hierarquização em relação as fontes de financiamentos de projeto, sendo elas: recursos próprios, endividamento e por último a emissão de ações. Como o mercado possui uma assimetria de informações em relação a empresa, as novas ações poderiam ser emitidas com um valor muito abaixo, sendo subavaliadas pelo mercado, o que justifica a emissão de ações ficar em último lugar na tomada de decisões.

Como Schroeder et al. (2005) citam, a obtenção de uma estrutura ótima de capital é um verdadeiro quebra-cabeças na literatura, onde possui evidentes implicações na utilização do custo de capital para determinar novos projetos de investimento. Todavia, alguns métodos se destacam e são bastante recomendados e utilizados para análise de investimentos: o método do Valor Presente Líquido (VPL) e o método da Taxa Interna de Retorno (TIR).

Tanto o método VPL como o método da TIR utilizam fluxos de caixa descontados a uma determinada taxa. E esta taxa é justamente a TMA, onde temos o retorno mínimo esperado pelos investidores. A TMA é basicamente escolhida em

expectativa e política de cada empresa e, vale ressaltar, que é extremamente importante esta escolha ser feita da melhor forma possível para alocação de capital (SCHROEDER et al., 2005).

O custo de capital deve ser considerado como o retorno que os investidores esperam receber da empresa e, portanto, representam a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) que a empresa deve usar nos seus métodos para avaliar projetos de investimento. Deste modo o projeto só é interessante e aceito se agregar valor à empresa (SCHROEDER et al., 2005).

3 METODOLOGIA

No presente trabalho a descrição metodológica em relação a natureza trata-se da aplicada, pois busca elucidar o questionamento acerca de investimentos alternativos à projetos. Quanto a abordagem do problema a pesquisa é quantitativa, pois utiliza técnicas estatísticas para aferir o desempenho dos investimentos alternativos. O objetivo deste trabalho é explicativo, visando observar o desempenho de investimentos alternativos à taxa mínima de atratividade. Quanto aos procedimentos técnicos se enquadra em pesquisa empírica experimental, onde são criados portfólios de investimentos analisando seus retornos e comparando como alternativa à TMA.

A seguinte pesquisa segue a ordem cronológica, estando dividida nas seguintes etapas:

1) Coleta de dados: Serão usadas 6 *commodities* de alta relevância para empresas que trabalham com as mesmas, o índice IBOV e a taxa DI, sendo considerado do período de 3 de março de 2015 a 20 de abril de 2023 para obtenção de testes empíricos;

2) Manipulação de dados: Os dados serão importados do Excel em formato CSV para o Python, onde serão tratados e manipulados, de modo a obter os cálculos necessários a criação das carteiras de investimento como alternativa;

3) Formação de carteiras: Serão criadas 4 carteiras usando metodologias diferentes para cada uma delas, tendo pesos diferentes entre as carteiras de Markowitz, HRP e Ingênua, e ativos diferentes na carteira IBOV;

4) Análise de desempenho: Serão utilizados os métodos Índice de Sharpe, *Maximum Drawdown* (MD) e o Beta para avaliar carteiras otimizadas;

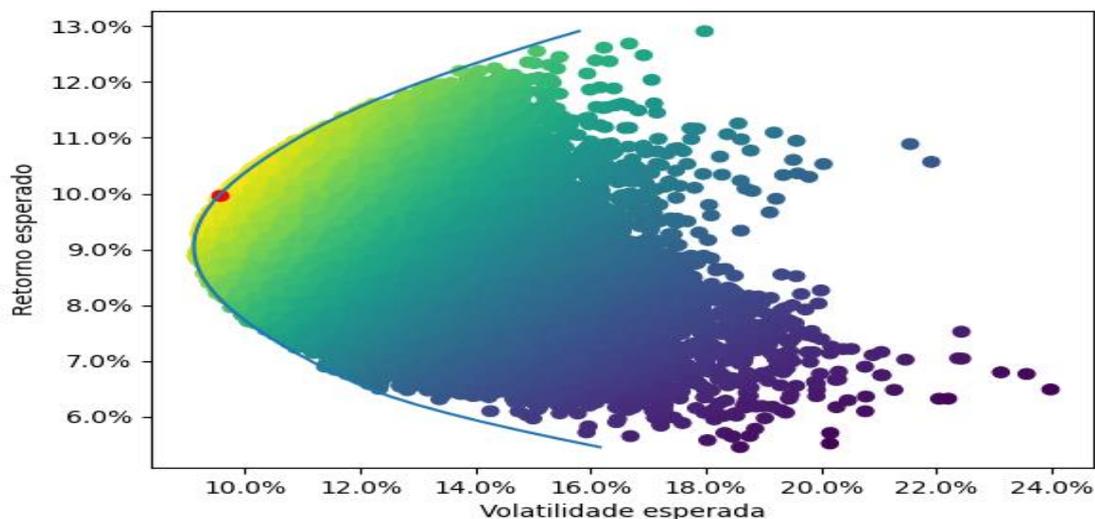
5) Taxas alternativas à TMA: Após a criação das carteiras, é medido o desempenho anualizado dos retornos de cada carteira, portanto, servindo como alternativa de comparação com a taxa DI, a taxa mínima de atratividade mais sugerida pela literatura.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos dados encontrados no site oficial da B3, foi possível montar uma tabela com as 6 commodities e o índice IBOV, com uma série temporal do dia 03/03/2015 até 20/04/2023. Também foi criada uma tabela paralela para os dados da taxa DI diária no mesmo período, sendo utilizada como ativo livre de riscos. Todos os ativos são negociados dentro do Brasil, o que os tornam mais precisos para avaliar uma alternativa de taxa de atratividade brasileira, é importante frisar que a escolha das 6 commodities não é aleatória, mas devido ao fato de somente estas 6 serem negociadas na B3. Estes dados foram tratados e modelados no programa Python, refinando médias, retornos e aplicando os cálculos necessários para a criação de carteiras de investimentos e suas respectivas taxas de retornos.

Para a formação de carteiras, foram utilizadas 4 metodologias, a primeira é o reconhecido método de Markowitz que analisa a performance e atribui pesos diferentes para cada ativo. Este modelo não leva em consideração as preferências do investidor e ativos livres de risco, utilizando apenas ativos de risco na composição. Ele simula N carteiras e cria a fronteira eficiente, neste projeto serão simuladas 100 mil carteiras com pesos diferentes entre os 6 ativos. Plotando a carteira com melhor desempenho baseado no modelo. A figura 1 demonstra a formação da carteira de Markowitz, simulando e apresentando a relação risco-retorno das carteiras com seus diferentes pesos para cada ativo, além de mostrar a carteira ideal no ponto vermelho. Na tabela 1 é possível observar a taxa alternativa gerada a partir do método de Markowitz, com um retorno anual de 10,303% para uma volatilidade anual de 10,47%.

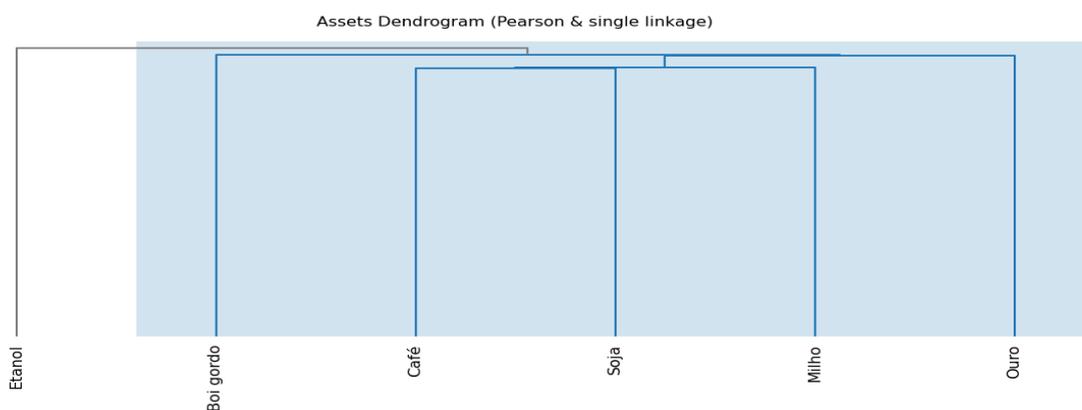
Figura 1 - Fronteira Eficiente da Carteira de Markowitz das 6 commodities.



Fonte: Elaborado pelo autor(2023)

A segunda carteira utiliza o moderno Hierarchical Risk Parity (HRP), o método particiona os ativos em dendrogramas, classificando seus riscos. Este método tende a gerar os menores riscos quando comparados aos demais métodos de portfólio (MIRETE-FERRER, 2022). Na figura 2 é demonstrado o método HRP, evidenciando a criação do dendrograma entre os 6 ativos, com uma maior correlação primária entre café, soja e milho. Em seguida os 3 ativos com boi gordo e ouro, e por último etanol tendo menor correlação com os demais. Conforme a tabela 1, o método HRP gerou um retorno anual de 9,715% e uma volatilidade anual de 10,27%, sendo o menor risco entre os investimentos testados.

Figura 2 – Paridade Hierárquica de Risco(HRP) das 6 commodities.



Fonte: Elaborado pelo autor(2023)

Na carteira ingênua, a diversificação foi construída com todos os ativos tendo o mesmo peso, $1/N$, com cada commodity tendo o mesmo investimento (ALVES, 2015). Conforme a tabela 1, seu retorno anual foi de 9,464% e sua volatilidade anual de 10,78%. Para efeito de comparação as demais carteiras, foi testado uma carteira baseada no benchmark para analisar os retornos médios do mercado brasileiro, sendo utilizado o índice IBOV, podemos observar na tabela 1 seu retorno anual de 9,270% e volatilidade de 25,59%.

Esta pesquisa buscou analisar investimentos como alternativas à TMA, para isto, é necessária uma taxa de retorno maior que a tradicional taxa livre risco, além de ser importante analisar o desempenho de cada carteira, para isso foi utilizado os métodos Sharpe, *Maximum Drawdown* e o Beta (BESSLER; OPFER; WOLFF, 2017).

O Índice de Sharpe é muito utilizado na avaliação de investimentos, pois ele consegue determinar de forma numérica os risco-retorno de um portfólio de ativos. O índice nos mostra a rentabilidade e se ela é compatível com o risco que ela está exposta, sendo assim podemos comparar seus respectivos resultados e determinar uma melhor opção de carteira (BRUM, 2008). Veja a seguir a Equação 2.

$$S = \frac{\bar{r}_s - r_f}{\hat{\sigma}_s} \quad (2)$$

Onde, S é a razão de Sharpe;

\bar{r}_s é o retorno médio da carteira;

r_f é a taxa de retorno livre de risco ou índice de referência; e

$\hat{\sigma}_s$ é o desvio padrão (volatilidade) do investimento.

O Maximum Drawdown é um indicador que busca evidenciar a maior queda que já ocorreu no ativo a partir de um ponto de alta, até o ponto mínimo em uma série histórica (DA COSTA, 2022). Veja a Equação 3.

$$MD_s = \text{Max}_{s,t^* \in (0,T)} \left[\text{Max}_{s,t \in (0,t^*)} \left(\frac{P_{s,t} - P_{s,t^*}}{P_{s,t}} \right) \right] \quad (3)$$

onde, $P_{s,t}$ é o preço do portfólio gerado pela estratégia s no tempo t ; e

P_{s,t^*} é o preço do portfólio gerado pela estratégia s no tempo t^* , quando o portfólio é vendido.

O coeficiente beta, β , é utilizado para medir volatilidade do portfólio em relação ao risco sistemático do mercado. Ele mede a sensibilidade do portfólio buscando entender se ele move na direção do mercado, mostrando informações se existe relação entre o portfólio e o resto do mercado (DA COSTA, 2022). Veja a equação 5.

$$\beta = \frac{\text{Covariância}(R_p, R_m)}{\text{Variância}(R_m)} \quad (5)$$

no qual,

R_p é o retorno de um portfólio individual P ; e

R_M representa o retorno da carteira de mercado.

Markowitz e HRP apresentaram índices de Sharpe maiores, sendo 0,99 e 0,95 respectivamente, indicando que ambos geraram retornos ajustados melhores do que na comparação com a estratégia ingênua(1/N) e o IBOV(*benchmark*). Em relação ao *Drawdown* Máximo, que mede a queda máxima do portfólio, os modelos de Markowitz e HRP mostraram menor impacto em relação aos períodos de desvalorização dos ativos, -20,75% e -19,28% respectivamente, entretanto, vale ressaltar que a estratégia ingênua obteve resultado muito próximo, com -21,46%, já o *benchmark* teve o pior dos resultados com -46,81%, mostrando que commodities performaram melhor em períodos de queda do que o IBOV. Em relação a Volatilidade anual o portfólio utilizando a estratégia HRP obteve a menor taxa com 10,27%, seguido de Markowitz com 10,47% e a Ingênua de 10,78%, já o *benchmark* teve a maior volatilidade anual com 25,59%. As medidas avaliando o risco permitem maior segurança e estabilidade para a escolha de uma taxa alternativa à TMA, tornando a possibilidade viável já que mitiga o risco e aproxima da realidade do setor de commodities.

A tabela 1 apresenta os retornos dos diferentes portfólios. O melhor desempenho em termos de retorno acumulado foi obtido pelo portfólio de Markowitz, com 119,30%, seguido pelo método HRP com 110,11%, a estratégia Ingênua e o *benchmark* retornaram 106,30% e 103,3% respectivamente, enquanto a tradicional

taxa livre de risco retornou apenas 97,12%, quando comparada ao método de Markowitz, a diferença de rentabilidade chega a 22,18%, com uma volatilidade de 10,47%. Esses números evidenciam que projetos que retornassem valores acima de 97,12% poderiam ser aceitos, enquanto que usando uma taxa alternativa à tradicional TMA, os projetos precisariam atingir retornos acima de 119,30% no período avaliado.

Tabela 1: Avaliação de Performance.

Variável	Markowitz	HRP	Ingênua	IBOV	DI
Retorno Anualizado	10,303%	9,715%	9,464%	9,270%	8,736%
Sharpe	0,99	0,95	0,89	0,48	-
Drawdown Máximo	-20,75%	-19,28%	-21,46%	-46,81%	0,00%
Beta	-0,06	-0,03	-0,01	1	-
Retorno Acumulado	119,30%	110,11%	106,30%	103,43%	97,12%
Volatilidade Anual	10,47%	10,27%	10,78%	25,59%	0,00%

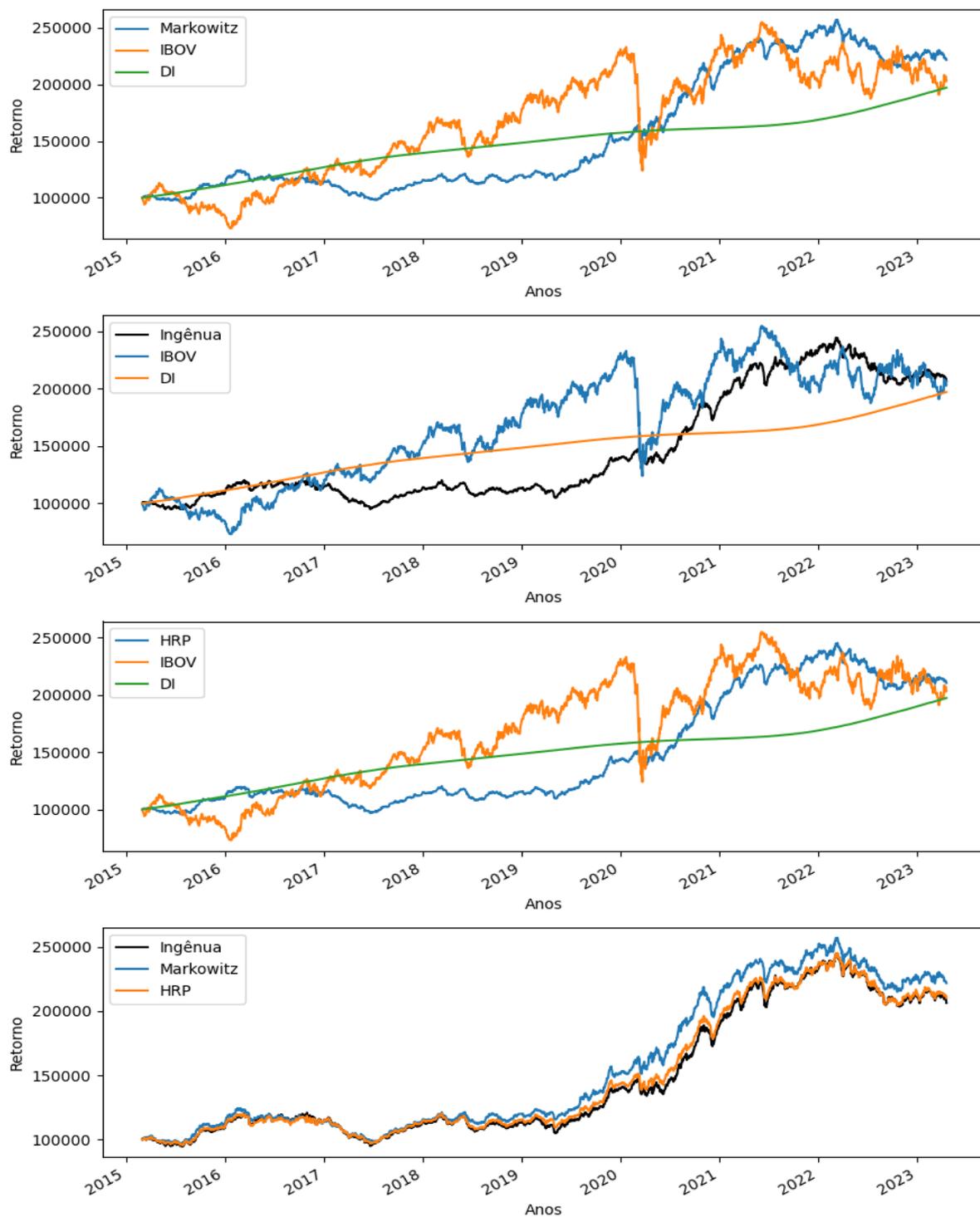
Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Após a avaliações de desempenho dos portfólios, é possível analisar as taxas de retorno anualizadas como alternativa à TMA tradicional, o portfólio com a taxa mais atrativa é o de Markowitz com 10,303%, seguido do HRP com 9,715%, Ingênua com 9,464% e IBOV com 9,270%, já a taxa livre de risco obteve um retorno anualizado de 8,736%. Tornando as taxas alternativas uma opção de baixo risco e com retornos maiores para o uso no cálculo econômico de projetos na área de commodities.

São feitas comparações de uma simulação que analisam o desempenho de um investimento de R\$100.000,00, aplicadas em diferentes taxas de retorno alternativas à TMA e a taxa recomendada pela literatura. Facilitando a visualização, os ativos foram agrupados em conjuntos de 3, alternando suas comparações. A Figura 3 apresenta essa comparação. O primeiro gráfico compara o portfólio de Markowitz, o IBOV e a taxa DI. Nessa análise, Markowitz é testada em relação ao benchmark brasileiro e à taxa livre de risco. No segundo gráfico, a estratégia ingênua, o IBOV e a taxa DI. Nesse caso, a estratégia ingênua é comparada ao benchmark e à taxa DI. O terceiro gráfico apresenta o HRP, o IBOV e a taxa DI, onde é feita a comparação

entre o método HRP e o benchmark, bem como a taxa DI. Por fim, no quarto gráfico, temos a estratégia ingênua, Markowitz e o HRP, comparando os três portfólios que utilizam commodities.

Figura 3 – Retorno Acumulado dos investimentos como alternativa a taxa livre de risco.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Os resultados obtidos foram os seguintes: O portfólio utilizando o método de Markowitz alcançou um retorno de R\$219.365,70; o Hierarchical Risk Parity apresentou um retorno total de R\$210.110,47; a estratégia ingênua gerou um retorno de R\$206.296,98; enquanto o índice de referência IBOV performou R\$203.428,58. Vale destacar que a taxa mínima de atratividade mais convencional no Brasil é a taxa DI, a qual resultou um retorno total de R\$197.126,18. Esses valores evidenciam que ao investir R\$100.000,00 em projetos reais, eles deveriam gerar no mínimo retornos semelhantes ao portfólio de Markowitz, pois o portfólio carrega os mesmos riscos do setor de commodities. Portanto, ao utilizar a taxa de atratividade alternativa estaria garantindo que projetos atrativos não sejam subestimados ou descartados prematuramente.

Com esses resultados é possível perceber que a tomada de decisão por estratégias geradas com projetos de investimentos em commodities podem ser mais rentáveis do que a taxa livre de risco e a carteira teórica de ações brasileiras. Nesse sentido, é importante ressaltar que projetos que não alcancem retornos superiores a taxa mínima de atratividade ajustada devem ser descartados, o que eleva o nível de exigência para viabilidade de tais empreendimentos no mundo real.

Visando encontrar taxas que melhor desempenhem como alternativa à TMA tradicional, investimentos em carteiras diversificadas de commodities trouxeram melhores retornos anualizados. Derivativos de commodities da B3 possuem baixa correlação com outros ativos – ações, títulos públicos e dólar – e adicionando commodities no portfólio pode ser aumentada a performance do investimento (BORGES; DA SILVEIRA, 2020). No entanto, esses achados vão de encontro aos de Silveira e Barros (2010) que não encontraram evidências de uma melhora no desempenho de uma carteira diversificada com a inclusão de commodities, entretanto a diversificação proposta aqui limitou-se apenas entre as commodities. Além disso, esta pesquisa possui limitações de dados, não abrangendo um grupo maior de derivativos, o que poderia gerar resultados diferentes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou evidenciar que alternativas à TMA tornam ainda mais exigentes as decisões sobre projetos, afinal uma taxa mínima de atratividade

ajustada ao setor de commodities, pode ser maior do que uma taxa livre de risco quando comparadas. Para isso, foram consideradas seis *commodities* com cotação no Brasil, no período entre 2015 e 2023. Este estudo tinha como objetivos específicos, a criação de uma taxa alternativa baseada em um portfólio utilizando o método de Markowitz e comparar seu desempenho com a estratégia ingênua de investimento, com seu índice de referência IBOV, além de comparar com a taxa mínima de atratividade, na qual foi usado o DI.

Buscando maior robustez na análise, foi acrescentado o método HRP para criação de portfólios, e conseqüentemente outra taxa alternativa à TMA, além de medidas de risco como Sharpe, Beta, volatilidade e Máximo *Drawdown*. As medidas de risco sugerem que o portfólio usando o modelo de Markowitz, obteve os menores índices de risco em relação aos seus pares, com taxas alternativas superiores, elevando a exigência na atratividade de projetos.

Os resultados mostram que o portfólio de Markowitz gerou o maior retorno entre todos os investimentos, o que impacta diretamente na escolha de projetos do mundo real, outro ponto positivo é a liquidez do mercado, em uma eventual crise na empresa o investimento pode ser desfeito. O modelo usando Markowitz gerou maior retorno acumulado quando comparado à taxa livre de risco (DI), deixando evidente a importância de estudos na área de novos modelos de investimentos em contrapartida a projetos com baixas taxas de atratividade.

Estes achados são úteis principalmente para a literatura de gestão de investimentos, colaborando na tomada de decisão de projetos com taxas alternativas em relação a taxa mínima de atratividade (TMA). Como sugestão para novas pesquisas, seria interessante comparar a performance de *commodities* utilizando portfólios aplicando métodos de *Machine Learning* entre outros modelos mais recentes para averiguar outras taxas alternativas à TMA.

REFERÊNCIAS

ALVES, Luiz Henrique Leal Rodrigues. Teoria moderna de portfólio aplicada ao mercado brasileiro: **Markowitz vs diversificação ingênua**. 2015.

ASRILHANT, Boris et al. **Taxas mínimas de atratividade associadas a diferentes graus de risco: uma metodologia aplicada a projetos de produção da indústria do petróleo no Brasil**. 1995. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.

BESSLER, Wolfgang; OPFER, Heiko; WOLFF, Dominik. Multi-asset portfolio optimization and out-of-sample performance: an evaluation of Black–Litterman, mean-variance, and naïve diversification approaches. **The European Journal of Finance**, v. 23, n. 1, p. 1-30, 2017.

BORGES, Márcio Estevão Miranda; DA SILVEIRA, Rodrigo Lanna Franco. Uma Análise da diversificação de carteiras de investimentos com commodities agropecuárias. **XXVIII Congresso Virtual de Iniciação Científica da Unicamp**. 2020.

BRUM, Felipe Meneghetti. **Aplicação da teoria de Markowitz e índice de Sharpe em um clube de investimento**. Porto Alegre, RS, 2008. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/16808>>. Acesso em 06 jun 2023.

DA COSTA, Thiago Raymon Cruz Cacique. Otimização de portfólio com pré-seleção de ativos usando machine learning: uma aplicação no contexto dos mercados emergentes. **Revista Debates em Economia Aplicada**, v. 2, n. 1, 2022.

DAMODARAN, Aswath. Equity risk premiums (ERP): determinants, estimation and implications-a post_crisis update. **Estimation and implications-A Post-Crisis Update (22 de outubro de 2009)**, 2009. Disponível em:

<https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1492717>. Acesso em 10 nov 2022.

DE OLIVEIRA SILVA, Pedro Henrique; JANNI, Vanessa. Relação da taxa mínima de atratividade no cenário econômico atual com a viabilidade econômica de projetos. **Boletim do Gerenciamento**, v. 25, n. 25, p. 68-75, 2021.

FARIAS, Tácito Augusto; DE MOURA, Fábio Rodrigues. Carteiras eficientes e ingênuas: uma análise comparativa com o uso do modelo de Markowitz. **Revista de Economia Mackenzie**, v. 11, n. 2, 2013. p. 115-117

TESSMANN, Mathias Schneid et al. **Ensaio em precificação e volatilidade de commodities**. 2022. Tese (Doutorado em Economia) – Curso de Pós-graduação em Economia. Universidade Católica de Brasília. p. 9

MA, Yilin, HAN, Ruizhu & WANG, Weizhong. (2021). Portfolio optimization with return prediction using deep learning and machine learning. **Expert Systems With Applications**, 165, pp. 1-15, 2021.

MARKOWITZ, Harry. (1952). Portfolio Selection. **The Journal of Finance**, 7(1), pp. 77-91

MYERS, Stewart. C. The capital structure Puzzle. **The Journal of Finance**. v. 39, n. 3, p. 575-592, 1984.

MIRETE-FERRER, Pedro M. et al. A Review on Machine Learning for Asset Management. **Risks**, v. 10, n. 4, p. 84, 2022.

NAKAHODO, Sidney Nakao; JANK, Marcos Sawaya. A falácia da “doença holandesa” no Brasil. **Journal, Vol**, v. 92, n. 368, p. 825-848, 1982.

RENNER, Marcio Cardoso. **Teoria de portfólio de Markowitz em momentos de crise**. 2010. Monografia (Departamento de Administração) – Universidade Federal do Rio grande do Sul em parceria com a Apimec-Sul P. 10-21

SCHROEDER, Jocimari Tres et al. O custo de capital como taxa mínima de atratividade na avaliação de projetos de investimentos. **Revista de Gestão Industrial**, v. 1, n. 2, p. 33-35, 2005.

SILVEIRA, Rodrigo Lanna Franco da; BARROS, Geraldo Sant'Ana de Camargo. Uma análise da alocação de contratos futuros sobre commodities em portfólios diversos. **Revista de Economia e Sociologia Rural** , v. 48, p. 195-222, 2010.

SINNOTT, Emily; NASH, John; DE LA TORRE, Augusto. **Recursos naturais na América Latina e no Caribe: além de altos e baixos?** . Publicações do Banco Mundial, 2010.

SOUZA, Rodrigo G. de. **Análise da dinâmica entre preços das commodities e inflação no Brasil utilizando fatores comuns e previsões fora da amostra para o período de 2003: 02 a 2014: 02. 2014.** 2015. Disponível em: <http://www.anpec.org.br/encontro/2014/submissao/files_l/i4-b4449766ec459b9199952ac380d79fcf.pdf>. Acesso em 10 nov 2022.