

## OTIMIZAÇÃO E EFICIÊNCIA DE PORTFÓLIOS DO SETOR ELÉTRICO DA B3 SOB A PERSPECTIVA DO MODELO DE MARKOWITZ

Rômula Keli Marino  
[romula.marino1@estudante.ufla.br](mailto:romula.marino1@estudante.ufla.br)  
José Ronaldo do Nascimento  
[José.nascimento@estudante.ufla.br](mailto:José.nascimento@estudante.ufla.br)  
Larissa Xavier Lima Cecoti  
[larissa.cecoti@estudante.ufla.br](mailto:larissa.cecoti@estudante.ufla.br)  
Caio Henrique Vieira Barbosa  
[chenriquevb@gmail.com](mailto:chenriquevb@gmail.com)  
Juciara Nunes de Alcântara  
[juciara.alcantara@ufla.br](mailto:juciara.alcantara@ufla.br)

**RESUMO:** Este estudo analisa a otimização e a eficiência de portfólios compostos por ações de empresas do setor elétrico brasileiro listadas na B3, aplicando a Teoria Moderna do Portfólio (Markowitz, 1952) como referencial metodológico. O setor elétrico, considerado estratégico para o desenvolvimento econômico e classificado como defensivo no mercado de capitais, apresenta relativa estabilidade de demanda, mas também está exposto a riscos regulatórios, macroeconômicos e hidrológicos, que podem impactar a rentabilidade das empresas e a segurança dos investidores. A pesquisa utilizou dados mensais do período de 2022 a 2025, abrangendo dez companhias representativas do segmento. Foram realizadas análises estatísticas de retornos, correlação e volatilidade, seguidas da modelagem de portfólios pela fronteira eficiente de Markowitz. Os resultados indicaram que, embora os ativos apresentem correlações positivas relevantes, a diversificação intra-setorial contribuiu para ganhos de eficiência, especialmente com a inclusão de papéis de menor interdependência, que aumentaram a capacidade de mitigação de riscos. A carteira otimizada apresentou composição concentrada em ativos de perfil defensivo, resultando em baixa volatilidade, retorno esperado moderado e desempenho superior ao IBOVESPA no período analisado. Tais evidências confirmam que estratégias de diversificação, mesmo dentro de um único setor, são eficazes para aprimorar o equilíbrio entre risco e retorno. O estudo contribui tanto para a literatura acadêmica, ao reforçar a aplicabilidade da Teoria Moderna do Portfólio em um setor estratégico da economia brasileira, quanto para a prática do mercado financeiro, ao oferecer subsídios a investidores e gestores interessados em construir carteiras mais robustas e alinhadas a diferentes perfis de risco.

**Palavras-chave:** Teoria Moderna do Portfólio; risco-retorno; setor elétrico; diversificação; B3.

### 1 INTRODUÇÃO

O setor elétrico ocupa posição estratégica no desenvolvimento econômico e social brasileiro, uma vez que a energia elétrica é insumo fundamental para a manutenção das atividades produtivas e para o bem-estar da sociedade (Gomes & Vieira, 2009; Purcidonio *et al.*, 2020). Além de sua relevância estrutural, caracteriza-se por apresentar demanda relativamente estável, independentemente das flutuações macroeconômicas, o que o torna tradicionalmente classificado como defensivo em relação a outros segmentos do mercado de capitais (Almeida & Carneiro Júnior, 2023). Nesse contexto, empresas de energia listadas na B3 têm atraído crescente interesse de investidores institucionais e individuais, em razão da estabilidade operacional, da geração de dividendos e do potencial de valorização (de Lima & dos Santos, 2021).

Entretanto, mesmo em setores considerados resilientes, a gestão de riscos permanece central para a tomada de decisão em investimentos (Nascimento & Sousa Júnior, 2020). A volatilidade de preços dos ativos, mudanças regulatórias, impactos macroeconômicos e dinâmicas próprias do setor podem afetar significativamente o desempenho de carteiras formadas por companhias elétricas. Surge, assim, a necessidade de análises quantitativas que identifiquem composições mais eficientes de portfólios, equilibrando risco e retorno e otimizando estratégias de diversificação.

A Teoria Moderna do Portfólio, proposta por Markowitz (1952), constitui marco nesse campo ao introduzir o conceito de fronteira eficiente. Por meio da análise conjunta de risco e retorno, o modelo permite selecionar carteiras que maximizem o retorno esperado para um dado nível de risco ou que minimizem o risco para determinado patamar de retorno. No mercado de capitais brasileiro, especialmente no setor elétrico, o modelo fornece subsídios para avaliar a correlação entre ativos, a relevância da diversificação intra-setorial e os potenciais ganhos de eficiência decorrentes de diferentes estratégias de alocação (Medeiros, 2022).

Nesse contexto, o objetivo deste estudo é analisar a otimização e a eficiência de portfólios formados por ações de empresas do setor elétrico brasileiro listadas na B3, a partir da aplicação do modelo de Markowitz. Utilizam-se dados de retornos mensais do período de 2022 a 2025, abrangendo companhias relevantes do segmento. A pesquisa busca responder à seguinte questão: de que forma a correlação entre ativos do setor elétrico brasileiro influencia a eficiência dos portfólios e em que medida a diversificação intra-setorial contribui para equilibrar risco e retorno dos investidores?

Ao tratar dessa questão, o estudo contribui para a literatura acadêmica e para a prática do mercado financeiro ao oferecer evidências empíricas sobre a aplicação do modelo de Markowitz em um setor estratégico da economia brasileira. Além disso, ao investigar um segmento essencial para a sociedade, os resultados podem subsidiar decisões de investimento mais seguras e consistentes, considerando tanto as características defensivas do setor quanto as especificidades de cada ativo. O artigo está estruturado em quatro seções principais: fundamentação teórica, metodologia, resultados e discussão, e conclusões, que apresentam as contribuições e implicações do trabalho.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 O setor elétrico brasileiro e sua inserção no mercado de capitais**

O setor elétrico desempenha papel estratégico no desenvolvimento econômico e social do Brasil, uma vez que a energia elétrica constitui insumo essencial para a manutenção das atividades produtivas e para o bem-estar da sociedade (Gomes & Vieira, 2009; Purcidonio et al., 2020). Uma de suas principais características é a relativa estabilidade da demanda, pouco sensível às oscilações macroeconômicas, o que justifica sua classificação como setor defensivo em relação a outros segmentos do mercado de capitais (Almeida & Carneiro Júnior, 2023). Essa natureza defensiva tem contribuído para o crescente interesse de investidores institucionais e individuais em empresas do setor, em razão da estabilidade operacional, da previsibilidade na geração de dividendos e do potencial de valorização de suas ações (de Lima & dos Santos, 2021).

Apesar da atratividade, a gestão de riscos permanece central, mesmo em setores considerados resilientes. A volatilidade dos preços dos ativos, as mudanças regulatórias, os impactos macroeconômicos e as dinâmicas próprias da estrutura setorial podem influenciar de maneira significativa o desempenho das companhias elétricas e, conseqüentemente, a rentabilidade das carteiras formadas com esses ativos (Nascimento & Sousa Júnior, 2020). Esse contexto reforça a necessidade de estudos que avaliem estratégias de diversificação adequadas para equilibrar risco e retorno no setor. Gonçalves (2015) destaca que, apesar das diversas iniciativas implementadas pelo governo federal na última década, o Brasil ainda enfrenta problemas significativos em sua infraestrutura, incluindo o setor elétrico. Esses gargalos estruturais impactam diretamente a percepção de risco por parte dos investidores e stakeholders do setor. O autor enfatiza a importância de uma abordagem integrada e eficiente na gestão desses riscos para garantir a sustentabilidade e o desenvolvimento contínuo do setor elétrico no país.

Além disso, estudos empíricos têm analisado a relação entre risco e retorno das ações de empresas do setor elétrico brasileiro, evidenciando a relevância de métricas quantitativas para a tomada de decisão (Fernandes & Faria, 2010; Macedo, 2023). Nesse contexto, Macedo (2023) avaliou seis empresas do setor entre 2018 e 2022, utilizando o Índice de Sharpe e o coeficiente Alfa, obtido pelo modelo CAPM, para mensurar o equilíbrio entre risco e retorno. Os resultados mostraram que, as companhias apresentaram boa relação risco-retorno, mesmo diante de desafios como a pandemia de COVID-19 e condições hidrológicas adversas. Esses achados reforçam a importância de análises quantitativas na formação de portfólios e na avaliação de investimentos no setor elétrico.

## **2.2 Teoria Moderna do Portfólio: fundamentos e evolução**

A Teoria Moderna do Portfólio (TMP), proposta por Markowitz (1952), constitui um marco na área de finanças ao introduzir uma abordagem quantitativa para a seleção de carteiras de investimento. Seu principal avanço foi integrar a análise de risco e retorno, permitindo ao investidor identificar combinações de ativos que maximizem o retorno esperado para um determinado nível de risco ou, inversamente, que minimizem o risco para um retorno desejado. A noção de fronteira eficiente sintetiza esse equilíbrio, oferecendo um guia prático para a alocação de recursos e a tomada de decisão no mercado financeiro.

Um dos pilares centrais da TMP é o conceito de diversificação, que busca reduzir o risco não sistemático por meio da combinação de ativos com diferentes níveis de correlação. Dessa forma, a variabilidade individual de cada ativo pode ser atenuada quando inserida em uma

carteira diversificada, aumentando a eficiência do portfólio sem comprometer o retorno esperado. Apesar de suas contribuições, a TMP apresenta limitações, como a suposição de normalidade dos retornos, a necessidade de estimativas precisas de covariância e a ausência de consideração explícita dos custos de transação e da liquidez dos ativos (Sampaio, *et al.*, 2025).

Estudos reafirmam a relevância da TMP (Albuquerque, 2016), considerando minimização do risco em carteira, aplicação da moderna teoria do portfólio, como ferramenta de análise de investimentos. Lehmkuhl, Schnorrenberger e Flach (2022) mencionam a importância de alinhar a construção da carteira ao perfil do investidor, enfatizando que o equilíbrio entre risco e retorno deve considerar tanto as características dos ativos quanto as preferências individuais (Paiva, 2020). No contexto brasileiro, Santos e Tessari (2012) aplicaram técnicas quantitativas de otimização de carteiras utilizando a TMP e observaram que a diversificação proporciona ganhos de eficiência, embora esses efeitos sejam limitados pela elevada volatilidade e pela menor liquidez do mercado nacional.

Dessa forma, a Teoria Moderna do Portfólio permanece atual e aplicável, oferecendo subsídios tanto para análises conceituais quanto para decisões práticas de investimento, especialmente em setores como o elétrico, em que a estabilidade relativa dos ativos convive com desafios diversos. Ao fornecer uma base metodológica para avaliar risco e retorno de forma estruturada, a TMP sustenta a formulação de estratégias de diversificação que podem aumentar a eficiência das carteiras e reduzir a exposição a riscos específicos do setor (Costa, 2025; Sampaio, *et al.*, 2025)

### **2.3 Aplicações da Teoria Moderna do Portfólio e diversificação intra-setorial no setor elétrico brasileiro**

No contexto brasileiro, Santos e Tessari (2012) aplicaram técnicas quantitativas de otimização de carteiras e verificaram que a diversificação proporciona ganhos de eficiência, embora fatores como elevada volatilidade e baixa liquidez possam limitar os resultados. De forma conceitual, Lehmkuhl, Schnorrenberger e Flach (2022) reforçam a importância de alinhar a carteira ao perfil do investidor, considerando tanto o equilíbrio entre risco e retorno quanto as características individuais dos ativos (Alves, 2015; Farias, & de Moura, 2013). Gonçalves (2015) complementa essa análise ao enfatizar que a percepção de risco dos investidores é influenciada por gargalos estruturais e deficiências na infraestrutura, reforçando a necessidade de uma gestão integrada e eficiente dos riscos.

Além disso, a diversificação intra-setorial — ou seja, a formação de carteiras com ativos de diferentes empresas dentro do mesmo setor — mostra-se uma estratégia eficaz para equilibrar risco e retorno no setor elétrico. Essa abordagem permite explorar diferenças de correlação entre ativos, mitigando riscos específicos de cada empresa, sem abrir mão da estabilidade característica do setor (Mesquita, 2019). A combinação de análise quantitativa, métricas de risco e conhecimento do ambiente setorial fornece subsídios para a construção de portfólios mais eficientes, adaptados às condições do mercado brasileiro. Portanto, a TMP, quando aplicada com atenção às particularidades do setor elétrico e complementada por estratégias de diversificação intra-setorial, continua sendo uma ferramenta robusta para a tomada de decisão, auxiliando investidores e gestores na avaliação de risco, retorno e eficiência das carteiras de investimento (Farias, & de Moura, 2013; de Carvalho *et al.*, 2023).

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

Este estudo utilizou a TMP de Markowitz (1952) para analisar a eficiência e otimização de carteiras compostas por ações do setor elétrico brasileiro listadas na B3, considerando dados mensais de 2022 a 2025. O objetivo foi investigar como a correlação entre os ativos influencia a eficiência das carteiras e de que forma a diversificação intra-setorial contribui para o equilíbrio entre risco e retorno. A pesquisa foi desenvolvida em três etapas: inicialmente, realizou-se a coleta e o tratamento dos dados, obtendo-se os preços de fechamento mensais de dez empresas do setor elétrico, a partir dos quais foram calculados os retornos mensais de cada ativo. Em seguida, procedeu-se à análise estatística descritiva e de correlação, examinando medidas de tendência central, dispersão e as relações entre os ativos, identificando padrões relevantes para a diversificação da carteira. Por fim, aplicou-se o modelo de Markowitz para determinar os pesos ideais que minimizam o risco do portfólio, resultando na seguinte composição: CMIG4 (20,18%), CPFE3 (34,17%), EGIE3 (31,47%), ELET3 (0,22%), EQTL3 (13,96%) e 0% para ENEV3 e NEOE3, com retorno esperado de 1,33% e desvio padrão de 4,66%. O desempenho do portfólio otimizado foi comparado ao do IBOVESPA, evidenciando os ganhos de eficiência proporcionados pela diversificação intra-setorial.

### 4 RESULTADOS E DISCUÇÃO

Os resultados da análise indicam que os preços das ações do setor elétrico brasileiro apresentaram variações significativas ao longo do período de janeiro de 2022 a agosto de 2025, refletindo tanto o desempenho individual de cada empresa quanto a dinâmica setorial. Observa-se que alguns ativos, como ENGI11 e EQTL3, registraram tendências de valorização mais acentuadas, enquanto outros, como CMIG4 e AURE3, apresentaram movimentos mais moderados, sugerindo potencial de diversificação. Esses dados permitem avaliar a evolução dos retornos mensais e embasar as análises de correlação e otimização das carteiras. A seguir, a Tabela 1 apresenta detalhadamente os preços de fechamento

Tabela 1 – Evolução mensal dos preços das ações do setor elétrico na B3

	ELET3	EQTL3	CPFE3	CMIG4	CPL6	NEOE3	EGIE3	ENGI11	ENEV3	AURE3
01-2022	31,21	21,26	24,12	4,64	5,80	13,48	31,79	34,92	13,21	12,50
02-2022	30,75	23,68	25,22	4,52	5,69	13,31	31,14	35,86	13,47	11,49
03-2022	33,59	25,20	26,90	5,37	6,21	14,24	34,43	41,19	14,78	12,51
04-2022	35,80	23,74	30,13	5,46	6,11	15,53	33,36	40,21	13,72	11,47
05-2022	38,00	22,02	28,09	5,63	6,05	15,28	34,95	37,34	15,58	10,92
06-2022	41,66	21,69	28,28	5,30	6,03	12,72	33,42	34,05	14,77	10,67
07-2022	41,31	23,56	30,07	5,83	6,17	12,63	35,78	37,17	15,21	11,11
08-2022	41,58	22,96	32,02	6,27	6,15	14,24	32,77	35,69	15,50	12,04
09-2022	38,75	25,54	30,92	5,58	5,81	13,18	31,68	36,27	14,15	10,61
10-2022	44,93	28,52	32,44	6,00	6,53	14,29	33,09	41,98	14,18	11,69
11-2022	42,84	26,16	31,96	6,06	7,13	13,67	32,50	36,94	12,34	10,83
12-2022	37,98	25,66	30,40	5,88	7,29	13,31	31,62	38,25	11,93	11,54

01-2023	36,66	26,61	30,48	6,28	7,16	12,97	33,06	36,50	12,00	12,07
02-2023	30,95	24,15	27,74	5,75	6,50	12,33	33,00	33,58	11,43	11,59
03-2023	30,01	25,60	28,98	6,27	6,40	13,14	33,75	34,79	10,47	11,49
04-2023	30,53	25,96	30,35	6,90	7,39	13,54	34,64	36,99	11,35	12,36
05-2023	32,04	26,76	27,73	6,59	6,84	14,66	35,31	38,97	11,45	11,03
06-2023	36,08	30,96	33,63	7,25	7,64	19,30	40,03	44,42	12,27	12,41
07-2023	35,08	32,30	34,98	7,25	7,71	17,78	38,59	44,42	13,37	12,12
08-2023	32,00	30,49	33,39	7,05	7,98	16,84	36,90	40,80	11,92	11,78
09-2023	33,48	30,87	33,61	7,10	8,26	17,00	37,13	41,98	12,06	11,89
10-2023	31,62	30,43	33,44	6,82	7,74	16,17	35,22	41,85	10,82	11,62
11-2023	37,09	32,80	37,05	6,43	9,06	17,88	38,99	47,39	12,69	12,72
12-2023	38,51	34,40	38,51	6,66	9,92	19,70	40,63	48,34	13,61	11,52
01-2024	37,04	34,12	36,26	7,06	9,70	18,83	36,52	45,45	12,76	12,68
02-2024	39,48	32,91	35,39	7,33	9,79	20,35	37,81	46,52	12,83	12,35
03-2024	37,85	31,34	34,81	7,69	9,21	19,17	36,23	43,80	12,75	11,45
04-2024	34,36	28,42	31,90	7,89	8,71	18,07	36,80	41,26	12,38	11,51
05-2024	31,92	28,15	34,10	8,24	8,74	18,03	39,00	41,82	12,43	11,86
06-2024	32,89	30,01	32,73	8,19	8,95	17,72	41,01	41,74	12,70	12,26
07-2024	36,31	31,91	32,48	9,13	9,71	17,29	40,95	40,19	12,63	11,80
08-2024	38,31	33,44	34,09	9,77	10,04	19,16	41,82	43,29	13,13	11,31
09-2024	36,10	31,78	33,93	9,99	9,81	18,87	40,28	41,88	13,97	10,39
10-2024	34,84	31,41	32,77	10,11	9,44	18,39	39,35	40,34	13,08	10,18
11-2024	31,53	29,93	32,62	10,58	9,50	18,67	36,06	37,60	11,55	9,79
12-2024	31,31	26,79	31,59	9,88	8,95	18,20	33,69	34,11	10,53	8,71
01-2025	33,95	29,48	34,38	9,92	9,70	18,28	35,22	37,08	11,80	8,06
02-2025	35,95	29,49	35,08	10,07	9,87	18,96	35,57	35,59	11,78	7,74
03-2025	38,37	31,39	37,70	9,29	10,41	20,38	36,94	39,18	11,83	7,39
04-2025	41,34	36,11	38,19	10,09	11,53	22,33	39,78	45,00	13,51	8,87
05-2025	40,29	35,89	40,49	9,99	12,67	24,84	39,29	46,53	13,97	9,88
06-2025	38,69	35,96	40,86	10,59	12,46	25,35	44,41	47,33	13,65	10,17
07-2025	36,31	34,07	37,91	10,33	11,86	24,51	39,05	44,73	13,45	9,27
08-2025	43,23	36,57	39,37	11,11	12,02	27,34	39,06	47,81	15,11	10,86

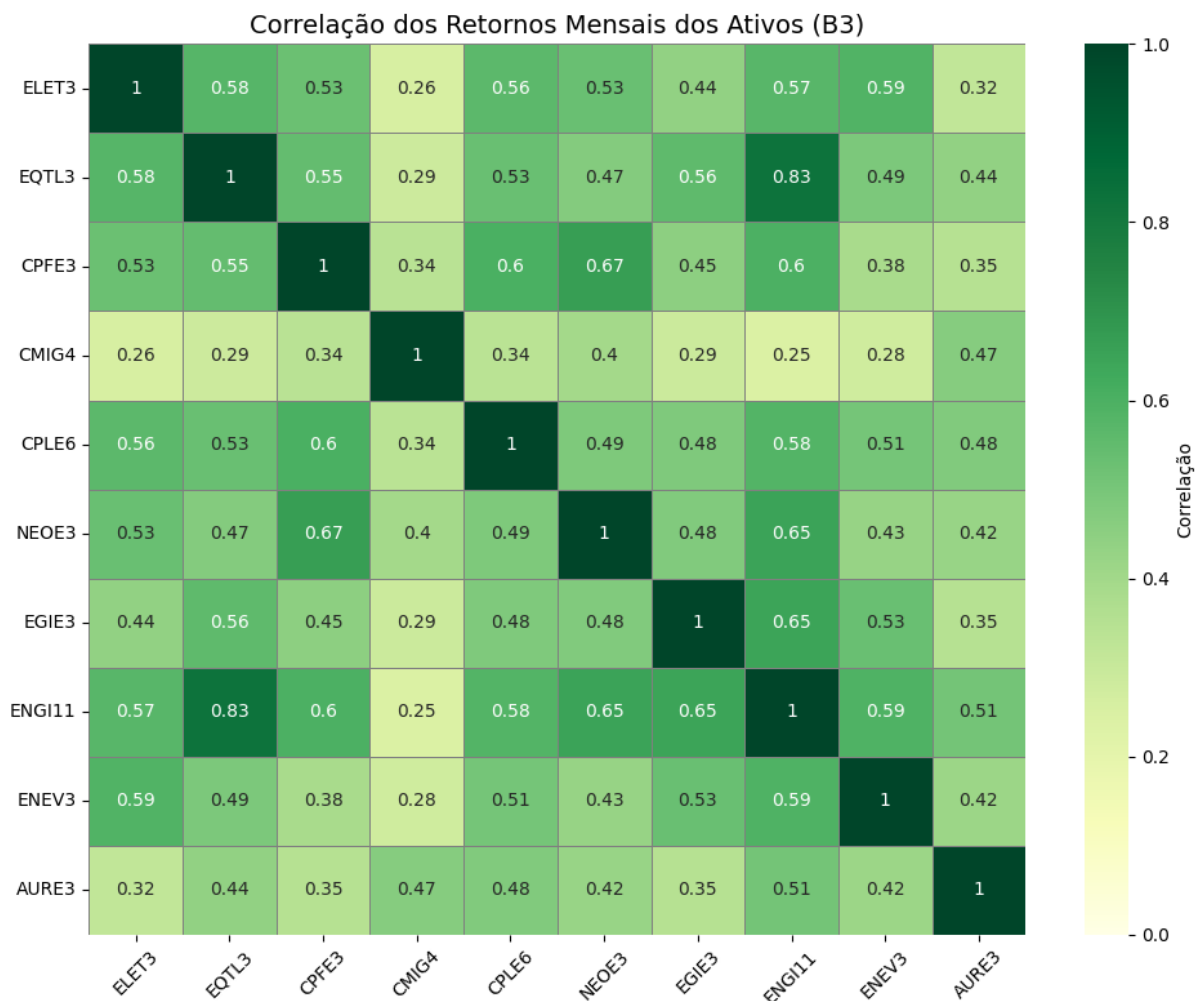
Fonte: Elaborado pelos autores, em Python, (2025).

Na figura 1 observa-se que as correlações variam entre 0,25 e 0,83, sem ocorrência de valores negativos, o que indica que os ativos tendem a se mover na mesma direção, embora com intensidades distintas. Entre os pares mais correlacionados destacam-se EQTL3 e ENGI11, com correlação de 0,83, evidenciando um comportamento bastante semelhante. Outros pares também exibem correlação forte, como CPFE3 e NEOE3 (0,67), NEOE3 e ENGI11 (0,65) e EGIE3 e ENGI11 (0,65), sinalizando a presença de fatores de risco comuns entre esses ativos.

Em contraste, alguns pares apresentam correlações mais baixas, como CMIG4 com ENGI11 (0,25) e CMIG4 com EQTL3 (0,29), sugerindo que o papel CMIG4 possui maior independência em relação ao restante do setor e pode ser utilizado como elemento de diversificação dentro de uma carteira.

Observa-se também que ativos como ENGI11 e EQTL3 se mostram mais centrais, pois mantêm correlações elevadas com grande parte dos demais ativos, indicando que refletem de maneira mais representativa o comportamento setorial. Já CMIG4 e AURE3, ao exibirem correlações mais reduzidas, podem contribuir para uma maior diversificação no portfólio. Em síntese, o gráfico evidencia que os ativos do setor elétrico brasileiro são, em geral, positivamente correlacionados, reforçando a característica defensiva desse segmento frente a fatores macroeconômicos. Entretanto, a inclusão de ativos com correlações mais baixas pode contribuir para reduzir riscos e aumentar a eficiência de uma carteira formada dentro do próprio setor.

Figura 1 - Correlação entre os ativos em estudo

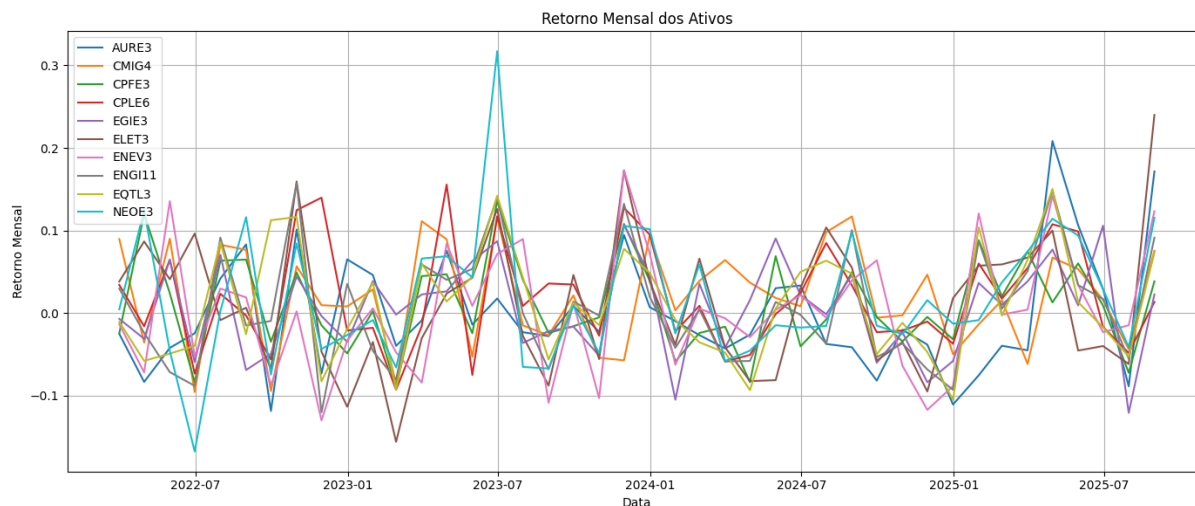


Fonte: Elaborado pelos autores, em Python, (2025).

O gráfico 1 apresenta a evolução dos retornos mensais de diferentes ativos do setor elétrico listados na B3 entre meados de 2022 e 2025. Observa-se que os papéis exibem comportamentos semelhantes ao longo do período, com oscilações mensais em torno de zero, o que confirma a característica defensiva típica do setor. Apesar da similaridade, há momentos em que determinados ativos apresentam movimentos mais acentuados, como AURE3, que em meados de 2022 registrou um pico de retorno próximo a 0,3, destoando dos demais. Também se verificam episódios de quedas mais pronunciadas em alguns ativos, como CMIG4 e NEOE3, em determinados intervalos, ainda que essas variações tenham sido acompanhadas de movimentos semelhantes nos outros papéis.

De modo geral, a figura indica que os ativos tendem a acompanhar a mesma tendência ao longo do tempo, reforçando a ideia de correlação positiva já identificada na matriz anterior. Contudo, a dispersão ocasional de determinados papéis sugere que existem diferenças no nível de risco e na resposta a fatores específicos, o que pode ser explorado em estratégias de diversificação. Assim, embora o setor elétrico apresente uma trajetória relativamente alinhada, alguns ativos se destacam em determinados períodos, oferecendo oportunidades tanto de captura de retornos acima da média quanto de proteção frente a variações conjunturais.

Gráfico 1 - Evolução do Risco de 2025



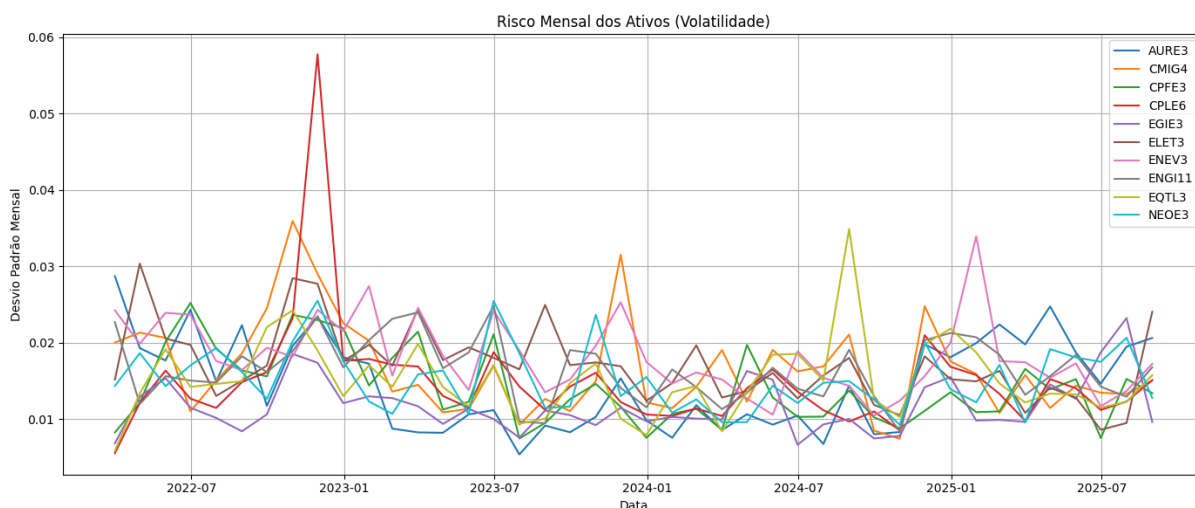
Fonte: Elaborado pelos autores, em Python, (2025).

O gráfico 2 apresenta a evolução do risco mensal, medido pelo desvio padrão dos retornos, dos principais ativos do setor elétrico listados na B3 entre 2022 e 2025. De forma geral, observa-se que a volatilidade se manteve em patamares relativamente baixos, concentrando-se na faixa entre 0,01 e 0,03, o que confirma a natureza defensiva típica desse setor. No entanto, alguns picos de instabilidade chamam a atenção, como o caso de CPLE6 no início de 2023, que atingiu o maior nível de volatilidade do período, próximo de 0,06, bem acima da média dos demais ativos. Outros episódios pontuais de maior risco podem ser

observados em ENGI11, no segundo semestre de 2024, e em CPLE6 novamente no início de 2025.

Embora as oscilações individuais variem entre os ativos, o gráfico mostra que, na maior parte do tempo, eles apresentam padrões de volatilidade semelhantes, com tendência a acompanhar os mesmos movimentos de alta ou baixa no risco. Isso sugere que fatores macroeconômicos e setoriais influenciam de forma conjunta o comportamento das empresas de energia elétrica. Ainda assim, a presença de desvios mais acentuados em determinados papéis, como CPLE6 e AURE3 em alguns momentos, indica que riscos específicos de cada companhia também desempenham papel relevante. Em síntese, a análise evidencia que o setor elétrico apresenta um nível de risco relativamente estável e moderado, mas não homogêneo, de modo que alguns ativos se destacam por oscilações mais intensas em determinados períodos, o que pode impactar a construção de portfólios diversificados dentro do setor.

Gráfico 2 - Risco mensal dos atibos



Fonte: Elaborado pelos autores, em Python, (2025).

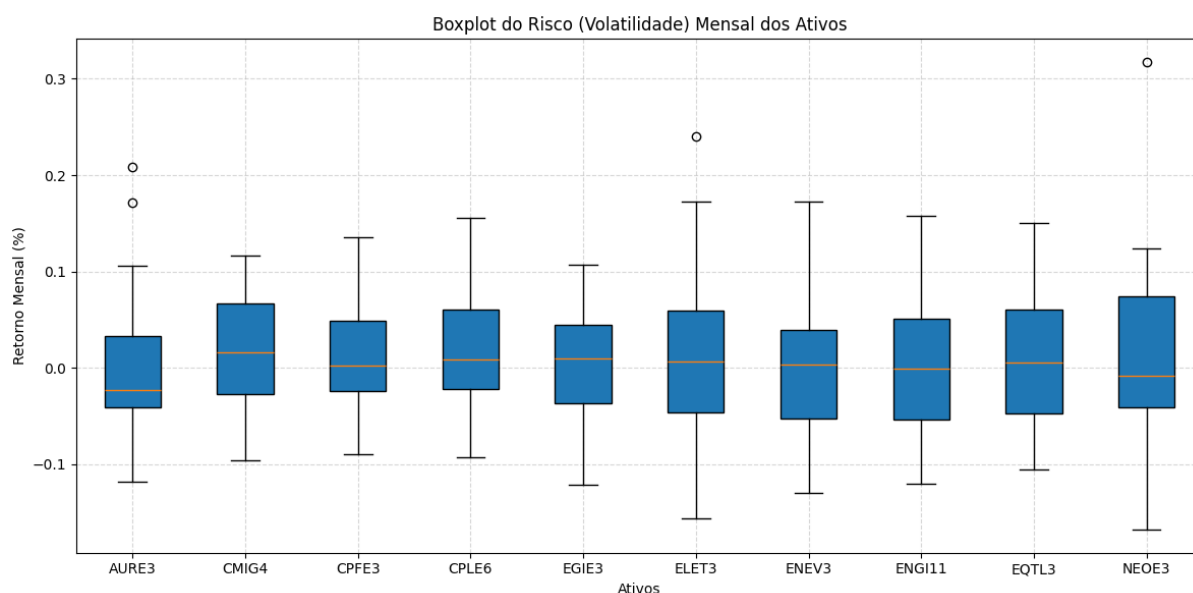
O boxplot do risco (volatilidade) mensal dos ativos apresentado no gráfico 3, permite observar como os retornos se distribuíram ao longo do período analisado, destacando a mediana, a dispersão e a presença de valores extremos. De modo geral, percebe-se que a mediana dos retornos mensais da maior parte dos ativos se encontra próxima de zero, o que indica um equilíbrio entre ganhos e perdas ao longo do tempo, sem tendência consistente de valorização ou desvalorização. No entanto, a amplitude interquartil revela diferenças importantes: ativos como AURE3, ELET3 e NEOE3 apresentam maior variabilidade nos retornos mensais, enquanto papéis como CMIG4, CPFE3 e CPLE6 mostram distribuições mais concentradas, refletindo um comportamento relativamente menos arriscado.

Outro ponto relevante é a presença de outliers em alguns ativos, que evidenciam meses de retornos atípicos e muito acima da média. Entre os destaques, AURE3 apresentou picos em torno de 0,20, ELET3 registrou um valor próximo de 0,24 e NEOE3 chegou a ultrapassar 0,30, sendo o ativo com o maior desvio em relação ao padrão. Além disso, observa-se que alguns

papéis, como NEOE3 e ENG11, tendem a apresentar uma leve assimetria negativa, sinalizando quedas mais intensas em determinados momentos, enquanto AURE3 e ELET3 demonstraram episódios de valorização mais expressivos, evidenciando assimetria positiva.

De forma geral, o boxplot mostra que, embora os ativos do setor elétrico mantenham um padrão de risco relativamente controlado, alguns papéis se destacam por maior instabilidade e pela ocorrência de eventos excepcionais. Isso indica que, em termos de gestão de portfólio, ativos como AURE3, ELET3 e NEOE3 podem oferecer oportunidades de ganhos mais elevados, mas também exigem maior cautela devido ao risco associado à sua volatilidade.

Gráfico 3 - Boxplot do risco mensal dos ativos



Fonte: Elaborado pelos autores, em Python, (2025).

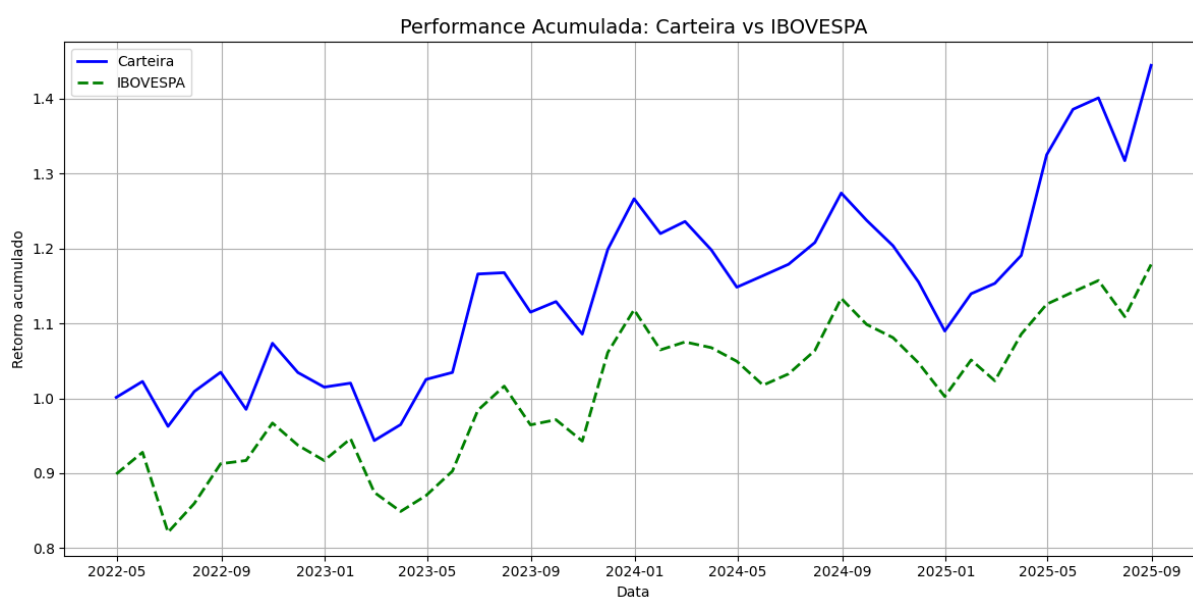
O gráfico 4 que ilustra a performance acumulada compara a evolução da carteira simulada em relação ao índice de referência IBOVESPA entre maio de 2022 e setembro de 2025. Nota-se que, ao longo de praticamente todo o período analisado, a carteira apresentou desempenho superior ao do índice, evidenciando a eficácia da seleção de ativos em gerar retornos acima do mercado.

Enquanto o IBOVESPA iniciou o período com retornos próximos de 0,90 e encerrou em torno de 1,15, a carteira começou próxima de 1,00 e alcançou aproximadamente 1,45 no final da série, o que representa uma valorização significativamente maior. Esse resultado demonstra que a estratégia adotada foi capaz de não apenas superar o benchmark, mas também oferecer maior consistência ao longo do tempo, mesmo em momentos de maior volatilidade. Observa-se ainda que, em períodos de queda do índice, como no início de 2023 e novamente no começo de 2025, a carteira conseguiu preservar melhor sua performance, mostrando resiliência frente às oscilações do mercado. Nos momentos de recuperação, a carteira também

apresentou ritmo de crescimento mais acelerado do que o IBOVESPA, ampliando a diferença de retorno acumulado.

De forma geral, a análise sugere que a carteira construída não apenas superou o desempenho do índice de mercado, mas também demonstrou maior estabilidade, indicando que a composição dos ativos contribuiu positivamente para otimizar o equilíbrio entre risco e retorno.

Gráfico 4 - Performance acumulada: Carteira vs IBOVESPA



Fonte: Elaborado pelos autores, em Python, (2025).

Os dados apresentados na figura 2, correspondem à composição de uma carteira de investimentos construída com foco em mínimo risco, utilizando ativos do setor de energia listados na B3. A alocação ótima resultou em uma concentração em poucos ativos, destacando-se CPFE3 (34,17%), EGIE3 (31,47%), CMIG4 (20,18%) e, em menor proporção, EQTL3 (13,96%). Os demais ativos, como ENEV3, ENGI11 e NEOE3, não foram incluídos na carteira, enquanto ELET3 teve participação residual (0,22%). Esse resultado indica que, para a estratégia de risco mínimo, o modelo identificou como mais eficientes aqueles papéis com comportamento de retornos mais estável e baixa correlação em relação aos demais.

Do ponto de vista de métricas, a carteira apresenta um retorno esperado de 1,33%, o que reflete ganhos moderados, coerentes com a priorização da redução de risco. O desvio padrão de 4,66% confirma a baixa volatilidade da carteira, reforçando seu caráter conservador. Já o Índice de Sharpe de 0,29 sugere que a relação entre risco e retorno não é das mais elevadas, indicando que, embora a carteira seja eficiente em termos de redução de risco, o prêmio de retorno ajustado pelo risco ainda é relativamente modesto.

Em síntese, a análise mostra que a carteira construída privilegia ativos defensivos, capazes de oferecer maior estabilidade, mas sacrifica o potencial de retorno em troca de menor

exposição ao risco. Trata-se, portanto, de uma carteira adequada para perfis conservadores ou para estratégias que priorizem preservação de capital em detrimento de retornos mais agressivos.

Figura 2 – Pesos ótimos para mínimos riscos

Pesos ótimos para mínimo risco:	
CMIG4:	20.18%
CPFE3:	34.17%
EGIE3:	31.47%
ELET3:	0.22%
ENEV3:	0.00%
ENGI11:	0.00%
EQTL3:	13.96%
NEOE3:	0.00%
Retorno esperado: 1.33%	
Risco (desvio padrão): 4.66%	
Índice de Sharpe: 0.29	

Fonte: Elaborado pelos autores, em Python, (2025).

Na figura 3 a carteira apresentada foi construída com foco na menor volatilidade possível, priorizando a redução de riscos em detrimento de maiores retornos. O resultado mostra um retorno esperado de 1,32%, considerado modesto, acompanhado de uma volatilidade de 4,76%, o que indica um nível de risco baixo para o mercado de ações. O índice de Sharpe de 0,28 confirma que a relação entre risco e retorno é pouco eficiente, já que o ganho adicional por unidade de risco não é significativo.

Na composição da carteira, observa-se forte concentração no setor elétrico, caracterizado por empresas de perfil defensivo e fluxos de caixa mais previsíveis, o que contribui para a estabilidade. Os ativos CPFE3 e EGIE3 são os mais representativos, juntos somando mais da metade do portfólio. Outros papéis relevantes, como CMIG4 e EQTL3, também têm peso expressivo, reforçando a predominância do setor. Os demais ativos, como ELET3, ENEV3, ENGI11 e NEOE3, aparecem com participações menores, atuando principalmente como forma de diversificação e suavização de riscos específicos.

Em termos de interpretação, trata-se de uma carteira adequada para investidores que buscam segurança, preservação de capital e menor exposição a oscilações de mercado. No entanto, o custo dessa estabilidade é a limitação do potencial de retorno, o que a torna menos atrativa para perfis que buscam crescimento ou uma relação risco-retorno mais eficiente.

Figura 3 – Carteira com menor volatilidade

Carteira com MENOR VOLATILIDADE:
Retorno Esperado: 1.32%
Volatilidade (Risco): 4.76%
Índice de Sharpe: 0.28
Pesos da carteira:
CMIG4: 16.17%
CPFE3: 30.92%
EGIE3: 23.47%
ELET3: 4.31%
ENEV3: 4.06%
ENGI11: 1.34%
EQTL3: 17.41%
NEOE3: 2.31%

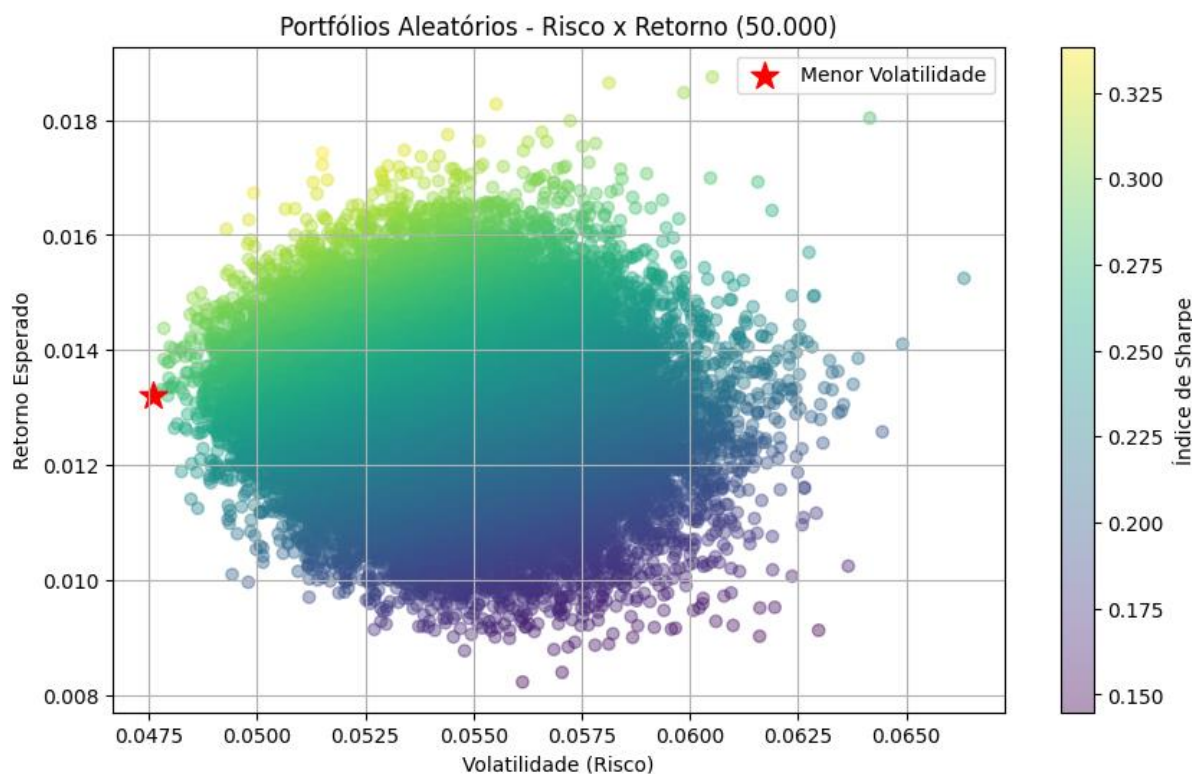
Fonte: Elaborado pelos autores, em Python, (2025).

O gráfico 5 apresenta a simulação de 50 mil portfólios aleatórios, representando a relação entre risco (volatilidade) e retorno esperado. Cada ponto no plano corresponde a uma carteira possível, sendo a cor associada ao Índice de Sharpe: quanto mais próximo do amarelo, maior a relação risco-retorno; quanto mais próximo do roxo, menor essa eficiência. Observa-se que a dispersão dos pontos forma uma espécie de “nuvem” que ilustra a fronteira de combinações possíveis, com retornos variando em torno de 0,8% a 1,9% e volatilidades entre aproximadamente 4,7% e 6,5%.

O destaque do gráfico é o ponto marcado com uma estrela vermelha, identificado como a carteira de menor volatilidade. Essa carteira se posiciona no extremo esquerdo da distribuição, indicando que apresenta o risco mais baixo entre todas as combinações analisadas. No entanto, embora ofereça estabilidade, o seu Índice de Sharpe está abaixo dos pontos que aparecem em tons mais claros na parte superior, o que sugere que existem alternativas mais eficientes em termos de retorno por unidade de risco.

Em síntese, o gráfico mostra que a carteira de menor volatilidade cumpre o papel de reduzir riscos ao máximo, mas não representa a melhor relação risco-retorno disponível. Dessa forma, ela se torna adequada para perfis conservadores, mas pode não ser a opção mais atraente para investidores que buscam otimização do retorno ajustado ao risco.

Gráfico 5 - Portfólios aleatórios – risco x retorno



Fonte: Elaborado pelos autores, em Python, (2025).

## 5 CONCLUSÃO

A análise desenvolvida buscou responder à seguinte questão: de que forma a correlação entre ativos do setor elétrico brasileiro influencia a eficiência dos portfólios e em que medida a diversificação intra-setorial contribui para equilibrar risco e retorno dos investidores. Verificou-se que a aplicação do modelo de Markowitz ao setor permite identificar combinações mais eficientes, mesmo diante da correlação positiva significativa entre os ativos. A inclusão de papéis com menor interdependência, como CMIG4 e AURE3, aumentou a eficiência das carteiras, e a composição ótima privilegiou empresas com maior estabilidade de retornos, resultando em uma carteira conservadora, de baixa volatilidade e desempenho superior ao IBOVESPA no período analisado.

Os achados confirmam a característica defensiva do setor elétrico e mostram que, mesmo em segmentos relativamente estáveis, a diversificação intra-setorial é capaz de gerar ganhos adicionais para investidores. Contudo, também ficou evidente que a busca por mínima volatilidade pode reduzir o potencial de retorno, o que sugere a necessidade de adequar a escolha da carteira ao perfil de risco de cada investidor.

Do ponto de vista acadêmico, o trabalho contribui ao reforçar a aplicabilidade da Teoria Moderna do Portfólio em um setor estratégico da economia brasileira, destacando o papel da diversificação intra-setorial na construção de carteiras mais robustas. No âmbito prático, os

resultados oferecem subsídios para decisões de investimento mais informadas, sobretudo para perfis conservadores que priorizam a preservação de capital. Como agenda futura, sugere-se a ampliação da análise para diferentes setores da B3 e a utilização de métricas complementares, como o Value at Risk (VaR) e o Conditional Value at Risk (CVaR), de forma a aprofundar a avaliação de risco e eficiência das carteiras.

## REFERÊNCIAS

Albuquerque, M. M. D. (2016). Minimização do risco em carteira: aplicação da moderna teoria do portfólio.

Almeida, G., & Carneiro Júnior, J. B. A. (2023). Modelo de regressão linear para investigar a relação entre os valores das empresas do setor de energia no Brasil e os indicadores de curto prazo de empresas. *Revista Brasileira de Administração Científica*, 14(2), 29–39. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-684X.2023.002.0003>

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

Costa, M. T. D. (2025). As finanças comportamentais nas métricas de investimento: proposição de um índice de avaliação de risco-retorno.

de Carvalho Silva, T. E. B., dos Santos, D. R., & Sanfins, M. A. (2023). Aplicação do modelo de Markowitz na otimização de carteiras de investimento de risco. *International Journal of Scientific Management and Tourism*, 9(6), 3531-3542.

de Lima, R. Q. B., & dos Santos Martins, M. A. (2021). Influência da estrutura de capital sobre a rentabilidade das empresas do setor de energia elétrica listadas na B3. *ConTexto-Contabilidade em Texto*, 21(47).

de Oliveira, S. L., de Souza, C. A. L., da Silva Bender, F. E. A., Ribeiro, F. A. V., Gomes, G. M., & Sampaio Filho, J. A. (2023). Estratégias de Investimento no Mercado de Capitais Métricas para uma Carteira de Investimentos com Foco em Dividendos sob a Ótica de Quatro Investidores Renomados: Luiz Barsi, Décio Bazin, Joel Greenblatt E Benjamin Graham. *Journal of Accounting Management Economics and Sustainability*, 1(1).

Farias, T. A., & de Moura, F. R. (2013). Carteiras eficientes e ingênuas: uma análise comparativa com o uso do modelo de Markowitz. *Revista de Economia Mackenzie*, 11(2).

Fernandes, F. C., de Souza, J. A. L., & de Faria, A. C. (2010). Evidenciação de riscos e captação de recursos no mercado de capitais: um estudo do setor de energia elétrica. *Contabilidade Gestão e Governança*, 13(1).

- Gomes, J. P. P., & Vieira, M. M. F. (2009). O campo da energia elétrica no Brasil de 1880 a 2002. *Revista de Administração Pública*, 43(2), 295–321. <https://doi.org/10.1590/S0034-76122009000200002>
- GONÇALVES, Edson. Percepção de risco no setor elétrico brasileiro. **Revista Conjuntura Econômica**, v. 69, n. 5, p. 54-56, 2015.
- Lehmkuhl, R., Schnorrenberger, D., & Flach, L. (2022). Teoria Moderna do Portfólio: a busca por uma carteira de investimentos adequada. *Revista Controladoria e Gestão*, 3(1), 578-594.
- Medeiros, A. M. R. D. (2022). Análise do desempenho de empresas do setor energético no mercado de capitais brasileiro entre 2015 e 2019.
- Mesquita Junior, A. P. D. S. (2019). Estrutura de investimentos e mudança estrutural: configuração recente e implicações da dinâmica setorial do investimento brasileiro.
- Nascimento, R. R. D., & Sousa Júnior, A. B. D. (2020). Auditoria, controle interno e gestão de risco: Importantes aliados na tomada de decisão. *Entrepreneurship*, 4(2), 1–12. <https://doi.org/10.6008/CBPC2595-4318.2020.002.0001>
- Gomes, J. P. P., & Vieira, M. M. F. (2009). O campo da energia elétrica no Brasil de 1880 a 2002. *Revista de Administração Pública*, 43(2), 295–321.
- Paiva, R. T., Silva, H. A., de Souza, J. C. M., Novôa, N. F., & de Araújo Pereira, C. M. M. (2020). O perfil do investidor individual no mercado financeiro. *Revista Vianna Sapiens*, 11(2), 30-30.
- Purcidonio, P. M., Ferreira, M. L. A., da Matta Marques, B., Leão, M. F., & Soares, T. C. S. (2020). Sustentabilidade corporativa no setor de energia elétrica Brasileiro: um estudo de caso. *Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, 15(2), 337.
- Sampaio, Y. L. G., do Nascimento, J. O., Nakano, C. A., de Moraes Sanchez, E., Lugoboni, L. F., & Zittei, M. V. M. (2025). Análise das Teorias de Portfólio: existe mais do que apenas Markowitz. *Contabilometria*, 12(1).
- Santos, André Alves Portela; TESSARI, Cristina. Técnicas quantitativas de otimização de carteiras aplicadas ao mercado de ações brasileiro. *Brazilian Review of Finance*, v. 10, n. 3, p. 369-393, 2012.
- Silva, M. C., Mattar, B. M., da Rosa, M., & de Oliveira, E. F. (2020). Diversificação do risco de um portfólio de ativos modelo de Markowitz. *Redeca, Revista Eletrônica do Departamento de Ciências Contábeis & Departamento de Atuária e Métodos Quantitativos*, 7(2), 19-34.

