



## APLICAÇÃO DO METODO DE MARKOWITZ PARA SELEÇÃO DE CARTEIRA DE INVESTIMENTOS: UMA APLICAÇÃO EM EMPRESAS ESG

**José Henrique Wieneke Filho**, egresso PUC-Campinas e gerente Banco Safra,  
zewieneke@gmail.com

**Marcos Ricardo Rosa Georges**, Professor PUC-Campinas,  
marcos.georges@puc-campinas.edu.br

### Resumo

O presente artigo aplicou o modelo de seleção de portfólio de Markowitz com o intuito de compor uma carteira de investimentos de risco mínimo, utilizando ações de empresas consideradas ESG. Para isso, foram coletados os valores históricos do percentual de valorização do ISE B3, entre o período de 31 de agosto de 2020 a 31 de agosto de 2022. De posse desses valores, foi calculado a valorização média de cada ação e a variação e covariação destas ações no período. Utilizando a variância como medida de risco, aplicou-se o modelo de Markowitz para as 48 ações selecionadas de forma a obter uma carteira com rentabilidade mínima de um e meio por cento ao mês, com o menor risco. Para resolver o modelo de Markowitz foi utilizado a planilha eletrônica Excel com a ajuda do otimizador solver. Os resultados apontam para uma carteira com apenas 10 ações. Para a carteira de investimento selecionada com as 10 ações, foi feita uma simulação de rentabilidade para o mesmo período dos dados coletados, o que resultou em uma rentabilidade maior que 40% para o período.

**Palavras-chave:** ESG, Seleção de Portfólio, Método de Markowitz, Índice de Sustentabilidade, Bolsa de Valores

### 1. Introdução

Com o desenvolvimento tecnológico o mercado financeiro mundial sofreu várias transformações, modernizando as bolsas mundiais e deixando de lado as operações com pregões ao vivo. Atualmente, as corretoras de valores mobiliários possuem plataformas on-line, que proporcionou um grande crescimento do número de clientes, além da integração dos mercados. Nos dias atuais, o mercado financeiro tem um montante de aproximadamente 112 trilhões de dólares e é composto por diversas bolsas, nas quais são negociadas diversas ações de todos os tipos de empresas do mundo.

Devido ao elevado número de opções de investimentos oferecido no mercado de capitais, a alta volatilidade do mercado de ações se dá por conta dos riscos sistemáticos (pandemia, guerra) e não sistemáticos (caso de corrupção dentro de uma empresa), que geram a vulnerabilidade aos retornos em uma carteira de um investidor. O investidor, na maioria das vezes, espera que o risco de sua carteira seja minimizado pela diversificação, e que não comprometa seu

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

retorno esperado. Através do método de programação não linear é possível otimizar investimentos analisando a sensibilidade de variáveis restritivas, podendo criar uma diversificação onde o risco é minimizado, sem prejuízo ao retorno.

O economista Harry M. Markowitz, especializado em análise de investimentos, recebeu o prêmio Nobel de economia em 1990, por ter desenvolvido a teoria de escolha de portfólio. A metodologia do “*Portfolio Selection*” foi desenvolvida em 1952, e foi publicada no livro “*Portfolio Selection: Efficient Diversification*” em 1959. O artigo escrito por Markowitz foi o primeiro passo para o desenvolvimento de novas e mais modernas teorias de portfólio e análises de investimentos.

Apesar de suas limitações, esta teoria foi extremamente utilizada, com destaque para a época em que o microcomputador foi popularizado. Atualmente, os investidores possuem diversas formas de escolher seu portfólio, porém a que ganhou o prêmio Nobel ainda é utilizada por muitos (Michaud, 2002). Neste trabalho, a teoria de portfólio será utilizada no âmbito de analisar, a partir dos dados históricos das ações de empresas que participam do índice ISE B3, como ela pode ser útil em relação aos critérios de risco e de retorno esperado.

O índice ISE B3 é um indicador do desempenho médio das cotações dos ativos de empresas selecionadas pelo seu reconhecido comprometimento com a sustentabilidade empresarial. As empresas que adotam os critérios de *Environmental, Social and Governance* (ESG), possuem foco na sustentabilidade ambiental, nas preocupações sociais internas e externas, assim, garantindo que seus fornecedores possuam responsabilidades ecológicas. Atualmente, esses fatores vêm influenciando muito no valor de uma empresa, pois estes colaboram na identificação de companhias que possuem um modelo de negócios mais competitivos para o futuro e com práticas que vão ao encontro de valores que a sociedade vem questionando.

Com base neste problema, este trabalho, procura utilizar as análises estatísticas, que auxiliam na escolha por determinado ativo ou não, na formação de uma carteira de investimentos, com base em séries históricas de retornos, através da teoria de distribuição de carteira elaborada por Markowitz, que busca dentro de um universo previamente selecionado, responder a seguinte questão, qual a composição de ações do índice ISE B3 que melhor relaciona risco e retorno?

Este trabalho tem como objetivo definir uma carteira de ações que compõem o índice ISE B3 com base na teoria de seleção de portfólio desenvolvida pelo economista Harry Markowitz.

Os objetivos específicos foram conhecer os ativos que compõem o índice ISE B3, apurar as informações necessárias para a aplicação do método, aplicar a metodologia de Markowitz, analisar e determinar as proporções dos ativos selecionados que minimizam o risco as carteiras, dado retorno esperado, e comparação do portfólio com histórico do índice Bovespa

Este trabalho tem intenção de compor uma carteira de ações que participam do índice ISE B3, atendendo a expectativa de retorno sobre o capital investido com menor risco possível dentre os títulos previamente selecionados.



## 2. Referencial Teórico

A fundamentação teórica deste trabalho compreende um histórico sobre a Bolsa de Valores, sobre ESG (*Environmental, Social e Corporate Governance*), a Pesquisa Operacional e o modelo de Markowitz.

### 2.1. Bolsas de valores

As primeiras bolsas com características modernas surgiram com o desenvolvimento do comércio, em meados do século XV, e sua expansão no século XVI. Em decorrência da intensificação das atividades comerciais, cresceu o número de corporações, de comerciantes, mercadores e banqueiros que, assim, criaram as primeiras instituições onde se encontravam para efetuar suas transações. Mas foi em Bruges, na Bélgica, que, em 1487, a palavra bolsa alcançou seu sentido comercial e financeiro, quando mercadores e comerciantes reuniam-se, a fim de realizar negócios, na casa do senhor Van der Burse, cujo brasão era ornamentado com o desenho de três bolsas. Mais tarde, em 1561, surgem as bolsas de Antuérpia e Amsterdam e, em 1595, as de Lyon, Bordéus e Marselha. A bolsa de Londres - Royal Exchange - foi criada na segunda metade do século XVII e, em Paris, a primeira bolsa surgiu em 1639. Assim, com o decorrer do tempo, todos os centros comerciais e industriais foram criando suas bolsas (GOMES, 1997, p. 190).

As principais bolsas de valores do mundo estão localizadas nos Estados Unidos. A New York Stock Exchange (NYSE), localizada em Manhattan, fundada em 1817 é considerada a maior bolsa de valores do mundo. Com um valor de capitalização de mercado de aproximadamente 26,11 trilhões de dólares, nela estão listadas mais de 2,7 mil empresas, que são negociadas cerca de 1,4 bilhões ações por dia, gerando um volume médio diário de negociações de 169 bilhões de dólares. Já a *National Association of Securities Dealers Automated Quotation* (em português, Associação Nacional de Corretores de Títulos de Cotações Automáticas), conhecida como NASDAQ, também localizada em Nova York, criada em 1971, é uma bolsa especializada em listar grandes empresas do setor de tecnologia, como Google, Amazon, Apple e Meta (Facebook). Avaliada como a segunda maior bolsa de valores do mundo com aproximadamente 21,62 trilhões de dólares de capitalização de mercado, nela tem mais de 2,8 mil empresas listadas e já foi capaz de transacionar mais de 6 bilhões de ações em um único dia. Ou seja, as duas bolsas americanas juntas, representam aproximadamente 43% do valor de mercado global de ações.

No Brasil, a primeira bolsa do país surgiu somente em 1817, em Salvador, porém não era regulamentada, após 3 anos a então 'primeira' Bolsa surgiu na cidade do Rio de Janeiro, dando início as movimentações e aquecendo a economia local. Com o passar do tempo o brasileiro não era atraído pela bolsa de mercado devido aos altos índices de inflação no país, e sim, atraído pela poupança e investimentos baseados em renda fixa e títulos públicos, desincentivando a

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

criação de empresas no país e desestimulando o mercado de valores monetário. Somente em 1964, sob o regime militar no país, onde as leis foram atualizadas, denominada de reforma bancária, o Banco Central foi criado e também o Conselho Monetário Nacional, estimulando e corrigindo as falhas que haviam no sistema financeiro, entregando maior segurança para o investidor, regulando os princípios das companhias e leis que asseguravam o investidor sobre seus aportes e comprometimentos.

Com o aumento da demanda de mercado, foram criadas as corretoras de investimento, fazendo o papel de intermediário entre a bolsa e o investidor. As corretoras tem objetivo de melhorar o fluxo de negociações dos investidores com a bolsa de valores, trazendo liquidez, volume e investidores que antes não possuíam acesso, agem também como desenvolvedores de mercado, indicando carteiras de investimentos perante o perfil de investimento de cada indivíduo, reduzindo riscos e diversificando entre ativos de diferentes setores, resultando em diminuição das perdas, investimentos adequados ao investidor.

A bolsa de valores brasileira até 2017 era conhecida como BM&F Bovespa, após a fusão com a Central de Custódia e de Liquidação Financeiras de Títulos (CETIP), passou a ser chamada de B3 (Brasil, Bolsa e Balcão). Apesar dos bilhões movimentados, a bolsa de valores brasileira é relativamente pequena quando comparada com as bolsas mundiais. A bolsa brasileira possui atualmente cerca de 4,9 milhões de pessoas físicas cadastradas, representando cerca de 3% do total da população brasileira. Em comparação com os Estados Unidos onde cerca de 200 milhões de pessoas investem, representando cerca de 65% da população do país.

Localizada na cidade de São Paulo, a B3 atualmente é a maior bolsa da América Latina, ocupa a 21ª posição das maiores bolsas do mundo com valor de mercado de aproximadamente 1 trilhão de dólares. A bolsa de valores brasileira conta com aproximadamente 400 companhias brasileiras, além de negociar, indiretamente, ações de mais de 100 empresas estrangeiras. Uma das principais funções da B3, além de negociar valores mobiliários, tem a função também de coletar, organizar e divulgar informações sobre os negócios realizados em cada pregão, e entre elas estão os índices que mostram o comportamento de todo o mercado ou de algum segmento específico. Os principais índices são: BOVESPA, IBrX, IBrX – 50, IEE, ITEL, IGC, ISE B3.

## 2.2. ESG - *Environmental, Social e Corporate Governance*

As expectativas da sociedade em relação as empresas vêm crescendo com o passar dos anos, a sustentabilidade vem ganhando mais vantagem competitiva num período onde temos mais escassez dos recursos naturais e mudanças climáticas globais. Diversos setores e até os mais tradicionais estão procurando novos modelos de negócios que visam sustentabilidade, equilíbrio entre o capital natural e o desenvolvimento do capital humano, o que, demonstra mais compromisso com a sociedade. No sumário da BM&F Bovespa, 2ª Edição, 2016, traz alguns motivos do porquê investir em sustentabilidade, sendo eles a identificação de novos negócios

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

através da inovação, gerando receitas, adaptando produtos e serviços para atender novas demandas, reduzindo custos através da otimização do uso de recursos naturais na produção, aumento do capital intelectual atraindo e retendo talentos e mitigando riscos, assim, reduzindo a exposição a riscos socioambientais. No mundo dos investimentos não se fala mais somente no aspecto financeiro na gestão, mas também se fala no aspecto ambiental, social e de governança corporativa, este conjunto de três palavras tem formado um acrônimo conhecido no mercado financeiro o ESG, siga em inglês para Environmental, Social e Corporate Governance.

O conceito do termo ESG não considera somente aspectos financeiros, mas sim os aspectos ambientais, sociais e de governança, este conceito foi criado como uma métrica para avaliar o desempenho das organizações e o qual ao mesmo tempo obtém dados comparativos relacionados a cada pilar dos negócios, considerando os mais relevantes para cada organização. A classificação de risco ESG é feita através dos ratings, o qual possui um papel importante na análise de uma organização, isto é, no como ela está desempenhando nessas dimensões e qual o risco financeiro para os investidores.

Estudos apontam que as questões ambientais, sociais e de governança corporativa vem crescendo ao redor do mundo, para Peinado-Vara (2011), algumas das questões sociais e ambientais são comuns em alguns países, como exemplo a mudança climática, a preservação das florestas e os direitos humanos entre outros. Conforme Correa (2004), os problemas 27 ambientais, como o aquecimento global, as mudanças climáticas, a perda da biodiversidade, entre outros, vem atraindo o interesse da sociedade, e das instituições sejam elas públicas ou privadas, o que, gera novas expectativas por parte dos consumidores e acionistas, exigindo que as organizações melhorem seu desempenho social e ambiental.

### 2.3. Pesquisa Operacional

A pesquisa operacional é, mais um conceito (abstração de ideia), muito abrangente, sobre a busca da melhor utilização (técnica, econômica, social, política) de recursos escassos e processos diversos, através da aplicação de métodos científicos, visando a maior satisfação possível, do usuário ou público, definidos num contexto.

Esse contexto para uma aplicabilidade aproxima ferramentas da informática as bases de conhecimentos através da inserção de cálculos e seus parâmetros em modelos simuladores, segundo (Gebler,2003). Para Ehrlich (1976, p.9) “pesquisa operacional é uma colcha de retalhos, constituída de diversas técnicas quantitativas aplicadas as áreas de administração, produção, planejamento e organização”. Para se resolver os múltiplos problemas em uma organização, podem-se utilizar as várias técnicas conhecidas, sendo que, não existe uma regra que indique qual a melhor. O desenvolvimento do trabalho de pesquisa operacional envolve itens para aplicação dos métodos científicos a problemas reais encontrados no mercado de captais, como ferramentas auxiliar para a tomada de decisões, em quaisquer setores e níveis de economia.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

Dentro da pesquisa operacional temos a programação linear e a não linear, que aplicadas a solução de problemas que objetivam a otimização refere: (i) a maximização de parâmetros, tais como rentabilidade, retorno, lucro; ou (ii) a minimização de parâmetros, tais como, volatilidade, desvio padrão, risco.

Segundo Puccini (1972) a programação linear visa solucionar problemas de distribuição de recursos limitados objetivando, por exemplo, maximização de rentabilidade ou minimização de riscos. Conforme Kolman (1988, p.301) "como ferramenta essencial para a ciência da administração e a pesquisa operacional, resultou em uma grande economia de dinheiro". A principal diferença entre programação linear e não linear é que uma programação não linear é um processo onde a função a ser maximizadas, ou qualquer uma das restrições, é diferente de uma equação linear ou de primeiro grau, onde as variáveis são elevadas a potência 1.

## 2.4. Método de Markowitz

Markowitz com a finalidade de precificar ativos demonstrou um modelo que conduzia à inversão de uma matriz de covariâncias (Toledo Filho. 1999). Uma matriz de covariâncias é uma matriz que apresenta as covariâncias dos títulos formadores de uma carteira, tomados dois a dois, ou seja, apresenta o relacionamento dos títulos entre si.

Esta matriz serve para poder calcular o risco da carteira, pois os riscos dos títulos podem se anular (quando tem covariância negativa) e diminuir o risco total da carteira. Assim a partir desta matriz também é possível determinar quais mudanças na carteira trariam diminuições no seu risco total.

A covariância entre os títulos A e B corresponde ao produto das diferenças entre os retornos de cada título e suas respectivas médias, quando se tomam dois ou mais títulos conjuntamente, torna-se necessário determinar o grau de associação entre os retornos dos títulos tomados dois a dois, dada pela probabilidade conjunta de retornos, isto é, pela probabilidade de que dois eventos de retornos dos títulos em consideração ocorram simultaneamente.

O risco da carteira então pode ser medido pela variância, calculada através da equação abaixo, onde:

$$\text{Variância do Portfólio} = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 p_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \sigma_{ij} p_i p_j$$

$p_i$  = proporção investida no ativo i

$\sigma_i^2$  = Variância do ativo i

$\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$  = Covariância entre o ativo i e j



O modelo mostra que enquanto o retorno de uma carteira diversificada equivale à média ponderada dos retornos de seus componentes individuais, sua volatilidade será inferior à volatilidade média de seus componentes individuais. Mostrando que a diversificação é uma espécie de dádiva (Bernstein, 1997).

De acordo com o modelo de Markowitz a variância da carteira depende da covariância entre os pares de ativos, a qual por sua vez depende da correlação entre os ativos. Assim, quando dois ou mais ativos pouco relacionados compõem uma carteira de investimentos consegue-se um risco menor que a média ponderada dos riscos individuais, conseguindo algumas vezes um risco menor que o do ativo de menor risco com um retorno maior que o deste ativo. (Assaf, 2001).

### 3. Metodologia

A metodologia a ser seguida pelo presente trabalho será caracterizada pela pesquisa aplicada, pois o objetivo é gerar conhecimento e aplicação prática dirigido a resolução de problema específico. A abordagem do seguinte trabalho se desenvolve no perfil quantitativo, após os resultados obtidos através de números e métricas, traduzidos em resposta para a questão específica. O objetivo deste presente trabalho se encontra de perfil descritivo, porque visa descrever as características de determinado estudo e resultado do estudo após aplicá-lo e obter conclusão.

Do ponto de vista dos procedimentos metodológicos este trabalho condiz em aspecto de pesquisa, quando concebida e realizada em estreita associação a uma ação ou resolução de um problema coletivo, neste caso o desenvolvimento de uma carteira de investimento, obtendo a melhor relação entre risco versus retorno.

Este presente trabalho se encontra pelo procedimento de pesquisa bibliográfica, elaborado através da utilização de material disponibilizado em livros, artigos e trabalhos publicados em sites da Spell, Scielo e Google Acadêmico, visando o assunto da teoria de Markowitz e de caráter experimental, porque a partir do objetivo e estudo dos materiais, encontra-se formas de aplicação de variáveis e adequação para cada objeto. Diante do objetivo, neste trabalho também de caráter documental, utilizado dados disponibilizados pelo site da B3, <<https://www.investing.com.br>>, levantado os dados de variabilidade mês a mês dos ativos, será analisado e utilizada as métricas apresentadas.

Utilizando o Solver do Excel, acrescentam-se os dados históricos dos ativos e utilizando as ferramentas pela teoria de seleção de portfólio de Markowitz, será analisado a correlação entre os ativos, descobertas as métricas e dados que comprovem a eficiência da composição da carteira.



Os dados obtidos serão expostos através de gráficos e tabelas, comparando os resultados diante do problema especificado neste trabalho, relacionando os ativos e seu desempenho ao longo do período analisado.

Tomar conhecimento sobre o tema, adequar e aplicar de acordo com o objetivo proposto neste trabalho, identificando os pontos específicos para solucionar o problema proposto. Pesquisa sobre o tema através de artigos na internet e material disposto em artigos e trabalhos científicos. Será analisada a rentabilidade média dos ativos analisados, o princípio de rentabilidade é definido como o percentual de remuneração que se é obtido a partir de um determinado valor inicial, na área de investimentos, diante do período de tempo. Há dois tipos de rentabilidade, a rentabilidade nominal, que é expressa em valor bruto, sem dedução dos gastos, como taxas, inflação e correções ao longo do período do investimento e a rentabilidade real, expressa pelo valor posterior a dedução, descontando os gastos, taxas referentes ao investimento e os impostos implícitos, chegando ao valor líquido final. Para a rentabilidade média é utilizado o valor líquido de todos os investimentos no período, dividi pelo número total de investimentos.

Como base de dados para o início do método de seleção de carteira, foi utilizado o índice ISE B3, que é composto por 48 empresas que tem o certificado de sustentável. Como fonte de pesquisa para coleta de dados dos ativos foi usado o site Investing.com - Stock Market Quotes & Financial News. Após obtenção dos dados, será utilizado o coeficiente de correlação e covariância entre os ativos listados, resultando em dados que demonstrem a relação entre os mesmos, sendo negativo para relação distinta e positivo para relação aderente, deslocando-se para o mesmo sentido. Este presente trabalho, de forma teórica, haverá uma composição de carteira hipotética, após sua composição será feito um backtest de dois anos para efetuar a comparação da carteira sugerida versus o desempenho do índice Ibovespa.

#### 4. Resultado

O trabalho iniciou-se com a coleta dos retornos históricos mensais, ajustados a cada ativo de todas as 48 empresas participantes do índice ISE B3. Os ativos foram negociados diariamente na bolsa, no período de agosto de 2020 à agosto de 2022.

Após a coleta de dados, deseja-se saber qual deverá ser a porcentagem de investimento em cada ativo, a fim de aumentar o retorno da carteira com o menor risco possível. Para isso, foi calculada a média dos retornos de cada ativo do índice, conforme tabela 1.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

**Tabela 1 – Retornos históricos**

Meses	AESB3	CMIG4	CPLE6	CPFE3	ELET3	ENBR3	EGIE3	LIGT3	NEOE3
ago/22	-9.77%	+7.65%	-0.29%	+6.49%	+0.65%	+4.56%	-8.62%	+5.79%	+11.61%
jul/22	+0.84%	+8.29%	+2.34%	+6.35%	-0.84%	+5.80%	+7.31%	-7.44%	-0.74%
jun/22	-2.20%	-10.90%	-7.33%	-8.37%	+9.63%	-4.43%	-5.92%	-24.94%	-16.74%
mai/22	-1.36%	+7.57%	+6.48%	-6.78%	+4.10%	+1.32%	+6.49%	-13.77%	-4.58%
abr/22	-8.22%	-3.48%	-8.44%	+12.02%	+6.58%	-9.95%	-4.66%	-13.72%	+9.06%
mar/22	+4.51%	+20.00%	+9.09%	+6.64%	+9.23%	+13.51%	+8.45%	+5.08%	+7.02%
fev/22	-2.46%	-2.50%	-3.48%	+4.60%	-1.47%	-3.36%	-2.04%	-15.16%	-2.13%
jan/22	+6.68%	+0.10%	+11.49%	+7.83%	+5.63%	+2.39%	+5.96%	-1.19%	+1.48%
dez/21	-2.04%	+4.02%	+4.89%	+1.63%	+2.39%	-2.15%	-0.31%	-2.41%	-6.79%
nov/21	+3.67%	+1.99%	+3.72%	+0.34%	-3.55%	+9.18%	-0.98%	+24.38%	+12.13%
out/21	-11.24%	-8.14%	-18.68%	-2.30%	-12.15%	+6.75%	+3.87%	-26.28%	+1.24%
set/21	-19.32%	+3.80%	+6.43%	-7.27%	+2.34%	-0.43%	-0.24%	-5.20%	-7.88%
ago/21	+9.73%	+13.14%	+11.76%	+14.69%	-6.51%	+7.65%	-1.00%	-4.48%	-4.37%
jul/21	-0.22%	-1.53%	+3.20%	-5.91%	-6.76%	-3.11%	-3.12%	-4.98%	+0.06%
jun/21	-0.50%	-10.71%	-7.05%	-6.27%	-1.53%	-5.20%	-1.61%	-6.67%	-7.80%
mai/21	+2.97%	+14.56%	+1.92%	+3.09%	+19.16%	-0.75%	-0.31%	-6.68%	+17.75%
abr/21	-21.09%	+6.13%	-4.43%	-8.45%	+7.35%	-1.36%	-4.58%	-13.01%	-3.90%
mar/21	+11.65%	+9.05%	+21.75%	+5.41%	+5.74%	+9.86%	+1.65%	+9.40%	+1.83%
fev/21	-8.55%	-12.76%	-10.33%	-7.23%	+12.97%	-6.62%	-4.21%	-10.46%	-9.52%
jan/21	+1.88%	-4.08%	-12.92%	-4.42%	-21.76%	-0.48%	-2.23%	-15.39%	+2.55%
dez/20	+1.97%	+15.32%	+14.45%	+3.83%	+18.06%	+5.96%	+5.89%	+4.74%	-3.24%
nov/20	+11.42%	+23.18%	+10.66%	+12.49%	0.00%	+9.11%	+6.14%	+20.27%	+4.72%
out/20	+0.27%	+1.51%	-0.55%	+1.12%	+2.44%	-2.36%	-1.14%	+33.03%	+2.41%
set/20	-2.27%	-3.41%	+0.37%	-4.11%	-14.62%	-6.87%	-5.35%	-4.16%	-8.91%
ago/20	+2.81%	-6.53%	-6.84%	-8.47%	-3.87%	+0.74%	-5.98%	-19.95%	-11.87%
Média	<b>-1,23%</b>	<b>2,89%</b>	<b>1,13%</b>	<b>0,68%</b>	<b>1,33%</b>	<b>1,19%</b>	<b>-0,26%</b>	<b>-3,73%</b>	<b>-0,66%</b>

Fonte: elaboração própria

Com base nos retornos mensais, em seguida, foi montada a tabela de covariância dos ativos, onde foi iniciado o processo de otimização do risco da carteira, utilizando a fórmula de covariância (COVARIÇÃO.S) do Excel. Desta forma, foi calculado a correlação de todos os ativos entre si, conforme demonstrado na tabela 2.



**Tabela 2 – Matriz de covariação**

Covariância	AESB3	CMIG4	CPLE6	CPFE3	ELET3	ENBR3	EGIE3	LIGT3	NEOE3
AESB3	0,006787399	0,002987185	0,004149176	0,002975562	-0,000317545	0,002291681	0,001588004	0,004748316	0,00131828
CMIG4	0,002987185	0,009345164	0,006697892	0,004219369	0,002917848	0,003985881	0,002602885	0,007087816	0,00378808
CPLE6	0,004149176	0,006697892	0,008889121	0,003269776	0,003018854	0,003115167	0,002219836	0,00772073	0,001237223
CPFE3	0,002975562	0,004219369	0,003269776	0,005214798	0,000868865	0,001944828	0,001255241	0,004298482	0,003266223
ELET3	-0,000317545	0,002917848	0,003018854	0,000868865	0,008947375	5,67984E-05	0,000851623	0,001795975	0,000832657
ENBR3	0,002291681	0,003985881	0,003115167	0,001944828	5,67984E-05	0,003684542	0,001805605	0,003542804	0,001828491
EGIE3	0,001588004	0,002602885	0,002219836	0,001255241	0,000851623	0,001805605	0,002291588	0,00158022	0,000745959
LIGT3	0,004748316	0,007087816	0,007720730	0,004298482	0,001795975	0,003542804	0,001580220	0,020807073	0,005285581
NEOE3	0,001318280	0,003788080	0,001237223	0,003266223	0,000832657	0,001828491	0,000745959	0,005285581	0,006625151

Fonte: elaboração própria

Para a otimização da carteira através do modelo de Markowitz apresentado, foram definidas as restrições que devem ser respeitadas na solução deste problema. Ou seja:

- Participações individuais ( $X_i$ )  $\leq 20\%$
- Soma das participações individuais = 100%
- Retorno da carteira ( $E$ )  $\geq 0,0150$

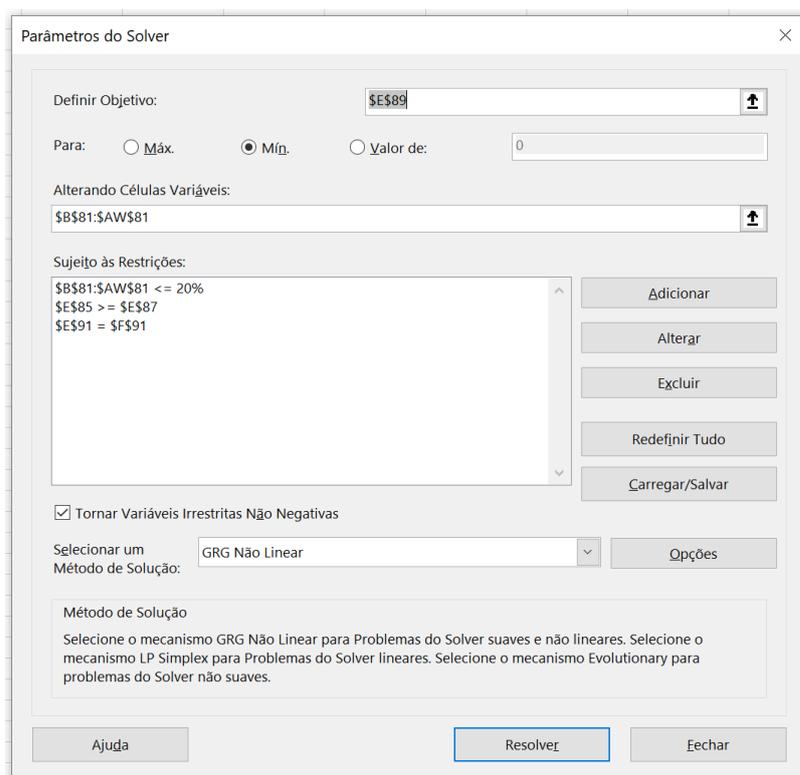
O objetivo é minimizar a variância da carteira, mantendo um retorno esperado de no mínimo 1,5% a.m. A ferramenta SOLVER do Excel foi utilizada para encontrar nesse processo a porcentagem individual e ideal de cada ativo que compõem o índice ISE B3.

Inicialmente, aplica-se a fórmula de variância (“SOMARPRODUTO”) na tabela de covariação e através o SOLVER, no campo “definir objetivo”, seleciona-se a célula que contém a fórmula de variância para minimizar a variação da carteira. Também foram adicionadas ao SOLVER as restrições definidas conforme anexo abaixo.

Através do resultado do SOLVER, além de encontrar-se uma variância de 0,036%, obteve-se um portfólio composto por 10 ações sendo elas: 27% do setor de energia, 4% do setor financeiro, 13% do setor industrial, 24% do setor consumo/varejo, 11% do setor papel/celulose e 20% do setor petroquímico. Junto a isso, os dados da tabela 3 demonstram as ações que irão compor a carteira desejada.



**Figura 1 - Solver**



Fonte: elaboração própria

Dessa forma, foi desenvolvido uma simulação do portfólio, com aproximadamente R\$1.000.000,00 (um milhão de reais), por meio do aplicativo Kinvo para analisar a performance da carteira. A distribuição foi feita conforme o resultado individual de cada ativo mostrado na tabela 3. Diante da seleção proposta, de 10 ativos do índice ISE B3, a carteira obteve um retorno de 42,21% desde o início, superando aproximadamente seis vezes o índice Bovespa e todos os principais índices do mercado, conforme figura 2 e figura 3.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

**Tabela 3 – Carteira desejada**

Carteira		
Setor	Ação	%
Energia	ELET3	7,35%
Energia	ENBR3	20,00%
Financeiro	BBAS3	4,44%
Industrial	WEGE3	2,33%
Consum/varej	BEEF	6,38%
Consum/varej	ARZZ3	17,56%
Industrial	MYPK3	10,08%
Industrial	DXCO3	0,64%
Papel/Celulose	SUZB3	11,21%
Petroquimico	BRKM5	20,00%
<b>Total</b>		<b>100%</b>

Fonte: elaboração própria

**Figura 2 – Comparação dos Históricos**

SALDO BRUTO R\$ 1.241.013,57	VALOR APLICADO R\$ 989.875,79	RESULTADO R\$ 251.137,78	RENTABILIDADE 42,21%	INÍCIO DA CARTEIRA 31/08/2020
---------------------------------	----------------------------------	-----------------------------	-------------------------	----------------------------------

### Rentabilidade Geral



Fonte: Kinvo

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

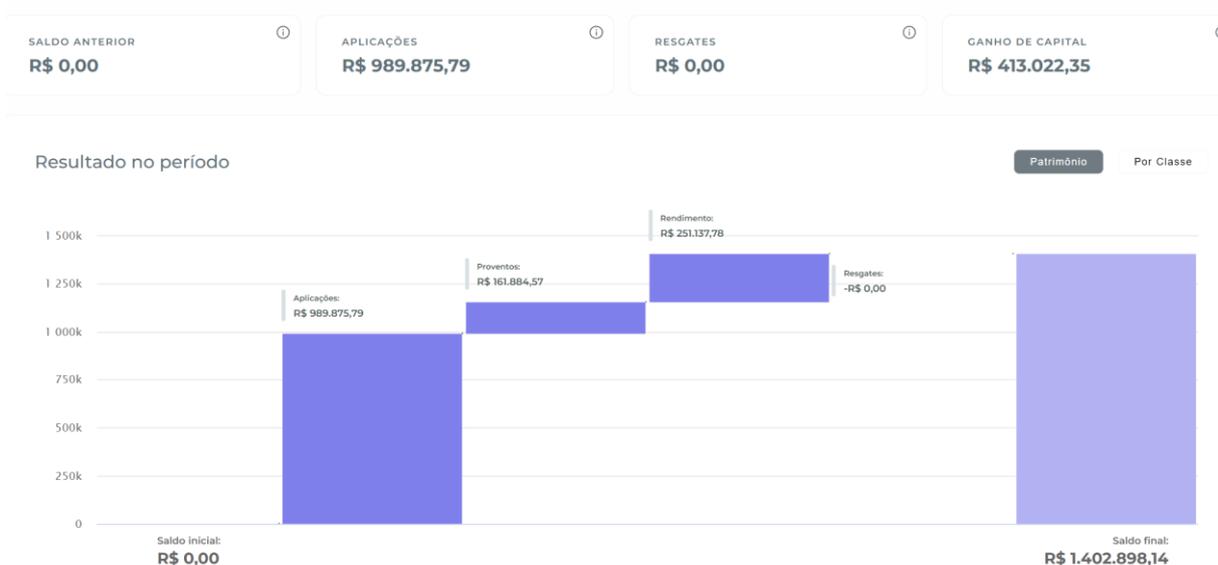
**Figura 3 – Rentabilidade por período**

	NO PERÍODO	NO ANO	12 MESES	24 MESES	INÍCIO
RENTABILIDADE	42,21%	-9,61%	1,30%	29,98%	42,21%
CDI	16,44%	10,92%	11,82%	15,92%	16,44%
IBOV	6,72%	3,98%	4,31%	-0,70%	6,72%
IPCA	19,73%	5,14%	6,04%	17,11%	19,73%
POUPANÇA	10,49%	6,90%	7,47%	10,13%	10,49%

Fonte: Kinvo

Pode-se também verificar que a carteira, ao longo do período analisado, obteve um retorno de R\$413.022,35 onde R\$251.137,78 foram ganhos com a rentabilidade dos ativos e R\$161.884,57 foram os proventos que as empresas distribuíram ao longo do período, conforme figura 4

**Figura 4 – Rentabilidade x Proventos**



Fonte: Kinvo

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

**SUSTENTARE  
& WIPIS 2023**

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO  
DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

## 5. Conclusão

Através da programação não linear e do modelo de seleção de portfólio de Harry Markowitz, foi possível desenvolver uma carteira de ações de empresas sustentáveis, obtendo o maior retorno com o menor risco. Foi feita a coleta dos retornos históricos de todas as ações que compõem o índice ISE B3 e aplicou-se o modelo de Markowitz com a ajuda do Excel. Obteve-se uma carteira diversificada composta por 10 ações, onde em um período de aproximadamente 2 anos teve uma rentabilidade de 42,21%, superando todos os principais índices do mercado.

No presente trabalho, obteve-se sucesso em todos os objetivos determinados no primeiro capítulo. A carteira foi montada com as exatas determinações do método do economista Markowitz, composta apenas por empresas que participam do índice ISE B3 e ainda teve um retorno superior a todos os principais índices do mercado.

Este trabalho teve grandes contribuições no aprimoramento do uso das ferramentas do Excel, gerou conhecimento profundo do mercado de capitais, análise e otimização de carteiras de investimentos e abrangeu o conhecimento sobre as empresas ESG.

Para trabalhos futuros, pode-se utilizar outras restrições para o desenvolvimento da carteira, podendo aumentar o retorno mínimo desejado para obter maiores retornos, e assim, correndo maiores riscos, ou aumentar a participação individual de cada ativo. É possível também aplicar o método em outros índices do mercado, assim, podendo criar diferentes estratégias ou até fazer comparações de diferentes setores do mercado.

## 6. Referências

- ASSAF NETO, Alexandre. Mercado Financeiro. São Paulo: Editora Atlas, 4ª edição. 2001.
- BERNSTEIN, Peter L. Desafio aos Deuses: A Fascinante História do Risco. Editora Campus, 2ª Edição, 1997.
- CORREA, M.E.; FLYNN, S.; AMIT, A. Responsabilidad social corporativa en América Latina: una visión empresarial. Serie 85, Medio Ambiente y Desarrollo. Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL, 2004.
- EHRlich, Pierre Jacques. Pesquisa Operacional: curso introdutório. São Paulo: Atlas, 1976.
- FERREIRA, F. D. C. Análise de correlação entre os índices de mercados financeiros mundiais. Monografia (Graduação em Finanças) – Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.
- GBLER, L. Considerações sobre modelagem matemática e seu uso como ferramenta para a pesquisa. Conselho em Revista, Porto Alegre, RS, p. 14 - 14, 10 out. 2005.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

GOMES, Fátima Rocha. A Bolsa de Valores brasileira como fonte de informações financeiras. *Perspect. cienc. inf.*, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 189-202, jul./dez. 1997.

MATOS, P. R. F.; PENNA, C. M.; LANDIM, M. N. Análise de convergência de performance das bolsas de valores: a situação do Ibovespa no cenário mundial. *Revista Brasileira de Finanças*, v. 9, n. 3, art. 86, p. 437-459, 2011.

MICHAUD, Richard O.; Na Introduction to Resampled Eddiciency. The Monitor investment Management Consulting Association, 2002.

PEINADO-VARA, E. RSE en América Latina. In: VIVES; PEINADO-VARA (Comp.). *La responsabilidad social de la empresa en América Latina. Manual de Gestión.* Fondo Multilateral de Inversiones -Banco Interamericano de Desarrollo. 2011.

PUCCINI, A. De Lima. *Introdução à programação linear.* Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1972.

TOLEDO FILHO, Jorge Ribeiro De. Modelo de precificação de ativos CAPM, APT e Derivativos: os problemas para sua contabilização. *Revista de Contabilidade do CRC-SP*, São Paulo, n.8, p.20-30, jun.1999.