

( X ) Graduação ( ) Pós-Graduação

**AVALIAÇÃO DE RISCO EM UMA CARTEIRA TEÓRICA DE AÇÕES: um estudo  
com base na Teoria do Portfólio de Markowitz**

**José Aparecido Moura Aranha**  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS  
jaranja@terra.com.br; jose.moura@ufms.br

**Kati Mari Sayuri Kohatsu**  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS  
kati.kohatsu@ufms.br

**RESUMO**

A possibilidade de buscar conhecimento sobre as alternativas disponíveis para poupar não é de fácil compreensão, ensina ao investidor uma multiplicidade de opções para obter rendimentos acima da poupança. O investimento em ações negociadas na Bolsa, Brasil Balcão (B3), pode ser uma boa oportunidade de obter melhores ganhos. No entanto, devido a sua alta volatilidade faz-se necessário que o investidor se previna e faça uma análise acerca dos ativos que deseja adquirir. Para conseguir remunerações maiores é imprescindível que esteja exposto a riscos mais elevados. Nesse sentido pergunta-se como minimizar o risco do investidor no mercado de ações? O trabalho tem por objetivo propor a construção de carteiras teóricas de ações com menor risco. Para esse fim foi utilizada a Teoria de Portifólio (*Portfolio Selection*) proposta por Markowitz em 1952. O trabalho é de natureza aplicada e descritiva em termos de seus objetivos com abordagem quantitativa e, quanto aos procedimentos é documental e bibliográfica. Foi utilizada uma amostra de cotações mensais de ações de 220 companhias listadas na B3 no período de 31.08.2021 a 29.07.2022 que permitiram construir três portfólios cujos resultados comprovaram que carteiras com títulos negativamente correlacionados minimizam o risco para o investidor.

**Palavras-chave:** Mercado de Ações, Seleção de Carteira, Teoria do Portifólio,

## 1 INTRODUÇÃO

A possibilidade de buscar conhecimento sobre as alternativas disponíveis para aplicar o dinheiro poupado, a qualquer momento e com uma linguagem de fácil compreensão, enseja ao investidor uma multiplicidade de opções para obter rendimentos acima da tradicional caderneta de poupança.

O investimento em ações de empresas de capital aberto negociadas na Bolsa, Brasil Balcão (B3), pode ser uma boa oportunidade de obter ganhos relevantes. No entanto, devido a sua alta volatilidade é necessário que o investidor se previna e faça uma análise acerca dos ativos que se deseja adquirir, qual a finalidade da escolha destes, se terá disponibilidade de fazer o acompanhamento da performance de cada um ou se, na ausência deste tempo, seja mais vantajoso adquirir fundos de investimentos ou de índices, na maioria dos casos.

Devido a essa busca por remunerações mais atrativas, o número de pessoas físicas que passaram a investir sobretudo no mercado de capitais vêm aumentando significativamente nos últimos anos. O que confirma a expectativa de alcançar lucros superiores em uma operação financeira em relação aos retornos proporcionadas pela aplicação em poupança.

O Mercado Financeiro foi por muito tempo considerado um estigma para diversas pessoas, sendo justificado pelos mais diversos e complexos motivos, que perpassam desde algum trauma social até questões culturais (Nogueira, et al, 2021).

Apesar deste estigma, é verdade que qualquer fator que antes limitava ou repelia os brasileiros de investir está perdendo força, visto que a quantidade de CPFs cadastrados e ativos no portal da B3 só aumentam: na última década o incremento na quantidade de CPF's foi de cerca de 367% (B3, 2021).

Para conseguir remunerações maiores é imprescindível que esteja exposto a riscos mais elevados, portanto, até que ponto o investidor está disposto a expor seu patrimônio que justifiquem a expectativa de conquistar os retornos almejados? Existe uma fórmula ou um padrão de operações que blindem de eventuais prejuízos?

A avaliação de risco através de medidas estatísticas tem, desde os trabalhos de Treynor, Shparp, Lintner e Markowitz, assumido importância relevante no mercado de capitais como instrumento de precificação de ativos negociados nesse mercado. Portanto, por essa razão, justifica-se a importância deste trabalho em demonstrar a sua aplicação na composição de uma carteira teórica de ações que apresente um maior retorno com o menor risco possível.

Portanto, a questão de pesquisa que se pretende investigar é a utilização da estatística para avaliação de risco e, assim, compor uma carteira teórica que apresente o menor risco. Nesse sentido, a questão de pesquisa remete à seguinte pergunta: como minimizar o risco do investidor no mercado de ações? Sendo o presente trabalho um referencial, não deve ser considerado isoladamente, na tomada de decisão.

Objetiva esse estudo propor a construção de carteiras teóricas de ações com menor risco, demonstrando a aplicação da análise de risco na formação de uma carteira teórica de ações com base na Teoria de Carteira de Markowitz (*Portfolio Selection*) para compor um portfólio com o retorno almejado de acordo com o grau de risco aceitável. Dessa forma, os resultados obtidos têm sua utilidade como uma fonte de estudo para quem deseja iniciar a aquisição de ativos no mercado financeiro com menor exposição ao risco e, obtendo retornos superiores ao da tradicional caderneta de poupança ou, de qualquer outro ativo de renda fixa.

Para Markowitz (1952), uma carteira só é realmente eficiente quando o seu risco é o menor possível, dado o nível médio de retorno que se almeja. Através dos históricos de retornos médios e variâncias de retorno desses ativos o investidor pode adequar a sua carteira ao seu perfil. Em seu artigo de 1952, intitulado “*Portfolio Selection*”, Markowitz estabeleceu as premissas que vieram fundamentar a Moderna Teoria de Mercado de Capitais, criando um modelo matemático para a seleção de carteiras eficientes (Minozzo, et al., 2008). Essa pesquisa demonstra que a diversificação na composição do portfólio do investidor, entre os diferentes ativos negativamente correlacionados, pode trazer maiores benefícios em comparação com portfólios formados apenas por um ativo, pois a diversificação pode diminuir o risco do investimento, dado o nível de retorno (Markowitz, 1952).

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

O tema do presente trabalho está alinhado ao mercado de capitais bem como com o risco e retorno que envolvem os ativos negociados nesse mercado, portanto, serão objetos de abordagem nessa sessão.

### 1.1 Mercado de Capitais

O mercado de capitais é um sistema de distribuição de valores mobiliários, que tem o propósito de proporcionar liquidez aos títulos de emissão de empresas e viabilizar seu processo de capitalização. É constituído pelas bolsas de valores, sociedades corretoras de títulos e valores mobiliários e de outras instituições financeiras autorizadas (Aranha, 2022).

No mercado de capitais, os principais títulos negociados são os representativos do capital de empresas – as ações – ou de empréstimos tomados, via mercado, por empresas – debêntures conversíveis em ou não em ações, bônus de subscrição e "*commercial papers*" -, que permitem a circulação de capital para custear o desenvolvimento econômico (Aranha, 2022).

O mercado de capitais abrange, ainda, as negociações com direitos e recibos de subscrição de valores mobiliários, certificados de depósitos de ações e demais derivativos autorizados à negociação (Aranha, 2022).

O funcionamento do mercado de capitais é regulado e fiscalizado pela Comissão de Valores Mobiliários (CVM), que tem por objetivo garantir a transparência nos negócios realizados em bolsa e das informações fornecidas pelas empresas (Aranha, 2022).

## 1.2 Risco e Retorno

O risco para Cantu e Menezes (2009), está presente no nosso cotidiano e é a possibilidade de um evento não desejado ocorrer, dependendo do contexto da pessoa que está avaliando, portanto, para mitigação do nível de risco, pode ser utilizado o desvio-padrão ou a variância dos retornos com relação à média, para avaliação de ativos de forma isolada, não podendo ser considerada para análise de um portfólio. Num portfólio, pode-se utilizar medidas estatísticas mais complexas.

Segundo Bodie (2010), existem diferentes graus de risco bem como existe a aversão ao risco, que se caracteriza por situações em que há contrapartida positiva e mesmo assim não há disposição para alocar o recurso visto que a chance de perda é representativa e significativa.

O retorno segundo Gitman (2004), é o ganho ou perda total sofrido por um investimento em certo período. É comumente medido pela soma dos proventos durante o período com a variação de valor, em termos de porcentagem do valor do investimento no início do período. Para calcular o retorno de um ativo no período t, t-1, pode-se utilizar a expressão matemática – figura 01 - conforme Sousa (2016):

$$R_t = \frac{C_t + P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}$$

**Figura 01: Expressão Matemática do Retorno**

**Fonte: Souza (2016)**

Sendo:

- $R_t$  = taxa observada;
- $C_t$  = fluxo de caixa recebido como o investimento no ativo no período de t – 1;
- $P_t$  = preço (valor) do ativo na data t; e

- $P_{t-1}$  = preço (valor) do ativo na data  $t - 1$ .

No que se refere ao retorno total Jordan *et. al*, (2013), dizem que pode ser dividido em duas parcelas: o retorno esperado e o inesperado. O retorno esperado é aquele que, geralmente, tem o grau de previsibilidade maior e faz parte da tomada de decisão de investimento, já o retorno inesperado é aquele composto pela falta de previsão ou base de estudo, mesmo que haja conhecimento sobre a probabilidade de acontecer o retorno desejado. Recebe este nome apenas por ser algo com medição e projeção pouco eficiente ou inexistente.

### 1.3 Estatísticas de Risco e Retorno

Para tomada de decisão inteligente, é necessário que seja levado em consideração o risco e o retorno de um determinado ativo ou portfólio. A medida do retorno, estatisticamente, pode-se estimar através de retorno médio podendo ser obtido por meio da soma de todos os valores de uma distribuição de frequências dividida pelo número total de ações.

Para mensuração do risco primeiro calcula-se a média aritmética da soma dos retornos, medida necessária para se calcular o risco que é dado pelo desvio-padrão, sendo a média aritmética obtida pela seguinte equação:

$$\text{Média} = \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

**Figura 02: Equação da Média Aritmética**

**Fonte: Os Autores, 2023**

Onde:

- $X_i$ : é o valor de cada elemento do conjunto de informações; e
- $n$ : o número de informações contido no conjunto

Segundo Aranha, 2013, o desvio-padrão mede estatisticamente o grau de dispersão de um conjunto de valores em relação a sua média, isto quer dizer, quanto os retornos se distanciam da sua média. Define-se que quanto maior o desvio, maior o risco do ativo. O desvio-padrão para uma população é obtido pela seguinte equação:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

**Figura 03: Equação para Cálculo do Risco**

**Fonte: Aranha, 2013**

Onde:

$X_i$  = representa cada um dos elementos que compõem a população; e

$\bar{X}$  = representa a média aritmética da população.

Portanto, em um desvio-padrão com uma dispersão muito grande numa distribuição significa que serão muito incertos os retornos que poderão ocorrer. E quando estão dentro de poucos percentuais numa distribuição, menos incerto serão os retornos.

No ponto de vista de Ross, Westerfield e Jaffe (2002) a variância e o desvio-padrão são maneiras de avaliar a volatilidade dos retornos de um determinado ativo, sendo a variância a medida dos quadrados das diferenças entre os retornos de um título e o seu retorno esperado, enquanto o desvio-padrão corresponde a raiz quadrada da variância, sendo dessa forma, ser considerado como uma versão padronizada da variância.

Para mensuração do valor esperado de cada distribuição de probabilidades considerada, o cálculo é processado pela multiplicação das diversas estimativas pelas respectivas porcentagens, que são as probabilidades de ocorrência associadas. Os resultantes esperados ponderados pela probabilidade atribuída a cada um desses valores, representa uma média dos vários resultados esperados ponderada pela probabilidade atribuída a cada um desses valores, sendo o seu cálculo obtido pela seguinte expressão: (Assaf Neto, 2021).

$$E(R) = \bar{R} = \sum_{k=1}^n P_k \times R_k$$

**Figura 04: Expressão para cálculo do retorno esperado**

**Fonte: Assaf Neto, 2021**

Onde:

- $E(R) = R$ : Retorno (valor) esperado;
- $p_k$  = probabilidade de ocorrência de cada resultado; e
- $R_k$  = valor de cada resultado considerado.

Para Assaf Neto (2021, p. 209), “[...] o risco é interpretado pelo nível de incerteza associado a um acontecimento, ou seja, a um evento”. Pela abrangência ao entendimento de risco, na avaliação de uma empresa delimita-se aos componentes de seu risco total: *econômico* e *financeiro*. Economicamente as principais causas do risco são de natureza conjuntural

(alterações na economia, tecnologia), de mercado (crescimento da concorrência) e do próprio planejamento e gestão da empresa (venda, custos, preços investimentos etc.). Financeiramente o risco está mais diretamente relacionado com o endividamento (passivos) da empresa, pela capacidade de pagamento, e não com as decisões de ativos, de modo definido para o risco econômico. (Assaf Neto, 2021).

Na mesma linha, Assaf Neto (2021, p. 209), defende que o risco *sistemático* “[...] é inerente a todos os ativos negociados no mercado, indicada a diversificação da carteira de ativos como medida preventiva para redução desse risco”. Enquanto o risco *não-sistemático* é o risco do próprio ativo, que pode ser amenizado na inclusão de um ativo que não tenha correlação.

#### **1.4 Riscos na estrutura de uma carteira de ativos**

Fazer uma análise das empresas, seu histórico, suas projeções e a capacidade de acompanhá-las, além de selecionar ativos que atuam em setores opostos, mitiga os riscos de um portfólio.

No modelo proposto por Markowitz (1952), segundo Nogueira et al (2021), o primeiro passo para a otimização é determinar o risco e o retorno individual de cada ativo disponível ao investidor. Posteriormente, aplica-se a otimização calculando o peso dos ativos que irão compor as carteiras de menor risco para distintos patamares de retornos esperados

Em suma, o objetivo básico do estudo de carteiras de ativos pela teoria formulada do portfólio, é definir selecionando a carteira com critério de investimento que ofereça o maior retorno para um determinado grau de risco possível (Assaf Neto, 2021).

##### **1.4.1 Diversificação do risco**

A diversificação de uma carteira com uma combinação de ativos negativamente correlacionados entre si, possibilita a diminuição do risco.

A covariância e a correlação são estatísticas que relacionam duas variáveis. De acordo com Ross, Westerfield e Jaffe (2002, p. 206) estes definem a covariância e a correlação são quando os retornos de títulos individuais estão relacionados uns aos outros. A covariância é um indicador estatístico que mede a inter-relação de dois títulos. Alternativamente, esta relação pode ser reformulada em termos da correlação (Ross, Westerfield e Jaffe, 2002).

A partir disso, a covariância apresentando valores positivos, significa que os ativos tendem a ter desempenhos semelhantes, não diminuindo, assim, o risco. Ou seja, se um ativo apresenta alta e resultados positivos, o outro ativo analisado, tenderá a manifestar resultados

parecidos.

Na covariância com valores negativos, os ativos possuem relações inversas, ocasionando dessa forma que, na manifestação de uma performance positiva para um ativo o outro terá uma performance negativa.

Para calcular a covariância, utiliza-se a seguinte expressão:

$$COV_{A,B} = \frac{\sum_{i=0}^n (R_A - \bar{R}_A) \times (R_B - \bar{R}_B)}{n}$$

**Figura 05: Expressão para cálculo da Covariância**

**Fonte: Os Autores, 2023**

Onde:

$R_A$ ;  $R_B$  = Retornos dos ativos A e B;

$\bar{R}_A$ ;  $\bar{R}_B$  = Médias dos retorno de A e B; e

n = número de elementos

Realizado o cálculo, caso a covariância seja negativa, a tendência esperada é o retorno de um título valorizar acima de seu valor médio ( $\bar{R}$ ) quando a resultante de outro ficar abaixo. Esses dois títulos com  $COV < 0$  estão contrabalançados, reduzindo assim o risco da carteira. Por consequentemente existe a desvalorização de um título esperando a valorização do outro. Situação conhecida como de *hedging*. (Assaf Neto, 2021).

No entanto se a covariância calculada for positiva, a expectativa era tendências de retorno de mesmo sentido, ou seja, valorizações ou desvalorizações conjuntas. O desempenho de títulos com  $COV > 0$  não se compensam, elevando o risco (variância) da carteira. (Assaf Neto, 2021).

O coeficiente de correlação analisa numericamente a combinação entre valores. A quantificação do grau de relacionamento entre duas variáveis pode ser obtida pelo coeficiente de correlação que varia entre (+) 1 e (-) 1.

Para calcular a correlação utiliza-se a seguinte fórmula:

$$CORR_{x,y} = \frac{COV_{x,y}}{\sigma_x \times \sigma_y}$$

**Figura 06: Expressão para Cálculo da Correlação**

**Fonte: Os Autores, 2021**

Sendo:

$COV_{x,y}$  = Coeficiente de Covariância dos ativos x e y

$\sigma_x, \sigma_y$  = desvio-padrão dos ativos (risco) x e y

Conhecidos os desvios-padrão e o grau de correlação entre os ativos a expressão seguinte é utilizada para medir o risco de um portfólio com dois ativos, conforme Assaf Neto, 2021:

$$\sigma_p = \left[ (w_x^2 \times \sigma_x^2) + (w_y^2 \times \sigma_y^2) + 2 \times w_x \times w_y \times CORR_{X,Y} \times \sigma_X \times \sigma_Y \right]^{0,5}$$

**Figura 07: Expressão para cálculo do risco de um portfólio**

Fonte: Assaf Neto, 2021

Onde:

- Percentual da carteira aplicado no ativo X ( $W_x$ ) e no ativo Y ( $W_y$ );
- Desvio-padrão de cada ativo ( $\sigma_x$  e  $\sigma_y$ )
- Coeficiente de correlação dos ativos X e Y ( $CORR_{xy}$ ).

Quando se trata de definir o risco de uma carteira contendo “n” ativos, o modelo desenvolvido por Markowitz (1952) apresenta a seguinte expressão geral, conforme Assaf Neto, 2021:

$$\sigma_p = \left[ \sum_{i=0}^n W_i^2 \times \sigma_i^2 + \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n W_i W_j \rho_{i,j} \sigma_i \sigma_j \right]^{1/2}$$

**Figura 08: Expressão geral para cálculo do risco de um portfólio com “n” ativos**

Fonte: Assaf Neto, 2021

Portanto, como na expressão geral proposta por Markowitz em seu célebre trabalho intitulado *Portfolio Selection* (1952), o desvio-padrão (risco) de uma carteira composta por três ativos é apurado a partir da identidade geral demonstrada na figura 08, é a seguinte, conforme em Assaf Neto, 2021:

$$\sigma_p = \left[ (w_A^2 \times \sigma_A^2) + (w_B^2 \times \sigma_B^2) + (w_C^2 \times \sigma_C^2) + (2 \times w_A \times w_B \times COV_{A,B}) \right. \\ \left. + (2 \times w_A \times w_C \times COV_{A,C}) + (2 \times w_B \times w_C \times COV_{B,C}) \right]^{1/2}$$

**Figura 09: Expressão para cálculo do risco de um portfólio com “n” ativos**

Fonte: Assaf Neto, 2021

De acordo com Assaf Neto (2021) a seleção de carteiras, com a utilização da equação descrita, caracteriza-se por identificar a melhor combinação possível de ativos, seguindo as preferências do investidor com relação ao risco e retorno esperados. Das diversas carteiras que podem ser formadas com os ativos disponíveis, é selecionada aquela que maximiza seu grau de satisfação.

Pela teoria do portfólio, o risco de um ativo mantido fora de uma carteira, é diferente de seu risco quando se inclui na carteira. (Assaf Neto, 2021). Isto quer dizer que um título isoladamente, apresenta maior risco, se comprado quando passa a integrar um portfólio.

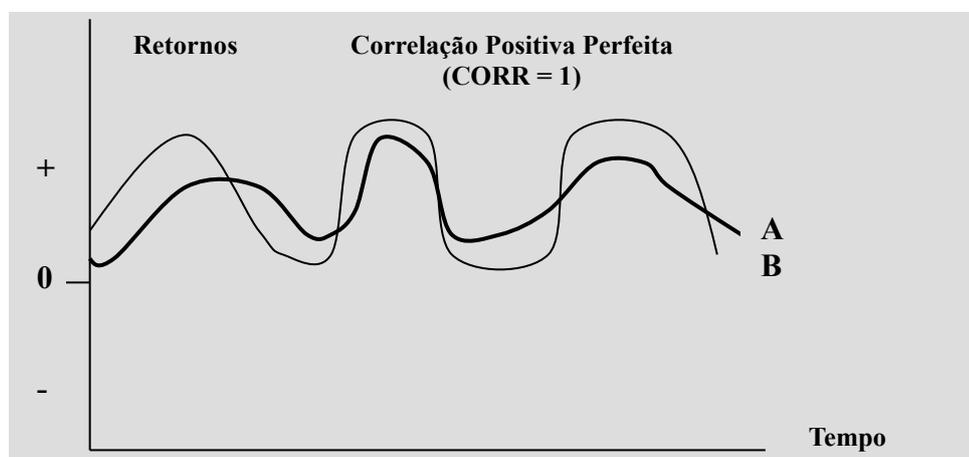
Outro ponto a considerar é que na moderna teoria de carteiras, a minimização do risco dos investimentos abrange a ideia de diversificação, conforme com o que define Brom e Balian (2007, p. 34) “De acordo com esse conceito, consagrado no mercado financeiro, o risco isolado de um determinado investimento pode ser minimizado quando esse investimento é administrado no âmbito de um conjunto ou de uma carteira de investimentos”.

A forma a demonstrar o desvio-padrão de uma carteira de dois ativos é destacado pelo:

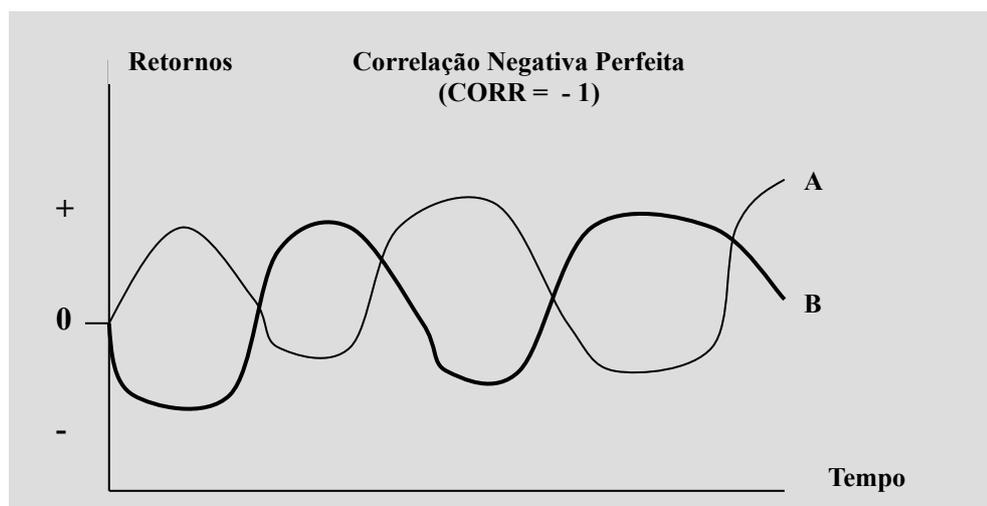
- desvio-padrão de cada ativo;
- percentual da carteira aplicado nos ativos;
- coeficiente de correlação dos ativos.

No entanto, o que se propõe a pesquisa, é demonstrar a construção de uma carteira teórica de ações com baixo risco.

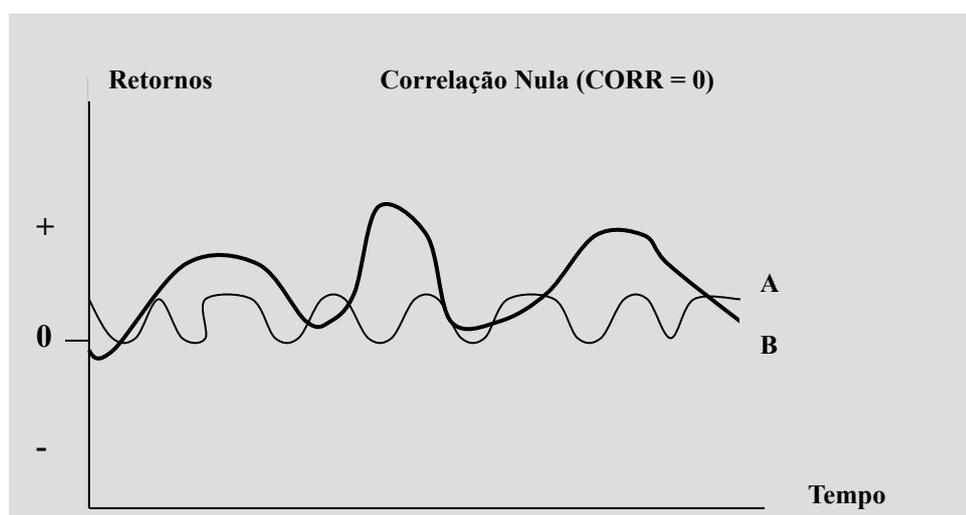
Dessa forma, a redução do risco de uma carteira pode ser promovida pela seleção de ativos com alguma correlação negativa entre si. Nas figuras seguintes, apresenta-se os tipos de correlações:



**Figura 10: Correlação positiva perfeita**  
Fonte: Adaptado de Ross; Westerfield e Jaffe, 2002



**Figura 11: Correlação negativa perfeita**  
**Fonte: Adaptado de Ross; Westerfield e Jaffe, 2002**

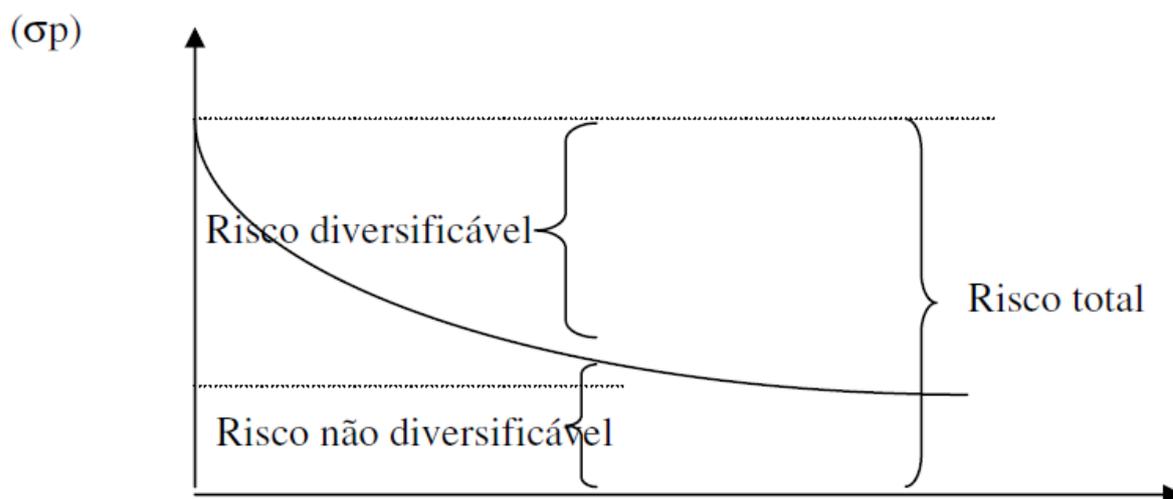


**Figura 12: Correlação nula**  
**Fonte: Adaptado de Ross; Westerfield e Jaffe, 2002**

Como se observa na figura 1 os retornos dos títulos A e B são superiores à média ao mesmo tempo, bem como são inferiores à média ao mesmo tempo já que ambos variam no mesmo sentido, ou seja, são positivamente correlacionados, já na figura 2, o título A possui retorno superior à média quando o título B possui retorno inferior à média, e vice-versa, nesse caso são títulos negativamente correlacionados enquanto que na figura 4, o retorno do título A é completamente independente do retorno do título B, portanto, a correlação é nula entre si.

De acordo com Assaf Neto (2021), o risco total de qualquer ativo é definido como o risco sistemático (não diversificável) e o risco não sistemático (diversificável). O risco não sistemático (diversificável), é identificado na característica do próprio ativo, não contaminando

os demais ativos do portfólio e pode ser total ou parcialmente eliminado pela inclusão de novos ativos que não tenham correlação positiva entre si. Já o risco sistemático não pode ser eliminado ou reduzido uma vez que esse risco tem origem nas flutuações a que está sujeito o sistema conjuntural, político, econômico e social, cada ativo se comporta de forma diferente diante da situação conjuntural estabelecida. Não há como evitar totalmente risco sistemático, sendo indicada a diversificação da carteira como medida preventiva (Assaf Neto, 2021 p. 218).



**Figura 13: Risco total**

Fonte: Adaptado de Ross; Westerfield e Jaffe, 2002

Na Figura 4, pode-se observar que, conforme se amplia a diversificação da carteira com a inclusão de mais ativos financeiros, o risco total reduz em função da eliminação do risco diversificável. O que se pode afirmar que o risco de um portfólio pode ser reduzido mediante um processo de diversificação.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa é de natureza aplicada e descritiva em termos de seus objetivos com abordagem quantitativa e quanto aos procedimentos é documental pois prescinde da coleta de dados que não receberam qualquer tratamento analítico e bibliográfica pois coloca o pesquisador em contato com publicações existentes.

Para realização do trabalho foram coletadas cotações mensais de ações de 220 companhias dos diversos segmentos listadas na B3 no período de 31.08.2021 a 29.07.2022, com a utilização da função do *software Excel*<sup>®</sup> cuja sintaxe é =HISTÓRICODEAÇÕES.

Os dados coletados foram submetidos à análise de correlação para identificar os ativos que apresentam correlações negativas entre si. Apesar do resultado apresentar um número significativo de ações com grau de correlação negativa, a dificuldade é obter uma série de títulos que apresentam algum grau negativo de correlação entre eles, pois, dois títulos são facilmente negativamente correlacionados, porém obter um terceiro ativo com correlação negativa entre os demais, as opções reduzem substancialmente, já um quarto título na mesma condição é extremamente difícil, motivo pelo qual somente foi possível construir portfólios com no máximo três ativos correlacionados negativamente entre si.

Um vez selecionados os títulos, foram calculados os retornos médios e o risco de cada um bem como definidos os seus percentuais para comporem os portfólios. Estabelecidos os portfólios procedeu-se a mitigação do risco de cada uma composição da carteira de ativos.

Para mitigação do desvio-padrão (risco) de uma carteira composta por três ativos utilizou-se a seguinte expressão:

$$\sigma_p = \left[ (w_A^2 \times \sigma_A^2) + (w_B^2 \times \sigma_B^2) + (w_C^2 \times \sigma_C^2) + (2 \times w_A \times w_B \times COV_{A,B}) + (2 \times w_A \times w_C \times COV_{A,C}) + (2 \times w_B \times w_C \times COV_{B,C}) \right]^{\frac{1}{2}}$$

**Figura 14: Expressão para cálculo do risco de um portfólio com “n” ativos**  
Fonte: Assaf Neto, 2021

Para a coleta das cotações das ações e para os cálculos dos retornos médios bem como para toda a estatística do risco foi utilizado o software Excel®.

#### 4 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Com base nos dados da amostra foram selecionados os portfólios, onde se buscou ativos negativamente correlacionados com o propósito de minimizar o risco da carteira. Na tabela 1 foram selecionadas as ações das companhias BB Seguridade (BBSE3), Fraslle Mobility (FRAS3) e Neoenergia (NEOE3) cuja correlação entre si é negativa. Observa-se que as companhias são de segmentos distintos, sendo a BB Seguridade do ramo de seguros, Fraslle Mobility do setor de autopeças e a Neoenergia do setor elétrico, essa condição já pressupõe uma diversificação do portfólio.

Tabela 1 – Portfólio A

Período	Retornos observados		
	BBSE3	FRAS3	NEOE3
29.07.2022	29,99	11,87	14,81
30.06.2022	25,97	9,80	14,92
31.05.2022	26,88	10,04	17,92
29.04..2022	25,43	11,06	18,78
31.03.2022	25,56	14,29	17,22
25.02.2022	23,04	13,59	16,09
31.01.2022	23,14	12,61	16,44
30.12.2021	20,67	13,93	16,20
30.11.2021	20,88	12,54	17,38
29.10.2021	22,05	14,21	15,50
30.09.2021	19,95	14,09	15,31
31.08.2021	19,06	15,70	16,62
<b>Retornos Médios</b>	<b>23,551667</b>	<b>12,810833</b>	<b>16,432500</b>
<b>Matriz de Correlação</b>	<b>BBSE3</b>	1,000000	
	<b>FRAS3</b>	<b>-0,691020</b>	1,000000
	<b>NEOE3</b>	<b>-0,005693</b>	<b>-0,161153</b>
<b>Matriz de Covariância</b>	<b>BBSE3</b>	9,7679139	
	<b>FRAS3</b>	<b>-3,78181</b>	3,066307639
	<b>NEOE3</b>	<b>-0,020862</b>	<b>-0,330877083</b>
<b>Risco do Ativo (desvio-padrão)</b>	3,2643385	1,8289513	1,224656724

Fonte: Dados da pesquisa, 2023

Com base nos dados da tabela 1 foram efetuadas 14 combinações (portfólios) com ações das companhias selecionadas cujo propósito foi mensurar o risco de cada carteira e identificar aquela com o menor risco, conforme demonstrado na tabela 2. Note-se que nas matrizes de correlação e de covariância os coeficientes são negativos entre si:

Tabela 2 – Estatística do Risco do Portfólio A

Portifólios	Ativos (% na carteira)			Risco de cada ativo			Covariância entre os ativos			Risco ( $\sigma_p$ )
	BBSE3	FRAS3	NEOE3	BBSE3	FRAS3	NEOE3	BBSE3-FRAS3	BBSE3-NEOE3	FRAS3-NEOE3	
1	0,80	0,10	0,10	<b>3,26</b>	<b>1,83</b>	<b>1,22</b>	-3,78	-0,02	-0,33	2,47
2	0,60	0,20	0,20	3,26	1,83	1,22	-3,78	-0,02	-0,33	1,70
3	0,40	0,30	0,30	3,26	1,83	1,22	-3,78	-0,02	-0,33	0,98
<b>4</b>	<b>0,20</b>	<b>0,40</b>	<b>0,40</b>	<b>3,26</b>	<b>1,83</b>	<b>1,22</b>	<b>-3,78</b>	<b>-0,02</b>	<b>-0,33</b>	<b>0,59</b>
5	0,10	0,8	0,10	3,26	1,83	1,22	-3,78	-0,02	-0,33	1,21
6	0,20	0,6	0,20	3,26	1,83	1,22	-3,78	-0,02	-0,33	0,71
7	0,30	0,4	0,30	3,26	1,83	1,22	-3,78	-0,02	-0,33	0,66
8	0,40	0,2	0,40	3,26	1,83	1,22	-3,78	-0,02	-0,33	1,13
9	0,10	0,1	0,80	3,26	1,83	1,22	-3,78	-0,02	-0,33	0,98
10	0,20	0,2	0,60	3,26	1,83	1,22	-3,78	-0,02	-0,33	0,80
11	0,30	0,3	0,40	3,26	1,83	1,22	-3,78	-0,02	-0,33	0,76
12	1,00	0,00	0,00	3,26	1,83	1,22	-3,78	-0,02	-0,33	<b>3,26</b>
13	0,00	1,00	0,00	3,26	1,83	1,22	-3,78	-0,02	-0,33	<b>1,83</b>
14	0,00	0,00	1,00	3,26	1,83	1,22	-3,78	-0,02	-0,33	<b>1,22</b>

Fonte: Dados da pesquisa, 2023

Analisando as informações da tabela 2 observa-se que o portfólio com menor risco é o 4, com a combinação de 20% de BBSE3, 40% de FRAS3 e 40% de NEOE3, em que o risco do portfólio é menor que o risco individual de cada ativo, assim como os portfólios de 5 a 7 e de 9 a 11 em que as combinações resultam em risco menor que os ativos individualmente. Nota-se nos portfólios 12 a 14 que o risco é idêntico ao risco individual de cada ativo, uma vez que esses portfólios são constituídos de 100% de cada ativo individualmente.

Os dados da amostra possibilitaram a construção de outros portfólios igualmente com ativos negativamente correlacionados. Na tabela 3 seguinte apresenta-se o portfólio B composto pelas ações das empresas EDP Energias do Brasil (ENBR3), Fundação Tupy (TUPY3) e da Track & Fild (TFCO4). Neste caso, as empresas selecionadas são também de segmentos distintos, EDP Energias do Brasil que atua do setor elétrico, Fundação Tupy do setor de metalurgia e Track & Fild empresa do setor têxtil (vestuário esportivo), proporcionando portanto, uma diversificação da carteira de ações, porém, esse critério não é uma regra.

**Tabela 3 – Portfólio B**

Período	Retornos observados		
	ENBR3	TUPY3	TFCO4
29.07.2022	21,70	22,77	9,93
30.06.2022	20,51	22,23	8,90
31.05.2022	21,46	23,10	10,50
29.04..2022	21,18	20,46	11,30
31.03.2022	23,52	17,85	11,52
25.02.2022	20,72	18,42	10,50
31.01.2022	21,44	20,87	11,81
30.12.2021	20,94	19,95	12,96
30.11.2021	21,40	19,31	10,76
29.10.2021	19,60	20,89	11,40
30.09.2021	18,36	20,17	15,28
31.08.2021	18,44	22,28	13,93
<b>Retornos Médios</b>	<b>20,772500</b>	<b>20,691667</b>	<b>11,565833</b>
<b>Matriz de Correlação</b>	<b>ENBR3</b>	<b>TUPY3</b>	<b>TFCO4</b>
	ENBR3	1,000000	
	TUPY3	-0,307414	1,000000
	TFCO4	-0,579541	-0,170104
			1,000000
<b>Matriz de Covariância</b>	<b>ENBR3</b>	<b>TUPY3</b>	<b>TFCO4</b>
	ENBR3	1,8851854	
	TUPY3	-0,679504	2,5916972
	TFCO4	-1,343173	-0,462251
			2,8493243
<b>Risco do Ativo (desvio-padrão)</b>	1,4340732	1,6814595	1,7630524

Fonte: Dados da pesquisa, 2023

Observando as matrizes de correlação e de covariância da tabela 3, nota-se que os coeficientes são negativos para os ativo entre si. Com base nos dados foi calculada a estatística do risco de 14 portfólios cujos resultados estão demonstrado na tabela 4:

Tabela 4 – Estatística do Risco do Portifólio B

Portifólios	Ativos (% na carteira)			Risco de cada ativo			Covariância entre os ativos			Risco ( $\sigma_p$ )
	ENBR3	TUPY3	TFCO4	ENBR3	TUPY3	TFCO4	ENBR3-TUPY3	ENBR3-TFCO4	TUPY3-TFCO4	
1	0,80	0,10	0,10	1,43	1,68	1,76	-0,68	-1,34	-0,46	0,98
2	0,60	0,20	0,20	1,43	1,68	1,76	-0,68	-1,34	-0,92	0,54
<b>3</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,30</b>	<b>1,43</b>	<b>1,68</b>	<b>1,76</b>	<b>-0,68</b>	<b>-1,34</b>	<b>-0,92</b>	<b>0,30</b>
4	0,20	0,40	0,40	1,43	1,68	1,76	-0,68	-1,34	-0,92	0,57
5	0,10	0,8	0,10	1,43	1,68	1,76	-0,68	-1,34	-0,92	1,22
6	0,20	0,6	0,20	1,43	1,68	1,76	-0,68	-1,34	-0,92	0,78
7	0,30	0,4	0,30	1,43	1,68	1,76	-0,68	-1,34	-0,92	0,41
8	0,40	0,2	0,40	1,43	1,68	1,76	-0,68	-1,34	-0,92	0,41
9	0,10	0,1	0,80	1,43	1,68	1,76	-0,68	-1,34	-0,92	1,29
10	0,20	0,2	0,60	1,43	1,68	1,76	-0,68	-1,34	-0,92	0,82
11	0,30	0,3	0,40	1,43	1,68	1,76	-0,68	-1,34	-0,92	0,42
12	1,00	0,00	0,00	<b>1,43</b>	<b>1,68</b>	<b>1,76</b>	-0,68	-1,34	-0,92	<b>1,43</b>
13	0,00	1,00	0,00	<b>1,43</b>	<b>1,68</b>	<b>1,76</b>	-0,68	-1,34	-0,92	<b>1,68</b>
14	0,00	0,00	1,00	<b>1,43</b>	<b>1,68</b>	<b>1,76</b>	-0,68	-1,34	-0,92	<b>1,76</b>

Fonte: Dados da pesquisa, 2023

As informações da tabela 4 evidencia que o portfólio com menor risco é o 3, cujo risco é de 0,30, com a combinação de 40% de ENBR3, 30% de TUPY3 e 30% de TFCO4, em que o risco do portfólio é menor que o risco individual de cada ativo, Pode-se observar também que os portfólios de 1 a 11 possuem risco menor que cada ativo individualmente, por sua vez, nota-se que os portfólios 12 a 14 o risco é idêntico ao risco individual de cada ativo, uma vez que esses portfólios são constituídos de 100% de cada ativo individualmente.

Com o propósito de demonstrar os fundamentos da Teoria de Carteira de Markowitz, na tabela 5 estão os dados das ações das companhias Brasken (BRKM5), Ambev (ABEV3) e da Atma (ATMP3) empresa de prestação de serviços nas áreas de atendimento a clientes (Contact Center e Trade Marketing). O propósito ao selecionar estas companhias é que os ativos são positivamente correlacionados, que, segundo a Teoria, nessa condição os riscos dos portfólios são maiores que os dos ativos individualmente, ou seja, o investidor ao fazer essa escolha maximizará o seu risco. Os dados do portfólio C estão representados na tabela 5. Da mesma forma as companhias também são de segmentos distintos, a Brasken atua no setor petroquímico, a Ambev no setor de bebidas e a Atma no setor de serviços.

Tabela 5 – Portfólio C

Períodos	Retornos observados		
	BRKM5	ABEV3	ATMP3
29.07.2022	36,69	14,93	1,22
30.06.2022	37,24	13,40	1,03
31.05.2022	44,50	14,19	1,95
29.04..2022	40,22	14,52	2,01
31.03.2022	44,30	15,40	2,83
25.02.2022	47,73	15,20	2,53
31.01.2022	49,17	14,97	2,85
30.12.2021	57,63	15,42	2,60
30.11.2021	50,05	16,06	3,53
29.10.2021	54,46	16,99	4,40
30.09.2021	59,34	15,30	4,88
31.08.2021	65,99	17,10	6,00
<b>Retornos Médios</b>	<b>48,943333</b>	<b>15,290000</b>	<b>2,985833</b>
Matriz de Correlação	BRKM5	1	
	ABEV3	0,7520605	1
	ATMP3	0,9063359	0,8367591
Matriz de Covariância	BRKM5	75,986006	
	ABEV3	6,6649333	1,0336
	ATMP3	11,251222	1,2114917
<b>Risco do Ativo (desvio-padrão)</b>	<b>9,10460456</b>	<b>1,061868</b>	<b>1,487435</b>

Fonte: Dados da pesquisa, 2023

Como se pode observar nas matrizes as correlações e covariâncias os coeficientes entre os ativos são positivos e, da mesma forma, a estatística do risco está demonstrada na tabela 6 a seguir:

Tabela 6 – Estatística do Risco do Portfólio C

Portfólios	Ativos (% na carteira)			Risco de cada ativo			Covariância entre os ativos			Risco ( $\sigma_p$ )
	BRKM5	ABEV3	ATMP3	BRKM5	ABEV3	ATMP3	BRKM5 -ABEV3	BRKM5 -ATMP3	ABEV3- ATMP3	
1	0,80	0,10	0,10	9,10	1,06	1,49	6,66	11,25	1,21	7,52
2	0,60	0,20	0,20	9,10	1,06	1,49	6,66	11,25	1,21	5,93
3	0,40	0,30	0,30	9,10	1,06	1,49	6,66	11,25	1,21	4,34
4	0,20	0,40	0,40	9,10	1,06	1,49	6,66	11,25	1,21	2,76
5	0,10	0,8	0,10	9,10	1,06	1,49	6,66	11,25	1,21	1,89
6	0,20	0,6	0,20	9,10	1,06	1,49	6,66	11,25	1,21	2,72
7	0,30	0,4	0,30	9,10	1,06	1,49	6,66	11,25	1,21	3,54
8	0,40	0,2	0,40	9,10	1,06	1,49	6,66	11,25	1,21	4,36
9	0,10	0,1	0,80	9,10	1,06	1,49	6,66	11,25	1,21	2,11
10	0,20	0,2	0,60	9,10	1,06	1,49	6,66	11,25	1,21	2,82
11	0,30	0,3	0,40	9,10	1,06	1,49	6,66	11,25	1,21	3,56
12	1,00	0,00	0,00	<b>9,10</b>	<b>1,06</b>	<b>1,49</b>	6,66	11,25	1,21	<b>9,10</b>
13	0,00	1,00	0,00	<b>9,10</b>	<b>1,06</b>	<b>1,49</b>	6,66	11,25	1,21	<b>1,06</b>
14	0,00	0,00	1,00	<b>9,10</b>	<b>1,06</b>	<b>1,49</b>	6,66	11,25	1,21	<b>1,49</b>

Fonte: Dados da pesquisa, 2023

Como se observa na tabela 6 os portfólios 1 a 11 apresentam risco superior ao do menor

risco entre os ativos selecionados (ABEV3), ou seja, comprovadamente o investidor ao optar por ativos positivamente correlacionado está mais exposto a maior grau de risco do que o de um ativo individualmente, conforme preconiza a Teoria do Portfólio de Markowitz.

## 5 CONCLUSÕES

Ao aplicar as medidas estatísticas de risco observa-se os retornos médios de cada ativo individualmente, bem como os seus respectivos riscos, entretanto, as medidas de avaliação definidos pela variância e desvio-padrão somente conseguem avaliar ativos isoladamente, não permitindo a avaliação de um portfólio.

Constatou-se que, ao selecionar ativos negativamente correlacionados o desvio padrão do retorno de uma carteira formada por esses títulos, é menor do que o desvio-padrão dos títulos individualmente, ficando evidente as vantagens da diversificação como fator de minimização de risco.

Portanto os exemplos demonstrados permitem uma compreensão básica do assunto, e os meios para precificar o risco de uma carteira.

O resultado apresentado é importante para o mercado de capitais e para o investidor, porque permite avaliar o nível de risco e orienta como formar um portfólio mais seguro sobre o ponto de vista de mitigar e minimizar o risco.

Finalmente, deve-se considerar que o mercado reage por meio de várias formas e fatores que não são mensuráveis, e que retornos obtidos no passado não garantem ganhos futuros, mas com base em modelos estatísticos, pode-se mensurar e minimizar os riscos para o investidor, bem como ativos negativamente correlacionados hoje poderão não ser em um momento futuro.

## REFERÊNCIAS

ARANHA, José A. Moura. **Fundamentos de Avaliação de Risco: risco e retorno na avaliação de uma carteira teórica de ações**. X SIAR e VIII SIACC, e I ConCiência. Paranaíba- MS, 19 a 21 Out. 2011

\_\_\_\_\_. **Mercado de Capitais**. Material didático da disciplina de Mercado Financeiro e de Capitais. Campo Grande, 2022

ASSAF NETO, Alexandre. **Mercado financeiro**. 15. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

BOLSA, BRASIL BALCÃO (B3). (04 de fevereiro de 2022). B3 atinge 5 milhões de contas de investidores em rendavariável em janeiro. Acesso em 18 de maio de 2022, disponível em: [https://www.b3.com.br/pt\\_br/noticias/5-milhoes-de-contas-de-investidores.htm#:~:text=Em%20rela%C3%A7%C3%A3o%20ao%20final%20de,no%20mesmo%20m%C3%AAs%20de%202021](https://www.b3.com.br/pt_br/noticias/5-milhoes-de-contas-de-investidores.htm#:~:text=Em%20rela%C3%A7%C3%A3o%20ao%20final%20de,no%20mesmo%20m%C3%AAs%20de%202021)

BROM, Luiz Guilherme; BALIAN, Jose Eduardo Amato. **Análise de investimentos e capital de giro**. São Paulo: Saraiva, 2007.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de administração financeira**. 7. ed. São Paulo: Habra, 2014

JORDAN, Bradford D; ROSS, Stephen A. Ross; WESTERFIELD, Randolph e LAMB, Roberto. (2010). **Fundamentos de Administração Financeira**. 9. ed. Mc Graw Hill Bookman, 2013

MARKOWITZ, Henry M. *Portfolio Selection*. The Journal of Finance, vol. 7, n. 1 (Mar., 1959), pp. 77-91.

\_\_\_\_\_. *Portfolio Selection: efficient diversification of investment*. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1959

NOGUEIRA, Sabrina Junqueira Nabarque; JANUZZI, Flávia Vital; CHAIN, Diego Reis; MACEDO, Lucas Martins. **Otimização de Carteiras em Renda Variável: análise de uma carteira teórica do IBOVESPA**. Portfolio Optimization at variavle Income: analysis of a theoretical IBOVESPA portfolio. Congresso Internacional de Administração – ADM 2021, Ponta Grossa – PR, 25-27 out. 2021

ROSS, Stephen A; WESTERFIELD, Randolph W; JAFFE, Jeffrey F. **Administração Financeira: corporate finance**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SANTOS, J. O., & Santos, J. A. (abril de 2005). **Mercado de capitais: racionalidade versus emoção**. Acesso em 19 de maio de 2022, disponível em scielo: <https://doi.org/10.1590/S1519-70772005000100008>

SOUSA, Renan Correia de. **Seleção de uma carteira eficiente de ações no mercado de capitais brasileiro**. Trabalho de conclusão de curso apresentado junto a Universidade Federal Fluminense – mar; 2016. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/7772/RENAN%20CORREIA%20DE%20SOUZA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>