

DIVERSIFICAÇÃO DO RISCO DE UM PORTFÓLIO DE ATIVOS MODELO DE MARKOWITZ

Mariana Coelho Silva¹

Beatriz Maia Mattar²

Mariana da Rosa³

Edson Ferreira de Oliveira⁴

RESUMO

A Teoria do Portfólio avalia a construção de uma carteira ótima de ativos a partir da relação risco e retorno, visando a diversificação do risco. O modelo de portfólio foi proposto por Harry Markowitz, em 1952, no artigo *Portfolio Selection*, publicado no *The Journal of Political Economy*. Utilizou-se oito ativos (Ambev, Magazine Luiza, Bradesco, Gerda, Natura, Dólar e Ouro) para a composição da carteira do presente estudo e foram calculados seus retornos, desvios padrões, índices – Sharpe, Treynor, Modigliani e Ibovespa –, médias e correlações, com o objetivo de apresentar ferramentas matemáticas ao investidor que quantificam o desempenho de investimentos, propiciando a tomada de decisões. A análise de uma carteira baseada em cinco elementos considerados importantes no mercado financeiro, atende as mais diversas correntes de pensamentos de investidores e permite a geração de portfólios eficientes. Adotou-se nesse projeto uma abordagem empírico-analítica, através de pesquisas bibliográficas sobre o tema e levantamento dos preços dos ativos de 03/2017 a 09/2018, com base nos dados disponibilizados pelo sistema Bloomberg. Para o cálculo do modelo atribuiu-se pesos iguais para cada ativo, por simplificação operacional, e aplicou-se as fórmulas de Markowitz que nos permite identificar o desvio padrão (risco) e o retorno esperado da carteira. Com os dados obtidos na aplicação do modelo, pôde-se fazer os comparativos do desempenho de cada ativo com a carteira, da carteira com o Ibovespa e ainda da carteira com relação aos índices escolhidos. Assim, observou-se que o risco de um ativo mantido fora de uma carteira é diferente de seu risco quando incluído na carteira e que o risco depende da composição de cada elemento, da sua participação no investimento total, além da forma como seus componentes se relacionam (covariam) entre si.

Palavras-Chave: Portfólio; Risco; Retorno; Diversificação.

¹Graduada em Ciências Atuariais pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

²Graduada em Ciências Atuariais pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

³Graduada em Ciências Atuariais pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

⁴Professor do Curso de Ciências Atuariais da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

ABSTRACT

The Portfolio Theory evaluates the construction of a great asset portfolio from the perspective of the relation between risk and financial return, aiming for the diversification of the risk. The portfolio model was proposed by Harry Markowitz, in 1952, in the article *Portfolio Selection*, published by *The Journal of Political Economy*. Eight actives were used (Ambev, Magazine Luiza, Bradesco, Gerdau, Natura, Dollar and Gold) for the composition of the current study and their financial returns, standard deviation, rates – Sharpe, Treynor, Modigliani and Ibovespa –, averages and correlations, with the intention of presenting mathematical tools that quantify the investment performance to the investor, allowing the decision making.

The analysis of a portfolio based in five elements considered as important in the financial marker, serving the most diverse investors' schools of thought and allows for the creation of efficient portfolios. For this project, the empirical-analytical approach was adopted, through bibliographical research about the topic and data collection of the assets' prices from March/2017 to September/2018, based on the data made available by the Bloomberg system. For the example calculation, equal measures were attributed to each asset, for operational simplification, and Markowitz' formulas, which allow us to identify the standard deviations (risks) and the financial return expected from the assets, were applied. With the data obtained in the model application, it was possible to compare the performance of each asset with the portfolio, of the portfolio with Ibovespa and even the portfolio in relation to the chosen rates. Therefore, it was observed that the risk of an asset being kept out of a portfolio is different than the risk of it being kept in the portfolio, and the risk depends on the composition of each element, its participation in the final investment, and the way its components relate to each other.

Keywords: Portfolio; Risk; Return; Diversification.

1. INTRODUÇÃO

No mercado financeiro, as tomadas de decisões são regidas pelo risco, principalmente quando se refere aos resultados. A mensuração desse estado de incerteza se dá mediante o conhecimento das probabilidades de acontecer um determinado evento, com isso dizemos que a decisão está sendo tomada sob uma situação de risco. Em contrapartida com o risco temos o retorno, que é o ganho (ou perda) de um investimento definido para certo período.

A sensibilidade ao risco é pessoal para cada investidor, porém a preocupação maior nas decisões em situação de incerteza é expressar as preferências do investidor em relação ao conflito risco *versus* retorno inerente a toda alternativa financeira. Para um investidor obter maior retorno tem como consequência assumir um nível maior de risco, assim, quanto maior o risco de um ativo, maior o prêmio pago pelo risco assumido.

A teoria do portfólio, com destaque para o Modelo de Markowitz, tem por objetivo sintetizar a complexidade de todos os cálculos envolvidos em um único número, de forma a identificar a melhor combinação possível de ativos, obedecendo às preferências do investidor com relação ao risco e retorno esperados. Harry Markowitz apresentou esse modelo em seu artigo seminal *Portfolio Selection*, na revista *The Journal of Finance*, vol. 7, N. 1, pp. 77-91, em março de 1952. Mais tarde, em 1999, Markowitz foi agraciado com o Prêmio Nobel de Economia, por sua contribuição nos estudos de diversificação de risco.

O processo de distribuição dos investimentos em mais de um ativo, compondo uma carteira (portfólio), denomina-se “diversificação”, pois permite que se apure um risco menor que o calculado para cada ativo individualmente.

A análise dos dados obtidos a partir do Modelo de Markowitz e dos índices de desempenho permite comparar a carteira de investimento desenvolvida com o índice de mercado, Bovespa. O risco obtido na comparação entre as carteiras possibilita concluir o efeito da carteira e auxilia na tomada de decisão, na geração de portfólios eficientes e na avaliação da sensibilidade dos volumes investidos em cada ativo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. História de Markowitz

Harry Max Markowitz nasceu no dia 24 de agosto de 1927 em Chicago (EUA), economista especializado em análise de investimentos. Concluiu seu doutorado em economia pela Universidade de Chicago no ano de 1954, é autor de inúmeros livros e artigos científicos. Foi contemplado, em 1990, com o prêmio Nobel de Economia, devido a sua contribuição na análise de risco e retorno de ativos financeiros.

Assaf Neto (2007) explica que a teoria de Markowitz faz parte do processo de avaliação de carteiras de investimentos, o qual envolve três grandes fases: a análise dos títulos, que trabalha com os fundamentos da avaliação de ativos, em que se costuma encontrar o valor intrínseco de um título por descontar os fluxos futuros a uma taxa de atratividade; análise de carteiras, que envolve projeções de retorno esperado e do risco de um conjunto de ativos; e a seleção de carteiras, que por sinal é o título do artigo de Markowitz (1952) – *portfolio selection* – que

estuda a melhor combinação possível dos ativos analisados e sugere uma alocação de ativos dentro de uma carteira que maximize a satisfação do investidor. Na teoria de Markowitz essa satisfação é definida com base no que seria um “investidor racional”, que busca que seu risco seja mínimo para um dado nível de retorno.

Markowitz defendia a diversificação dos investimentos, ou seja, “não colocar todos os ovos em uma única cesta”, pois, caso a cesta se perca, todos os ovos irão junto com ela.

A diversificação de ativos se mostra eficiente quando as correlações entre os ativos é negativa ou positiva baixa. Além disso, para um determinado nível de risco existe um portfólio ótimo com retorno máximo e para um determinado retorno existe um portfólio ótimo com risco mínimo.

2.2. Risco e Retorno dos Ativos no Âmbito das Decisões Financeiras

Na prática, as decisões financeiras não são tomadas em ambiente de total certeza com relação a seus resultados. Em verdade, por estarem essas decisões fundamentalmente voltadas para o futuro, é imprescindível que se introduza a variável incerteza como um dos mais significativos aspectos do estudo das finanças corporativas. (ASSAF NETO, 2014).

Um dos tópicos que geram grande discussão no campo de finanças tem sido a forma como devem ser relacionados dois componentes de extrema importância na avaliação de ativos: o risco e o retorno.

O risco de um ativo é medido pela volatilidade dos retornos históricos, caracterizada pelo desvio padrão da amostra, ou seja, o desvio padrão passa a revelar o risco da operação. Já retorno esperado de um ativo é a expectativa de retorno que o investidor tem para o próximo período.

O modelo de Harry Markowitz, por exemplo, utiliza o processo de otimização que permite a minimização do seu risco para um determinado nível de retorno através da diversificação da carteira.

Para Markowitz, o retorno de uma carteira de investimentos consiste na média ponderada dos retornos esperados dos ativos que compõem a carteira. Para obter o retorno da carteira basta, portanto, calcular a média aritmética dos retornos esperados dos ativos ponderados pelas suas proporções. A equação matemática para o retorno da carteira é apresentada abaixo:

$$R_p = \sum_{i=1}^n w_i \cdot R_i$$

Sendo:

R_p : retorno da carteira;

R_i : retorno do ativo;

n : número de ativos na carteira;

w_i : peso do ativo i na composição da carteira.

A variância do retorno é calculada como a diferença entre cada retorno e a média dos retornos, elevada ao quadrado e multiplicada pela probabilidade de o evento ocorrer. Para melhor entendimento, observa-se a fórmula da variância a seguir:

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n [x_i - \mu_x]^2 \cdot P(x_i)$$

Sendo:

σ_p^2 : variância dos retornos da carteira;

x_i : evento que analisa;

μ_x : média ponderada desses eventos;

$P(x_i)$: frequência com que tais eventos ocorrem.

O desvio padrão representa para Markowitz a expectativa de risco que se tem sobre o retorno de um determinado ativo.

Dentro deste ambiente, é necessário considerar os riscos envolvidos diretamente relacionados aos seus potenciais retornos. Essa relação de risco x retorno compõe um processo de fusão, com retornos maiores para investimentos de riscos mais elevados. Portanto, a proporção do retorno configura um prêmio ao risco que se incorre no investimento (ASSAF NETO, 2006).

3. METODOLOGIA

O presente projeto adota uma abordagem empírico-analítica cujo objetivo é quantificar o risco e o retorno de um portfólio de investimentos constituído de ativos da Ambev, Magazine Luiza, Natura, Gerdau, Eletrobrás, Banco Bradesco, além do Ouro e do Dólar e, como índice de referência do mercado foi utilizado o Bovespa. Para tanto, fez-se uma pesquisa bibliográfica sobre o tema e o levantamento empírico dos preços dos ativos entre 03/2017 e 09/2018, com base nos dados disponibilizados pelo sistema Bloomberg.

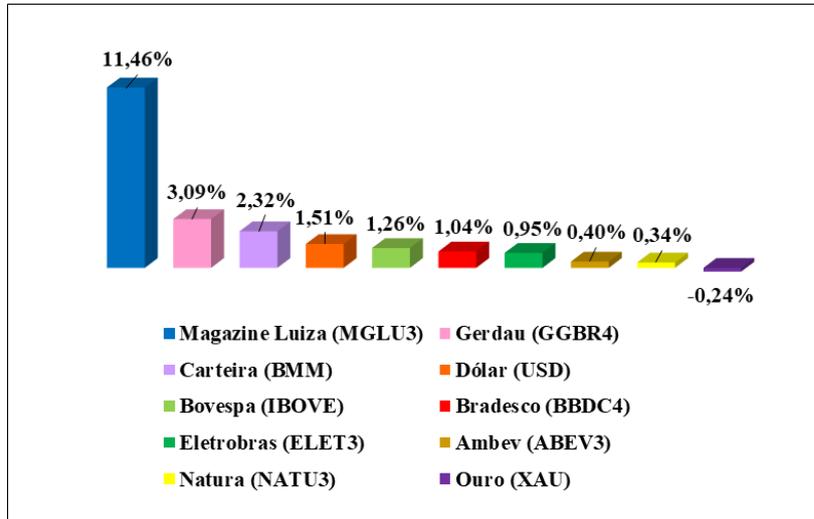
As variáveis analisadas foram: os preços mensais dos ativos individuais (no fechamento dos meses) do período de análise estabelecido, as taxas de variação mensal dos preços (retornos) dos ativos individuais em cada período e a correlação das taxas de variação mensal dos preços (retornos) dos ativos (aos pares).

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Foram analisados no presente estudo 8 (oito) ativos, no período de abril de 2017 a setembro de 2018 (dezoito meses), obtendo-se suas médias, desvios padrões, correlações e índices – Sharpe, Treynor e Modigliani –, para medir seus desempenhos de forma individual, em conjunto e com relação ao mercado (Bovespa - IBOV), utilizando-se do modelo de Markowitz.

O gráfico 1 mostra as médias dos retornos dos ativos e da carteira, com a Magazine Luiza – MGLU3 atingindo a maior média (11,46%) e o Ouro – XAU a menor (-0,24%), negativo devido a pressão da alta do dólar no período avaliado. Dessa forma, a carteira BMM ficou na terceira posição (2,32%), perdendo com a diferença de 9,14% para a Magazine Luiza e de 0,77% para a Gerdau.

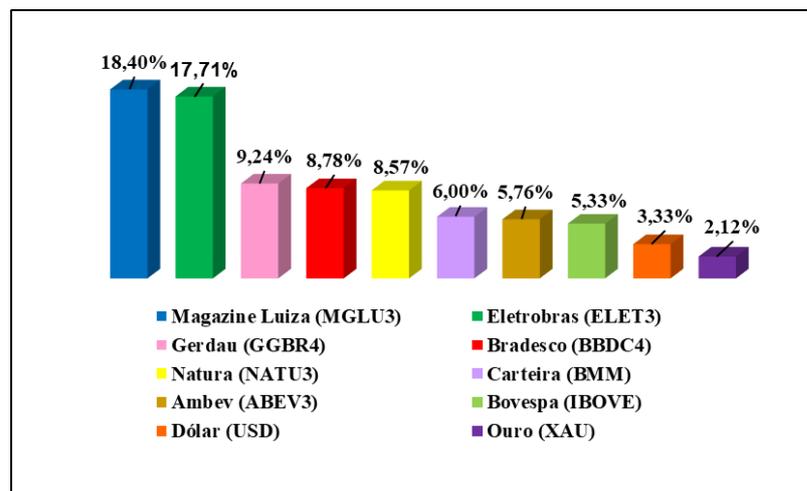
Gráfico 1: Média dos Retornos no período de 18 meses



Fonte: elaborado pelas autoras, 2019.

No gráfico 2 temos o desvio padrão, medida de dispersão, que representa o risco, a volatilidade dos ativos, possuindo assim relação direta com os potenciais retornos. Portanto, se faz necessário a análise em conjunto (risco *versus* retorno) antes das tomadas de decisões referentes a um investimento. Com isso, teve-se a carteira BMM o desvio padrão de 6%, alcançando a quinta posição, e a Magazine Luiza (MGLU3), novamente na primeira posição, com 18,40% e o Ouro (XAU) na última com 2,12%.

Gráfico 2: Desvio Padrão dos Retornos no período de 18 meses



Fonte: elaborado pelas autoras, 2019.

Analisando os gráficos podemos dizer que dos oito ativos, dois deles (MGLU3 e GGBR4) têm o retorno maior e cinco (MGLU3, ELET3, GGBR4, BBDC4 e NATU3) o desvio padrão maior, quando comparado ao da carteira. Porém, comparado com o Bovespa (IBOV), quatro tem o retorno maior (MGLU3, GGB4, USD, BMM) e sete tem o desvio padrão maior (MGLU3, ELET3, GGBR4, USD, NATU3, BMM e ABEV3), por fim, comparando a carteira com o Bovespa, a BMM é maior tanto no retorno quanto no risco. Além disso, para saber como um ativo se comporta em relação a outro ativo, fez-se as matrizes de correlações “Empresa x Empresa”, “Empresa x Mercado”, “Empresa x Carteira” e “Carteira x Mercado”, como mostrado a seguir:

Tabela 1: Matriz de Correlação – Empresa x Empresa

ATIVOS	A	B	C	D	E	F	G	H
	Ambev (ABEV3)	Magazine Luiza (MGLU3)	Natura (NATU3)	Dólar (USD)	Ouro (XAU)	Bradesco (BBDC4)	Gerdau (GGBR4)	Eletrbras (ELET3)
A ABEV3	1,00	0,29	0,18	-0,62	0,34	0,70	0,39	0,53
B MGLU3		1,00	0,51	-0,28	0,60	0,35	0,15	0,29
C NATU3			1,00	-0,06	0,58	0,20	0,07	0,27
D USD				1,00	-0,43	-0,75	-0,49	-0,50
E XAU					1,00	0,51	0,24	0,17
F BBDC4						1,00	0,61	0,68
G GGBR4							1,00	0,62
H ELET3								1,00

Fonte: elaborado pelas autoras, 2019.

Tabela 2: Matriz de Correlação – Empresa x Mercado

Mercado	Ambev (ABEV3)	Magazine Luiza (MGLU3)	Natura (NATU3)	Dólar (USD)	Ouro (XAU)	Bradesco (BBDC4)	Gerdau (GGBR4)	Eletrbras (ELET3)
Bovespa (IBOV)	0,74	0,35	0,29	-0,72	0,46	0,96	0,71	0,74

Fonte: elaborado pelas autoras, 2019.

Tabela 3: Matriz de Correlação – Empresa x Carteira

Carteira	Ambev (ABEV3)	Magazine Luiza (MGLU3)	Natura (NATU3)	Dólar (USD)	Ouro (XAU)	Bradesco (BBDC4)	Gerdau (GGBR4)	Eletrbras (ELET3)
BMM	0,64	0,72	0,57	-0,56	0,59	0,78	0,62	0,81

Fonte: elaborado pelas autoras, 2019.

Tabela 4: Matriz de Correlação – Carteira x Mercado

BMM x IBOV	Carteira (BMM)	Bovespa (IBOV)
Carteira (BMM)	1,00	0,83
Bovespa (IBOV)		1,00

Fonte: elaborado pelas autoras, 2019.

A correlação mede a relação linear entre duas variáveis aleatórias e está entre 1 (correlação perfeitamente positiva) e -1 (correlação perfeitamente negativa), caso dê 0 não estão correlacionadas. Como exemplos de alguns resultados obtidos, de correlação positiva, têm-se a do Bradesco (BBDC4) x Ambev (ABEV3) com 0,70, a Eletrbras (ELET3) x Bovespa (IBOV) com 0,74 e a Carteira (BMM) x Magazine Luiza (MGLU3) com 0,72. Já para correlação

negativa, o Dólar (USD) x Natura (NATU3) com -0,06, Carteira (BMM) x Dólar (USD) com -0,56 e o índice Bovespa (IBOV) x Dólar (USD) com -0,72.

4.1. Índices

Os índices cumprem basicamente três objetivos:

- São indicadores de variação de preços do mercado;
- Servem de parâmetros para avaliação de performance de portfólios;
- Podem ainda servir como instrumentos de negociação no mercado futuro.

Para avaliação da performance do portfólio foram utilizados 4 (quatro) índices: Bovespa, Treynor, Sharpe e Modigliani. Seguem abaixo as tabelas com os respectivos resultados obtidos.

4.1.1. Índice Bovespa

O Ibovespa é o principal índice do mercado de ações. É o mais importante indicador de desempenho médio dos ativos mais negociados e representativos do mercado de ações de nosso País. Entre os ativos presentes em sua composição, tem-se: Itaú Unibanco (ITUB4), Vale (VALE3), Bradesco (BBDC4), Cielo (CIEL3) etc.

4.1.2. Índice de Treynor

O índice de Treynor (IT) mostra quanto foi o retorno de um determinado portfólio para cada unidade de risco sistêmico assumido (que afeta a economia de uma forma geral).

Para calcular o índice usa-se a seguinte fórmula:

$$IT = \frac{(R_i - R_f)}{\beta}$$

Onde:

IT: índice de Treynor;

R_i: retorno esperado do portfólio;

R_f: retorno do ativo livre de risco;

β: beta do portfólio.

Tabela 5: Cálculo do Índice de Treynor

Ambev (ABEV3)	Magazine Luiza (MGLU3)	Natura (NATU3)	Dólar (USD)	Ouro (XAU)	Bradesco (BBDC4)	Gerdau (GGBR4)	Eletrobras (ELET3)	Bovespa (IBOV)	Carteira (BMM)
0,02%	11,30%	-0,09%	-2,57%	-3,42%	0,42%	2,28%	0,23%	0,88%	1,72%

Fonte: elaborado pelas autoras, 2019.

Depois de calculado o Índice de Treynor, observou-se que para cada unidade de risco sistêmico assumido, obteve-se -2,57% de retorno do Dólar (USD) em contrapartida com a carteira (BMM)

que teve um retorno positivo de 1,72%. O ativo com maior retorno foi a Magazine Luiza, alcançando 11,30%.

4.1.3. Índice de Sharpe

O índice de Sharpe mede o retorno excedente do portfólio em relação à taxa livre de risco, ou seja, corresponde ao prêmio por unidade de risco. Quanto maior o índice, melhor o desempenho da carteira.

Para calcular o índice usa-se a seguinte fórmula:

$$IS = \frac{(R_i - R_f)}{\sigma_p}$$

Onde:

IS: índice de Sharpe;

R_i: retorno do ativo/carteira analisada;

R_f: retorno da taxa livre de risco (selic);

σ_p: desvio padrão da carteira (risco).

Tabela 6: Cálculo do Índice de Sharpe

Ambev (ABEV3)	Magazine Luiza (MGLU3)	Natura (NATU3)	Dólar (USD)	Ouro (XAU)	Bradesco (BBDC4)	Gerdau (GGBR4)	Eletrobras (ELET3)	Bovespa (IBOV)	Carteira (BMM)
0,004	0,59	-0,005	0,33	-0,28	0,07	0,29	0,03	0,17	0,26

Fonte: elaborado pelas autoras, 2019.

Do ponto de vista do Índice de Sharpe, o prêmio pelo risco calculado de cada ativo e da carteira mantém a Magazine Luiza (MGLU3) na primeira posição com 0,59 tendo o melhor desempenho, porém na segunda posição tem-se o Dólar (USD) com 0,33, que obteve uma das últimas posições no índice analisado anteriormente. Com isso, pode-se visualizar a importância da utilização de mais de uma ferramenta de análise, pois nem sempre o que reflete em uma será da mesma forma em outra, como se pôde ver nos dois índices até o momento.

4.1.4. Índice de Modigliani

O índice de Modigliani permite ajustar o risco do fundo ao risco do índice de mercado utilizado para comparar o desempenho. Para um fundo com um dado nível de risco e retorno, o índice de Modigliani é equivalente ao retorno que o fundo teria se o seu risco fosse equivalente ao risco de mercado.

Para calcular o índice usa-se a seguinte fórmula:

$$\tilde{\mathfrak{S}}_p = \frac{\sigma_M}{\sigma_p} (R_p - R_F) + R_F$$

Onde:

IMp = índice de Modigliani;

σ_M = desvio padrão do retorno de um índice mercado;

σ_p = desvio padrão do retorno do fundo;

R_p = retorno do fundo;

R_f = retorno do ativo livre de risco.

Tabela 7: Cálculo do Índice de Modigliani

Ambev (ABEV3)	Magazine Luiza (MGLU3)	Natura (NATU3)	Dólar (USD)	Ouro (XAU)	Bradesco (BBDC4)	Gerdau (GGBR4)	Eletrobras (ELET3)	Bovespa (IBOV)	Carteira (BMM)
0,40%	3,59%	0,36%	2,19%	-1,18%	0,78%	1,94%	0,55%	1,26%	1,77%

Fonte: elaborado pelas autoras, 2019.

Os resultados obtidos no índice de Modigliani, quando comparados com os outros dois índices, não teve em sua primeira posição a Magazine Luiza, porém teve a Carteira (BMM) com 1,77% e o ouro (XAU) teve o menor resultado, com -1,18%. Portanto, esses são os retornos caso os riscos fossem equivalentes ao mercado.

Para melhor entendimento e análise comparativa, segue as tabelas com os índices, retornos e riscos de cada ativo e do mercado contra a carteira, calculados no período de dezoito meses.

4.2. Comparativos

Para melhor entendimento e análise comparativa, segue as tabelas com os índices, retornos e riscos de cada ativo e do mercado contra a carteira, calculados no período de dezoito meses.

Tabela 8: Comparativo entre índices, retornos e riscos: Ambev x Carteira

	Ambev (ABEV3)	Carteira (BMM)
Risco	5,76%	6,00%
Retorno	0,40%	2,32%
Índice de Sharpe	0,004	0,26
Índice de Treynor	0,02%	1,72%
Índice de Modigliani	0,40%	1,77%

Fonte: elaborado pelas autoras, 2019.

No comparativo entre Ambev e a Carteira, o portfólio (BMM) obteve maior risco (desvio padrão) com 6%, porém em consequência o retorno também foi maior, de 2,32% contra 0,40% da Ambev. Analisando os índices, todos também foram favoráveis à carteira BMM, sendo assim tendo melhor desempenho quando comparado com a Ambev, principalmente por apresentarem riscos próximos, entretanto retornos consideravelmente diferentes.

Tabela 9: Comparativo entre índices, retornos e riscos: Magazine Luiza x Carteira

	Magazine Luiza (MGLU3)	Carteira (BMM)
Risco	18,40%	6,00%
Retorno	11,46%	2,32%
Índice de Sharpe	0,59	0,26
Índice de Treynor	11,30%	2,15%
Índice de Modigliani	3,59%	1,77%

Fonte: elaborado pelas autoras, 2019.

Ao observar a Magazine Luiza x Carteira, os resultados são contrários ao analisado anteriormente (Ambev x Carteira). A carteira BMM teve menor risco quando comparado ao da Magazine Luiza, todavia também teve menor retorno, de 2,32% da carteira e 11,46% da Magazine Luiza. O efeito da diversificação da carteira reduziu o risco, entretanto há ainda uma disparidade no retorno. O índice de Sharpe, que avalia o prêmio por unidade de risco, foi de 0,59 contra 0,26, resultados mais próximos quando comparados com os demais.

Tabela 10: Comparativo entre índices, retornos e riscos: Dólar x Carteira

	Dólar (USD)	Carteira (BMM)
Risco	3,33%	6,00%
Retorno	1,51%	2,32%
Índice de Sharpe	0,33	0,26
Índice de Treynor	-2,57%	2,15%
Índice de Modigliani	2,19%	1,77%

Fonte: elaborado pelas autoras, 2019.

Na relação Dólar x Carteira notou-se que a carteira BMM tem maior risco e maior retorno, contudo, sem apresentar diferenças altas, tanto que em dois índices (Sharpe e Modigliani) o Dólar tem melhor desempenho. Já analisando através do índice de Treynor o Dólar e a carteira caminham de maneiras opostas, pois o Dólar tem -2,57% de retorno para cada unidade de risco sistêmico assumido, enquanto a carteira apresenta 2,15%.

Tabela 11: Comparativo entre índices, retornos e riscos: Bradesco x Carteira

	Bradesco (BBDC4)	Carteira (BMM)
Risco	8,78%	6,00%
Retorno	1,04%	2,32%
Índice de Sharpe	0,07	0,26
Índice de Treynor	0,42%	2,15%
Índice de Modigliani	0,78%	1,77%

Fonte: elaborado pelas autoras, 2019.

Na comparação Bradesco x Carteira, apesar do risco ter sido maior do Bradesco, o retorno maior foi da carteira com 2,32% contra 1,04%. Os índices também tiveram desempenhos inferiores no Bradesco, concluindo que a melhor escolha de investimento seria pela a carteira BMM.

Tabela 12: Comparativo entre índices, retornos e riscos: Gerdau x Carteira

	Gerdau (GGBR4)	Carteira (BMM)
Risco	9,24%	6,00%
Retorno	3,09%	2,32%
Índice de Sharpe	0,29	0,26
Índice de Treynor	0,42%	2,15%
Índice de Modigliani	1,94%	1,77%

Fonte: elaborado pelas autoras, 2019.

A Gerdau x Carteira mostra maior retorno da Gerdau, porém também maior risco. Ao analisar os índices, a carteira BMM possui melhor desempenho no índice de Treynor e resultados próximos nos índices de Sharpe e Modigliani, apesar da Gerdau ainda ser melhor. Nesse comparativo é importante que o investidor avalie sua aversão ao risco, pois há valores próximos nos índices e retornos, entretanto há uma diferença maior quando observado o risco.

Tabela 13: Comparativo entre índices, retornos e riscos: Ouro x Carteira

	Ouro (XAU)	Carteira (BMM)
Risco	2,12%	6,00%
Retorno	-0,24%	2,32%
Índice de Sharpe	-0,28	0,26
Índice de Treynor	-3,42%	2,15%
Índice de Modigliani	-1,18%	1,77%

Fonte: elaborado pelas autoras, 2019.

Na tabela Ouro x Carteira observou-se que no período de abril de 2017 a setembro de 2018, o ouro não teve boa performance quando comparado com a carteira BMM, pois seu retorno médio e os índices (Sharpe, Treynor e Modigliani) se sobressaíram de forma negativa nesse período estudado, gerando melhores resultados para a carteira.

Tabela 14: Comparativo entre índices, retornos e riscos: Eletrobras x Carteira

	Eletrobras (ELET3)	Carteira (BMM)
Risco	17,71%	6,00%
Retorno	0,95%	2,32%
Índice de Sharpe	0,03	0,26
Índice de Treynor	0,23%	2,15%
Índice de Modigliani	0,55%	1,77%

Fonte: elaborado pelas autoras, 2019.

A análise Eletrobras x Carteira mostra um risco superior da Eletrobras com 17,71% e um retorno inferior, de 0,95% contra 2,32% da carteira BMM. Todos os índices foram favoráveis à carteira, não gerando dúvidas na escolha do investimento.

Tabela 15: Comparativo entre índices, retornos e riscos: Natura x Carteira

	Natura (NATU3)	Carteira (BMM)
Risco	8,57%	6,00%
Retorno	0,34%	2,32%
Índice de Sharpe	-0,005	0,26
Índice de Treynor	-0,09%	2,15%
Índice de Modigliani	0,36%	1,77%

Fonte: elaborado pelas autoras, 2019.

O comparativo Natura x Carteira é semelhante ao visto anteriormente (Eletrobras x Carteira), pois apesar do risco maior da Natura, o seu retorno foi menor quando comparado com o da carteira BMM. Os resultados dos índices são ainda mais surpreendentes, pois além dos resultados da carteira terem sido melhores, a Natura tem dois índices com valores negativos (Sharpe e Treynor). Portanto, nesse período analisado, correr o risco com a Natura não era uma boa escolha.

Tabela 16: Comparativo entre índices, retornos e riscos: Bovespa x Carteira.

	Bovespa (IBOV)	Carteira (BMM)
Risco	5,33%	6,00%
Retorno	1,26%	2,32%
Índice de Sharpe	0,17	0,26
Índice de Treynor	0,88%	2,15%
Índice de Modigliani	1,26%	1,77%

Fonte: elaborado pelas autoras, 2019.

Para finalizar os comparativos, observou-se a Carteira *versus* Índice Bovespa (representando o mercado). Do ponto de vista do risco o índice Bovespa foi melhor, com 5,33% contra 6% da carteira. Analisando os índices, em especial o índice de Sharpe, que é considerado pelo mercado

o melhor índice de eficiência para avaliar a relação risco x retorno, a carteira teve melhor desempenho.

Ao finalizar as comparações ficou demonstrado que a ferramenta criada permite avaliar e comparar o desempenho entre os ativos e as carteiras, dessa forma torna-se possível fazer análises diversas com foco na performance do portfólio mitigando riscos e potencializando o retorno.

4.3. O Modelo de Markowitz

Através da teoria do portfólio, podemos observar que o risco de um ativo mantido fora de uma carteira é diferente de seu risco quando incluído na carteira. No estudo da diversificação, o risco de um ativo é avaliado pela sua contribuição ao risco total da carteira.

Para o cálculo do modelo, atribuiu-se o peso (W) de 12,50% para cada ativo, por simplificação operacional, totalizando os oito ativos escolhidos (A, B, C, D, E, F, G e H) e utilizou-se o desvio padrão (σ) e a correlação (ρ) para administrar o risco, conforme a fórmula a seguir:

$$\begin{aligned} \sigma_p = & (W_a^2 x \sigma_a^2) + (W_b^2 x \sigma_b^2) + 2 x W_a x W_b x \rho_{a,b} x \sigma_a x \sigma_b \\ & + (W_a^2 x \sigma_a^2) + (W_c^2 x \sigma_c^2) + 2 x W_a x W_c x \rho_{a,c} x \sigma_a x \sigma_c \quad \dots \\ & + (W_a^2 x \sigma_a^2) + (W_h^2 x \sigma_h^2) + 2 x W_a x W_h x \rho_{a,h} x \sigma_a x \sigma_h \\ & + (W_b^2 x \sigma_b^2) + (W_c^2 x \sigma_c^2) + 2 x W_b x W_c x \rho_{b,c} x \sigma_b x \sigma_c \\ & + (W_b^2 x \sigma_b^2) + (W_d^2 x \sigma_d^2) + 2 x W_b x W_d x \rho_{b,d} x \sigma_b x \sigma_d \quad \dots \\ & + (W_b^2 x \sigma_b^2) + (W_h^2 x \sigma_h^2) + 2 x W_b x W_h x \rho_{b,h} x \sigma_b x \sigma_h \\ & + (W_c^2 x \sigma_c^2) + (W_d^2 x \sigma_d^2) + 2 x W_c x W_d x \rho_{c,d} x \sigma_c x \sigma_d \\ & + (W_c^2 x \sigma_c^2) + (W_e^2 x \sigma_e^2) + 2 x W_c x W_e x \rho_{c,e} x \sigma_c x \sigma_e \quad \dots \\ & + (W_c^2 x \sigma_c^2) + (W_h^2 x \sigma_h^2) + 2 x W_c x W_h x \rho_{c,h} x \sigma_c x \sigma_h \\ & + (W_d^2 x \sigma_d^2) + (W_e^2 x \sigma_e^2) + 2 x W_d x W_e x \rho_{d,e} x \sigma_d x \sigma_e \\ & + (W_d^2 x \sigma_d^2) + (W_f^2 x \sigma_f^2) + 2 x W_d x W_f x \rho_{d,f} x \sigma_d x \sigma_f \quad \dots \\ & + (W_d^2 x \sigma_d^2) + (W_h^2 x \sigma_h^2) + 2 x W_d x W_h x \rho_{d,h} x \sigma_d x \sigma_h \\ & + (W_e^2 x \sigma_e^2) + (W_f^2 x \sigma_f^2) + 2 x W_e x W_f x \rho_{e,f} x \sigma_e x \sigma_f \\ & + (W_e^2 x \sigma_e^2) + (W_g^2 x \sigma_g^2) + 2 x W_e x W_g x \rho_{e,g} x \sigma_e x \sigma_g \\ & + (W_e^2 x \sigma_e^2) + (W_h^2 x \sigma_h^2) + 2 x W_e x W_h x \rho_{e,h} x \sigma_e x \sigma_h \\ & + (W_f^2 x \sigma_f^2) + (W_g^2 x \sigma_g^2) + 2 x W_f x W_g x \rho_{f,g} x \sigma_f x \sigma_g \\ & + (W_f^2 x \sigma_f^2) + (W_h^2 x \sigma_h^2) + 2 x W_f x W_h x \rho_{f,h} x \sigma_f x \sigma_h \\ & + (W_g^2 x \sigma_g^2) + (W_h^2 x \sigma_h^2) + 2 x W_g x W_h x \rho_{g,h} x \sigma_g x \sigma_h \end{aligned}$$

Fonte: elaborado pelas autoras, 2019.

Ao total foram 28 combinações, que resultaram em um risco da carteira de 6% ao mês e uma média de 2,32% ao mês, que pode ser calculada através do somatório dos pesos (W) multiplicados pelos retornos médios de cada ativo ($\mu_A, \mu_B, \mu_C \dots \mu_H$).

O modelo de Markowitz está sendo utilizado para demonstrar que quando se diversifica uma carteira, o risco pode ser mais bem distribuído e assim, o retorno pode ser maior, não importando qual seja a combinação de ativos.

Com isso, ao avaliar-se um investimento, os indicadores utilizados nesse presente estudo são suficientes para uma boa análise e administração do risco, sob os mais diversos ângulos, visando o maior retorno.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atingiu-se todos os objetivos com a metodologia desenvolvida durante o levantamento de dados dos ativos e da carteira, dessa forma a ferramenta obtida com esse artigo permite que ativos sejam comparados e carteiras eficientes criadas e que através de algumas variáveis (risco, retorno, índices) é possível quantificar e analisar, de maneira adequada, o comportamento dos ativos de renda variável no mercado financeiro. Além, de administrar o risco visando o maior retorno na tomada de decisões e assim contribuindo para formação de carteiras diversas com foco na eficiência do desempenho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSAF NETO, Alexandre. *Finanças corporativas e valor*. 4ª edição. São Paulo: Atlas, 2010.

BODIE, Zvi; KANE, Alex; MARCUS, Alan J. *Fundamentos de investimentos*. 3ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2000.

CERVO, Amado L.; BERVIAN, Pedro A. *Metodologia científica*. 4ª edição. São Paulo: Makron Books, 1996.

ELTON, Edwin J.; GRUBER, Martin J.; BROWN, Stephen J.; GOETZMANN, William N. *Moderna teoria de carteiras e análise de investimentos*. São Paulo: Atlas, 2004.

GITMAN, Lawrence J. *Princípios de Administração financeira*. 10ª edição. São Paulo: Pearson/Addison Wesley, 2004.

GRINBLATT, Mark; TITMAN, Sheridan. *Financial markets and corporate strategy*. USA: McGraw-Hill, 1998.

MARKOWITZ, Harry. *Portfolio selection*. The Journal of Finance, vol.7, N.1, pp.77-91, Março-1952.

MARKOWITZ, Harry. *Portfolio selection: eficiente diversification of investments*. New Haven: Yale University Press, 1959.

ROSS, Stephen A.; WESTERFIELD, Randolph W.; JORDAN, Bradford D. *Princípios de administração financeira*. 2ª edição. São Paulo: Atlas, 2000.

TOSTA DE SÁ, Geraldo. *Administração de Investimentos: teoria de carteiras e gerenciamento do risco*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.