

ÍNDICE DE SHARPE COMBINADO COM A PARIDADE DE RISCO NA FORMAÇÃO DE CARTEIRAS NA BOLSA DE VALORES BRASILEIRA

SHARPE RATIO COMBINED WITH RISK PARITY IN PORTFOLIO FORMATION IN THE BRAZILIAN STOCK EXCHANGE

ÁREA TEMÁTICA: FINANÇAS

Eder Rech, UFPR, Brasil, ederrech@ufpr.br

Felyx Gabriel Fulanete Bento, UFPR, Brasil, felyxgabriel@ufpr.br

Evelyn Moissa, UFPR, Brasil, moissa@ufpr.br

Resumo

Esta pesquisa testou o uso do Índice de Sharpe em seleção de portfólio na bolsa de valores brasileira, a B3, combinado com o método de paridade de risco para a definição dos pesos a serem alocados em cada ativo. A estratégia foi simulada utilizando dados dos anos de 2005 até 2020 e comparada com os retornos do Ibovespa, CDI e também com uma carteira formada com os mesmos ativos, porém tendo a distribuição de valores igualmente ponderada. A carteira testada foi composta por dez ações, sendo rebalanceada anualmente. Para o período analisado, o Ibovespa fechou com um retorno diário acumulado de 362,70%, enquanto o CDI obteve 394,02%. O portfólio resultante da estratégia proposta alcançou um retorno diário acumulado de 1.492,47%, enquanto a carteira igualmente ponderada obteve 976,95%. Além disso, ressalta-se que o objetivo principal foi reduzir o desvio-padrão em conjunto (risco da carteira), de acordo com o indicado pela Teoria do Portfólio. Em contraponto ao encontrado pela literatura internacional, os ativos brasileiros com menor desvio-padrão foram os que demonstraram maiores retornos no período, o que pode explicar parcialmente os achados deste estudo.

Palavras-chave: Índice de Sharpe; paridade de risco; gestão de carteiras.

Abstract

This research tested the use of the Sharpe Ratio in portfolio selection on the Brazilian stock exchange (B3), combined with the risk parity method to define the weights to be allocated to each asset. The strategy was simulated using data from 2005 to 2020 and compared with the returns of the Ibovespa, CDI and also with a portfolio formed with the same assets, but with the distribution of values equally weighted. The portfolio tested was composed of ten stocks, being rebalanced annually. For the analyzed period, the Ibovespa closed with an accumulated daily return of 362.70%, while the CDI obtained 394.02%. The portfolio resulting from the proposed strategy achieved an accumulated daily return of 1,492.47%, while the equally weighted portfolio achieved 976.95%. In addition, it should be noted that the main objective was to reduce the joint standard deviation (portfolio risk), as indicated by the Portfolio Theory. In contrast to what was found in the international literature, Brazilian assets with the lowest standard deviation were those that showed higher returns in the period, which may partially explain the findings of this study.

Keywords: Sharpe Ratio; risk parity; portfolio management.

1. INTRODUÇÃO

Diversos são os modelos e técnicas existentes que objetivam contribuir na formação de carteiras de investimentos. O Modelo de Precificação de Ativos (CAPM), proposto por William Forsyth Sharpe em 1964, baseado na teoria de Harry Max Markowitz de 1952, constantemente é testado e questionado por pesquisadores em virtude de anomalias ocasionalmente encontradas nos resultados. Trata-se de um modelo fundamentado na premissa microeconômica de preferência pelo retorno versus o risco, onde “o risco relevante de uma ação individual é a sua contribuição ao risco de uma carteira bem diversificada” (Brigham e Ehrhardt, 2014). Importante mencionar que os autores Sharpe e Markowitz foram laureados com o Prêmio Nobel em Economia no ano de 1990 por seus trabalhos pioneiros na Moderna Teoria Econômica de Finanças. Outros autores da época, que também fizeram importantes contribuições para a Teoria do Portfólio, foram Jack Treynor (1962), John Lintner (1965), Jan Mossin (1966), Tobin (1958) e Black, Jensen e Scholes (1972).

O CAPM participa do processo de avaliação de tomada de decisão em condições de risco e é amplamente reconhecido e aceito, sendo o seu aperfeiçoamento o objetivo de novos estudos ao invés da sua substituição, segundo Assaf Neto (2012). As últimas décadas testemunharam a proliferação de estudos empíricos testando a validade do CAPM. Em países emergentes, a quantidade de ativos disponíveis e a alta volatilidade dos indicadores financeiros podem, muitas vezes, contribuir para distorções nos resultados de investimentos ao serem testados. Vários estudos descobriram que a variação dos retornos esperados não poderia ser explicada apenas pelo risco sistemático. Assim, diversos novos modelos de precificação foram desenvolvidos para prever estes retornos dos ativos (Galagedera, 2007).

Em paralelo, outra ferramenta no modelo CAPM amplamente utilizada na alocação de ativos, principalmente para avaliar o desempenho de gestores de fundos, é o Índice de Sharpe (IS). Bodie, Kane & Marcus (2015). definem o Índice de Sharpe como uma medida de recompensa pela volatilidade, onde os investidores podem observar qual seria o retorno “em excesso” ao ter optado por um ativo com maior risco.

Desta maneira, o presente trabalho testa a metodologia de seleção com o uso do Índice de Sharpe, aliada a uma outra metodologia, que atua na ponderação dos ativos selecionados, a chamada paridade de risco (PR). Apesar de ganhar mais notoriedade somente a partir da crise financeira do ano 2000, a paridade de risco teve seu início na década de 50. A abordagem visa construir carteiras onde o risco geral da carteira é diversificado alocando o risco igualmente entre as diferentes estratégias de investimentos. Nesta abordagem, o risco da carteira e as contribuições de risco são calculados a partir das estimativas de variância e covariância de seus retornos futuros (Kolm, Tütüncü & Fabozzi, 2014).

Para Maillard, Roncalli & Teiletche (2008), a carteira de paridade de risco é uma abordagem heurística e seus estudos concluíram que ela pode ser alocada como uma opção meio termo entre a carteira de mínima variância e a carteira igualmente ponderada (IP). A intenção deste tipo de carteira é equalizar as contribuições de risco dos ativos que a compõe segundo o autor. A técnica já apresentou bons desempenhos em estudos internacionais, nos mercados europeus e americanos, porém, poucos estudos foram encontrados em mercados emergentes como o brasileiro.

Entre os trabalhos já realizados utilizando como base valores da bolsa de valores brasileira, a B3, deve-se citar Souza, Filomena, Caldeira, Borenstein & Righi (2017), que utilizou a PR para a distribuição de peso entre índices setoriais. A técnica de PR obteve um resultado intermediário ao ser comparada com uma carteira que utilizou a técnica de mínima variância e também uma carteira igualmente ponderada, acompanhando os resultados de estudos americanos e europeus.

Bertoluzzo, Bertoluzzo, Imamura, Melhado & Castro (2018), analisaram os retornos dos ativos da B3 durante o período da crise de 2008 e obteve também um resultado intermediário para a PR, ao comparar com uma carteira de mínima variância e uma carteira igualmente ponderada utilizando todas as ações com liquidez disponíveis naquele período.

Um aspecto positivo da abordagem de paridade de risco é sua baixa tendência de concentrar a maior parte dos recursos em apenas um ou poucos ativos, o que reflete sua grande vantagem de fornecer proteção contra o risco de concentração, ou o risco de alta volatilidade repentina de qualquer ativo (Maillard et al., 2008).

Assim sendo, o objetivo geral deste trabalho é analisar os resultados obtidos a partir da seleção de ativos com o uso do Índice de Sharpe e combinar com o uso da metodologia da paridade de risco na bolsa de valores de um país emergente de 2005 à 2020, neste caso, a bolsa de valores brasileira, a B3.

Os seguintes objetivos específicos foram previamente definidos para a realização do trabalho: comparar os resultados obtidos pelo modelo acima proposto com os retornos do índice CDI, Ibovespa e o Índice Quantum Ativo (IQT). Comparar também a carteira obtida com uma carteira composta pelos mesmos ativos, porém igualmente ponderados e também, analisar posteriormente, os Índices de Sharpe, Treynor, Alfa de Jensen, assim como os betas obtidos no período proposto após uma simulação.

O presente trabalho contribui apresentando algumas das fórmulas utilizadas no software Microsoft Excel, a fim de disseminar as técnicas e facilitar o entendimento. Justifica-se pela necessidade de propagação das metodologias testadas pelos teóricos, ajudando a melhorar as perspectivas de retornos médios no longo prazo, juntamente com a redução de exposição aos riscos.

2. METODOLOGIA E DADOS

A metodologia é dividida em duas partes. A primeira parte trata os dados obtidos e calcula os índices utilizados na montagem do portfólio proposto. A segunda parte do trabalho, faz uma simulação das carteiras compostas por dez ativos, obtidas na primeira parte e analisa os resultados, rebalanceando anualmente as posições. A quantidade de ativos é reduzida, assim como o período analisado não é extenso pois o cálculo da paridade de risco depende de uma atividade computacionalmente intensiva para um volume maior de dados, o que pode ser considerada uma limitação deste estudo.

2.1 Parte 1 – Dados

Para o desenvolvimento da primeira parte do estudo, as etapas foram realizadas, na sequência a seguir descrita.

Importação para o Microsoft Excel dos valores de fechamento diário dos ativos negociados na bolsa de valores brasileira de 31/12/2003 à 31/12/2020, obtidos no sistema Economática. No arquivo original estavam relacionados 576 ativos. Soma-se a isso a importação para o Microsoft Excel do índice Ibovespa e do CDI diário do site da bolsa de valores de 2005 à 2020.

As datas sem negociação, referentes aos finais de semana e feriados nacionais, foram eliminadas. Para a análise das janelas anuais, foram excluídos todos os ativos que não foram negociados em pelo menos 90% dos dias do histórico utilizado. Desta maneira, as janelas anuais obtiveram as seguintes quantidades de ativos:

ANO	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
QUANT.	55	67	77	122	159	163	175	183	186	191	193	193	190	203	230	256	289

Tabela 1 - Quantidade de ativos para cada ano da amostra

Por meio do método da Repetição da Última Cotação (RUC), foram preenchidos os dias em que não houveram negociações com o último valor disponível, para um posterior cálculo de índices. Cabe destacar que a utilização do método RUC pode enviesar para baixo os betas estimados dos ativos com muitos dias sem negociação pois existe uma redução da variância do retorno da ação e, desta maneira, também recebe o mesmo efeito a correlação entre o retorno da ação e o retorno do mercado. Assim sendo, o beta da ação também sofre uma redução (Damodaran, 1997). A mesma técnica foi usada para os dias úteis nacionais que a bolsa não abriu (feriados em São Paulo – sede da B3), porém o indicador CDI oscilava normalmente.

Para o cálculo dos retornos foi utilizada seguinte fórmula do Excel:

$$=\text{Preço}_{t+1}/\text{Preço}_1 - 1$$

Para o cálculo da média foi utilizada a fórmula:

$$=\text{MÉDIA}(\text{Retorno}_1 \text{ até } \text{Retorno}_n)$$

Para o cálculo do desvio padrão (DP) foi utilizada a fórmula:

$$=\text{DESVPAD.P}$$

(“P” pois trata-se de período recente relevante para inferência)

A fórmula do desvio padrão pode ser formalmente apresentada da seguinte maneira:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - M_A)^2}{n}}$$

Foram estimados os retornos diários de cada ação para cada janela de um ano a partir de 2004, assim como a média dos retornos diários e dos desvios padrão. Posteriormente, foram calculados os Índices de Sharpe com o propósito de selecionar os dez ativos “i” com os melhores índices para cada ano e assim iniciar a montagem da proposta de carteira para utilização na simulação da segunda parte deste trabalho. Neste caso, para o cálculo dos retornos foi utilizado Log do Retorno representado pela seguinte fórmula do Excel:

$$=\text{LN}(\text{Preço}_{t+1}/\text{Preço}_1)$$

Para o cálculo das médias e do desvio padrão dos retornos diários foram utilizadas as mesmas formulas citadas anteriormente. Para o cálculo do Índice de Sharpe, primeiramente foi subtraído da média (R_m), o valor referente ao ativo livre de risco (R_f), neste caso foi utilizado o CDI acumulado do ano analisado e posteriormente o valor é dividido pelo desvio padrão.

A fórmula do índice pode ser formalmente apresentada da seguinte maneira:

$$s = \left(\frac{R_m - R_f}{\sigma_p} \right)$$

Em complemento, foram estimados os retornos acumulados de 2005 à 2020 (tabela 2), para os ativos que atenderam os critérios definidos durante todo o período analisado (42 ativos).

Também foram estimados os betas destes mesmos ativos com o uso da seguinte fórmula do Excel:

=INCLINAÇÃO(Ativo;Mercado)

A	IBOVESPA	CDI	ABEV3	BBDC3	BBDC4	BRAP4	BBAS3	BRKM5
R	362,70%	394,02%	494,46%	1206,48%	1159,38%	1198,87%	815,01%	15,41%
β	-	-	0,5219	0,9755	1,0555	1,1283	1,17	0,8954

A	CLSC4	CMIG3	CMIG4	COCE5	CGAS5	CPLE3	CPLE6	ELET3
R	496,09%	831,67%	641,16%	2374,21%	3321,81%	1470,19%	1233,04%	375,65%
β	0,488	0,7744	0,8426	0,3424	0,4074	0,6808	0,8404	1,0352

A	ELET6	EMBR3	EGIE3	ETER3	FESA4	GGBR4	GOAU4	INEP4
R	455,15%	-27,20%	1543,52%	344,22%	849,19%	245,61%	19,29%	-77,04%
β	0,9277	0,6446	0,5099	0,5624	0,5651	1,1953	1,2389	0,4952

A	ITSA4	ITUB4	KLBN4	LIGT3	LAME4	POMO4	OIBR4	PETR3
R	1262,66%	783,84%	864,12%	114,73%	1345,71%	534,28%	-92,24%	217,74%
β	1,006	1,0386	0,7055	0,823	0,988	0,7733	0,8298	1,2682

A	PETR4	RAPT4	S BSP3	CSNA3	TASA4	TELB4	VIVT3	TIMS3
R	284,18%	503,02%	1140,84%	829,80%	268,31%	384,45%	405,44%	435,06%
β	1,2652	0,8597	0,8466	1,3461	0,5801	0,5933	0,3901	0,7859

A	TRPL4	UNIP6	USIM5	VALE3
R	2585,79%	628,81%	93,66%	744,36%
β	0,5038	0,5916	1,2825	1,0965

A = Ativo; R = Retorno; β = Beta

Tabela 2 - Retorno acumulado e betas de 2005 a 2020: Ativos, Ibovespa e CDI

O beta do CAPM sinaliza a sensibilidade do ativo em relação ao mercado, neste caso foi utilizado como referência o Ibovespa (R_m). Um beta maior que 1 significa que, em caso de variações positivas do mercado, o ativo irá receber um retorno maior que o Ibovespa, assim como em caso de variações negativas, o ativo irá sofrer mais que o mercado. Ativos com beta menor que 1 podem ser considerados de risco inferior (ação não-cíclica) e os ativos com beta igual a 0 pouco sofrem influência do mercado (Bodie et al., 2015).

A fórmula do beta formalmente pode ser apresentada da seguinte maneira:

$$\beta_i = \frac{cov(R_i, R_m)}{var(R_m)}$$

Em continuidade, para complementar as informações, na tabela 3 foram ranqueados os dez maiores retornos de 2005 à 2020, isto é, o que o investidor buscaria estimar *ex-ante* para aplicar, assim como os dez menores retornos, ou seja, os ativos dentro do espaço amostral que incorreram maiores prejuízos. A tabela 4 apresenta os dez maiores desvios padrão (exposição ao risco) e os dez menores desvios padrão (menor risco incorrido).

10 MAIORES RETORNOS ACUMULADOS			10 MENORES RETORNOS ACUMULADOS		
	ATIVO	RTN. ACUMULADO		ATIVO	RTN. ACUMULADO
1°	CGAS5	3321,81%	1°	OIBR4	-92,24%
2°	TRPL4	2585,79%	2°	INEP4	-77,05%
3°	COCE5	2374,21%	3°	EMBR3	-27,20%
4°	EGIE3	1543,52%	4°	BRKM5	15,41%
5°	CPLE3	1470,19%	5°	GOAU4	19,29%
6°	LAME4	1345,71%	6°	USIM5	93,66%
7°	ITSA4	1262,66%	7°	LIGT3	114,73%
8°	CPLE6	1233,04%	8°	PETR3	217,75%
9°	BBDC3	1206,49%	9°	GGBR4	245,61%
10°	BRAP4	1198,88%	10°	TASA4	268,32%

Tabela 3 – 10 maiores e menores retornos acumulados (2005 a 2020)

10 MENORES DESVIOS PADRÃO			10 MAIORES DESVIOS PADRÃO		
	ATIVO	DESVIO PADRÃO		ATIVO	DESVIO PADRÃO
1°	ABEV3	1,77%	1°	TELB4	7,58%
2°	VIVT3	1,86%	2°	INEP4	4,36%
3°	COCE5	1,87%	3°	TASA4	3,83%
4°	EGIE3	1,92%	4°	OIBR4	3,75%
5°	CGAS5	1,96%	5°	USIM5	3,45%
6°	TRPL4	2,04%	6°	CSNA3	3,40%
7°	ITSA4	2,20%	7°	ELET3	3,15%
8°	CLSC4	2,22%	8°	GOAU4	3,06%
9°	BBDC3	2,23%	9°	ETER3	3,03%
10°	ITUB4	2,26%	10°	PETR3	2,91%

Tabela 4 – 10 maiores e menores desvios padrão (2005 a 2020)

2.2 Parte 2 – Simulação

A partir dos dados encontrados na parte 1, foram selecionados os ativos com os dez melhores Índices de Sharpe de cada ano. Para otimizar o efeito diversificação, nos anos em que mais de um ativo da mesma empresa ficaram posicionados entre os dez melhores Índices de Sharpe, foi considerado apenas o ativo com o melhor índice de cada empresa e então adicionado o próximo ativo do ranking para a lista. Também foram desconsiderados os ativos que não possuíam movimentação superior a 90% dos dias do ano subsequente, para que possa ser aplicada devidamente a simulação posterior.

A contribuição de risco individual para cada ativo na carteira foi calculada e posteriormente aplicada a técnica de paridade de risco para encontrar cada peso a ser investido para que cada um dos dez ativos contribua de maneira equivalente para o risco da carteira. A paridade de risco utiliza a estimativa da matriz de covariância para obter a sua carteira ótima. O cálculo para encontrar a paridade de risco pode ser realizado conforme abaixo. A matriz de covariância é representada por Σ . A volatilidade da carteira é representada por $\sigma(x)$ (Maillard et al., 2008).

$$\sigma(x) = (x^T \Sigma x)^{\frac{1}{2}}$$

Onde, $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$, é o vetor de peso dos ativos.

Considerando que a variância do ativo “ i ” é a covariância entre ativos, então a contribuição marginal do ativo é assim definida pela derivada:

$$\frac{\partial \sigma(x)}{\partial x_i} = \frac{x_i \sigma_i^2 + \sum_{j \neq i} x_j \sigma_j}{\sigma(x)}$$

E a contribuição total ao risco é dada por:

$$\sigma(x) = x_i \partial_{x_i} \sigma(x)$$

A carteira de equilíbrio com paridade de risco (x^*), ou seja, com contribuições igualitárias de risco de cada ativo é assim definida:

$$x^* = \{x \in [0,1]^n : \sum x_1 = 1; x_i \partial_{x_i} \sigma(x) = x_j \partial_{x_j} \sigma(x), \forall i, j\}$$

Para o cálculo utilizando o Excel, primeiramente foi montada a matriz de covariância utilizando a ferramenta “Análise de Dados”. Na sequência, são calculados os pesos da covariância utilizando uma carteira igualmente ponderada, assim como a variância daquela carteira utilizando a fórmula “Matriz.Multi”. A contribuição de risco de cada ativo é obtida com o uso de uma regra de três simples entre a variância da carteira e o peso aplicado. Por fim, são calculados os desvios padrão para cada peso de risco obtido e então é aplicada a ferramenta “Solver” com a função de minimizar a soma dos desvios padrão alterando as células dos pesos dos ativos.

Após o levantamento da contribuição individual para a paridade de risco, foram simuladas as aplicações nos dez ativos selecionados, de acordo com os valores obtidos para a paridade. A simulação se baseia no valor de fechamento do primeiro dia de negociação da bolsa de valores de cada ano, até o valor fechamento do último dia. As carteiras foram rebalanceadas a cada início de ano, de 2005 até 2020.

Foram realizadas as simulações com os ativos obtidos por meio do Índice de Sharpe, tendo a distribuição igualitária de pesos. Nas tabelas a seguir (5 até 20), são apresentadas as contribuições de risco de cada ativo individual para as carteiras com distribuição igualitária, bem como as respectivas distribuições de pesos para que haja a paridade de risco (PR).

ALPA4	ABEV3	BRKM5	CCRO3	ETER3	GOAU4	INEP4	RAPT4	UNIP6	USIM3
RESPECTIVAS CONTRIBUIÇÕES DE RISCO PARA PESOS IGUAIS:									
6,80%	3,54%	15,86%	7,74%	4,14%	10,24%	20,54%	8,41%	11,51%	11,22%
RESPECTIVOS PESOS PARA A PARIDADE DE RISCO:									
11,44%	17,00%	5,61%	10,23%	17,40%	8,24%	5,20%	9,50%	7,73%	7,65%

Tabela 5 - Valores obtidos de paridade de risco em 2004 para aplicação no ano de 2005

ALPA4	BBDC3	COCE5	CPFE3	DASA3	GUAR3	ITSA4	LAME4	PETR4	TRPL4
RESPECTIVAS CONTRIBUIÇÕES DE RISCO PARA PESOS IGUAIS:									
7,70%	12,54%	10,94%	7,98%	7,25%	4,97%	10,80%	11,14%	10,14%	16,54%
RESPECTIVOS PESOS PARA A PARIDADE DE RISCO:									
11,45%	7,87%	9,06%	11,48%	11,72%	14,74%	9,02%	8,81%	9,47%	6,39%

Tabela 6 - Valores obtidos de paridade de risco em 2005 para aplicação no ano de 2006

ALPA4	BRAP3	COCE5	ETER3	RENT3	POMO4	PSSA3	SBSP3	TASA4	USIM3
RESPECTIVAS CONTRIBUIÇÕES DE RISCO PARA PESOS IGUAIS:									
7,65%	8,65%	7,07%	8,28%	16,21%	6,85%	12,89%	11,69%	9,97%	10,72%
RESPECTIVOS PESOS PARA A PARIDADE DE RISCO:									
11,81%	10,64%	11,99%	11,31%	6,58%	12,64%	7,83%	8,44%	9,68%	9,08%

Tabela 7 - Valores obtidos de paridade de risco em 2006 para aplicação no ano de 2007

BRAP3	INEP4	MGEL4	MMXM3	PDTC3	PTNT4	RCSL4	CSNA3	TASA4	MWET4
RESPECTIVAS CONTRIBUIÇÕES DE RISCO PARA PESOS IGUAIS:									
7,01%	9,50%	6,15%	7,94%	11,33%	11,54%	22,13%	9,15%	8,17%	7,07%
RESPECTIVOS PESOS PARA A PARIDADE DE RISCO:									
12,03%	9,62%	13,03%	10,98%	8,28%	8,15%	5,89%	9,56%	10,65%	11,82%

Tabela 8 - Valores obtidos de paridade de risco em 2007 para aplicação no ano de 2008

COCE5	ELET6	FESA4	NTCO3	HAGA4	MNPR3	FRTA3	RCSL4	SNSY5	TRPL4
RESPECTIVAS CONTRIBUIÇÕES DE RISCO PARA PESOS IGUAIS:									
4,59%	7,71%	8,21%	5,15%	21,19%	5,79%	3,78%	20,83%	16,49%	6,27%
RESPECTIVOS PESOS PARA A PARIDADE DE RISCO:									
14,63%	9,60%	9,30%	13,29%	5,07%	12,06%	14,53%	4,83%	5,32%	11,37%

Tabela 9 - Valores obtidos de paridade de risco em 2008 para aplicação no ano de 2009

BPAN4	CARD3	EZTC3	GUAR3	HBOR3	IGTA3	AMAR3	SULA11	TGMA3	TOTS3
RESPECTIVAS CONTRIBUIÇÕES DE RISCO PARA PESOS IGUAIS:									
12,72%	10,07%	12,19%	10,48%	10,98%	7,11%	9,49%	7,23%	9,66%	10,08%
RESPECTIVOS PESOS PARA A PARIDADE DE RISCO:									
8,17%	9,70%	8,40%	9,50%	9,22%	12,65%	10,23%	12,31%	10,08%	9,74%

Tabela 10 - Valores obtidos de paridade de risco em 2009 para aplicação no ano de 2010

ALPA4	HGTX3	EZTC3	HBOR3	MYPK3	LLIS3	AMAR3	POMO3	ODPV3	SNSY5
RESPECTIVAS CONTRIBUIÇÕES DE RISCO PARA PESOS IGUAIS:									
5,27%	11,83%	9,65%	7,17%	8,43%	8,47%	8,76%	5,41%	9,18%	25,82%
RESPECTIVOS PESOS PARA A PARIDADE DE RISCO:									
14,72%	7,58%	9,01%	11,72%	9,74%	9,89%	9,71%	13,32%	9,19%	5,12%

Tabela 11 - Valores obtidos de paridade de risco em 2010 para aplicação no ano de 2011

CMIG3	CIEL3	COCE5	CPFE3	ENEV3	JHSF3	KLBN4	LLIS3	RPMG3	SAPR4
RESPECTIVAS CONTRIBUIÇÕES DE RISCO PARA PESOS IGUAIS:									
7,72%	6,47%	6,54%	6,08%	9,24%	13,49%	11,55%	11,53%	22,35%	5,03%
RESPECTIVOS PESOS PARA A PARIDADE DE RISCO:									
10,89%	12,02%	12,68%	12,94%	9,19%	6,99%	7,95%	8,40%	5,47%	13,47%

Tabela 12 - Valores obtidos de paridade de risco em 2011 para aplicação no ano de 2012

GRND3	AMAR3	LEVE3	MIL3	BEEF3	PTBL3	SAPR4	SCAR3	VLID3	YDUQ3
RESPECTIVAS CONTRIBUIÇÕES DE RISCO PARA PESOS IGUAIS:									
8,31%	14,21%	6,29%	11,16%	14,21%	11,88%	8,77%	4,95%	8,57%	11,66%
RESPECTIVOS PESOS PARA A PARIDADE DE RISCO:									
10,91%	7,20%	12,66%	8,96%	7,39%	8,57%	10,61%	14,85%	10,51%	8,33%

Tabela 13 - Valores obtidos de paridade de risco em 2012 para aplicação no ano de 2013

BRKM5	CIEL3	COGN3	DEXP3	KEPL3	MDIA3	PSSA3	RNEW11	TIMS3	YDUQ3
RESPECTIVAS CONTRIBUIÇÕES DE RISCO PARA PESOS IGUAIS:									
7,14%	4,16%	6,53%	49,20%	8,59%	3,26%	5,72%	4,70%	5,62%	5,07%
RESPECTIVOS PESOS PARA A PARIDADE DE RISCO:									
8,49%	13,24%	8,71%	3,78%	8,50%	15,12%	9,67%	11,95%	9,84%	10,69%

Tabela 14 - Valores obtidos de paridade de risco em 2013 para aplicação no ano de 2014

ANIM3	BBSE3	BRFS3	COGN3	EMBR3	LAME4	RADL3	TRPL4	VLID3	WEGE3
RESPECTIVAS CONTRIBUIÇÕES DE RISCO PARA PESOS IGUAIS:									
11,99%	11,76%	9,57%	15,43%	6,41%	11,56%	9,26%	9,17%	9,08%	5,77%
RESPECTIVOS PESOS PARA A PARIDADE DE RISCO:									
8,45%	8,39%	9,96%	6,56%	12,79%	8,44%	10,16%	10,37%	10,48%	14,41%

Tabela 15 - Valores obtidos de paridade de risco em 2014 para aplicação no ano de 2015

ATOM3	AGRO3	BRKM5	PNVL3	ENBR3	GPIV33	KLBN11	LEVE3	RADL3	SULA11
RESPECTIVAS CONTRIBUIÇÕES DE RISCO PARA PESOS IGUAIS:									
75,32%	1,70%	4,85%	3,47%	2,09%	3,11%	2,18%	1,34%	3,34%	2,60%
RESPECTIVOS PESOS PARA A PARIDADE DE RISCO:									
1,69%	16,74%	6,42%	10,79%	8,50%	11,20%	12,74%	14,79%	8,98%	8,15%

Tabela 16 - Valores obtidos de paridade de risco em 2015 para aplicação no ano de 2016

CSMG3	CPFE3	ELET3	EQTL3	FLRY3	MGLU3	RADL3	SAPR4	SANB11	UNIP6
RESPECTIVAS CONTRIBUIÇÕES DE RISCO PARA PESOS IGUAIS:									
11,07%	7,50%	16,34%	6,87%	6,51%	19,86%	6,25%	10,69%	12,02%	2,89%
RESPECTIVOS PESOS PARA A PARIDADE DE RISCO:									
8,09%	11,14%	5,59%	11,77%	12,22%	5,27%	12,13%	7,79%	7,17%	18,84%

Tabela 17 - Valores obtidos de paridade de risco em 2016 para aplicação no ano de 2017

FESA4	GOLL4	ROMI3	LCAM3	MGLU3	PRI03	PTBL3	TGMA3	UNIP6	VULC3
RESPECTIVAS CONTRIBUIÇÕES DE RISCO PARA PESOS IGUAIS:									
4,81%	14,84%	12,04%	2,55%	18,96%	6,30%	11,02%	9,90%	8,23%	11,34%
RESPECTIVOS PESOS PARA A PARIDADE DE RISCO:									
14,66%	6,48%	7,46%	18,69%	5,27%	12,15%	8,11%	8,91%	10,20%	8,07%

Tabela 18 - Valores obtidos de paridade de risco em 2018 para aplicação no ano de 2018

CLSC4	CMIG3	CPFE3	CRPG5	EMAE4	IRBR3	MGLU3	REDE3	TRIS3	UNIP3
RESPECTIVAS CONTRIBUIÇÕES DE RISCO PARA PESOS IGUAIS:									
5,98%	14,98%	4,40%	10,72%	11,09%	4,80%	17,56%	6,84%	9,75%	13,88%
RESPECTIVOS PESOS PARA A PARIDADE DE RISCO:									
12,50%	6,35%	17,14%	8,43%	8,13%	14,15%	5,63%	11,49%	9,22%	6,97%

Tabela 19 - Valores obtidos de paridade de risco em 2018 para aplicação no ano de 2019

ALPA4	CGAS5	CPLE3	ENEV3	JHSF3	OMGE3	POS13	SIMH3	SQIA3	TRIS3
RESPECTIVAS CONTRIBUIÇÕES DE RISCO PARA PESOS IGUAIS:									
7,63%	6,38%	8,90%	6,34%	13,17%	6,32%	15,19%	13,67%	10,84%	11,56%
RESPECTIVOS PESOS PARA A PARIDADE DE RISCO:									
11,36%	12,66%	10,14%	13,34%	7,79%	13,38%	6,93%	7,16%	8,98%	8,26%

Tabela 20 - Valores obtidos de paridade de risco em 2019 para aplicação no ano de 2020

Após as simulações, foram realizados cálculos complementares para as carteiras com distribuição igualitária de pesos e também para a carteira de paridade de risco: retorno acumulado por ano, retorno médio diário, desvio padrão diário, Índice de Sharpe, Beta, Alfa de Jensen e Índice de Treynor.

O Alfa de Jensen pode ser definido com a seguinte fórmula:

$$\alpha = (R_p - R_f) - \beta(R_m - R_f)$$

E o Índice de Treynor pode ser definido da seguinte maneira:

$$Treynor = \frac{(\bar{R}_p - \bar{R}_f)}{\beta_p}$$

Os resultados são observados nas tabelas 21 e 22.

Para cada uma das carteiras terminadas em 2005, 2010, 2015 e 2020, foram desenhadas as fronteiras eficientes com a indicação do ativo livre de risco (LR) e indicada a posição que as carteiras PR e IP ficaram após a simulação.

ANO	RETORNO ACUMULADO	RETORNO MÉDIO	DESVIO PADRÃO	SHARPE	BETA	ALFA DE JENSEN	TREYNOR
2005	-0,48%	-0,09%	1,27%	-0,0729	0,6181	-0,0012	-0,0015
2006	49,54%	0,09%	1,32%	0,0691	0,745	0,0005	0,0012
2007	35,20%	0,06%	1,43%	0,0444	0,6815	-0,0001	0,0009
2008	-51,56%	-0,39%	2,99%	-0,1298	0,7641	-0,0019	-0,0051
2009	32,40%	0,07%	1,25%	0,0526	0,3779	-0,0001	0,0017
2010	29,70%	0,07%	6,40%	0,0103	0,4835	0,0008	0,0014
2011	16,61%	-0,01%	1,50%	-0,0045	0,747	0,0009	-0,0001
2012	18,61%	0,00%	1,28%	0,0017	0,396	0,0000	0,0001
2013	-0,96%	-0,05%	0,83%	-0,06	0,3652	-0,0001	-0,0014
2014	14,75%	-0,01%	0,99%	-0,011	0,4144	0,0001	-0,0003
2015	-0,34%	-0,08%	1,35%	-0,0627	0,679	-0,0001	-0,0012
2016	25,02%	-0,07%	0,66%	-0,1056	0,0184	-0,0007	-0,0381
2017	66,90%	-0,10%	1,34%	-0,0746	0,824	0,0005	-0,0012
2018	50,63%	0,12%	1,68%	0,0716	0,8737	0,0009	0,0014
2019	52,07%	0,13%	0,89%	0,1473	0,4964	0,0009	0,0027
2020	14,26%	0,01%	3,27%	0,0034	0,9908	0,0001	0,0001

Tabela 21. Resultados das carteiras igualmente ponderadas

ANO	RETORNO ACUMULADO	RETORNO MÉDIO	DESVIO PADRÃO	SHARPE	BETA	ALFA DE JENSEN	TREYNOR
2005	4,05%	-0,07%	1,11%	-0,0651	0,5096	-0,0009	-0,0014
2006	49,57%	0,09%	1,31%	0,0706	0,7222	0,0005	0,0013
2007	36,07%	0,07%	1,40%	0,0476	0,6573	0,0000	0,001
2008	-51,27%	-0,43%	2,92%	-0,1483	0,7539	-0,0024	-0,0057
2009	33,39%	0,07%	1,06%	0,0624	0,3308	0,0000	0,002
2010	31,94%	0,06%	6,41%	0,0096	0,5066	0,0008	0,0012
2011	15,37%	0,00%	1,48%	-0,0029	0,746	0,0009	-0,0001
2012	26,78%	0,04%	1,06%	0,0366	0,3673	0,0004	0,0011
2013	-1,14%	-0,05%	0,84%	-0,0595	0,3597	-0,0001	-0,0014
2014	14,58%	-0,01%	0,99%	-0,0082	0,4323	0,0001	-0,0002
2015	-5,36%	-0,07%	1,22%	-0,0561	0,6174	0,0000	-0,0011
2016	21,35%	-0,01%	1,12%	-0,0047	0,3897	-0,0004	-0,0001
2017	73,20%	-0,08%	1,19%	-0,0673	0,6862	0,0004	-0,0012
2018	51,13%	0,13%	1,70%	0,0747	0,8465	0,0010	0,0015
2019	48,41%	0,12%	0,84%	0,1441	0,4436	0,0008	0,0027
2020	18,63%	0,03%	3,05%	0,009	0,9327	0,0003	0,0003

Tabela 22. Resultados das carteiras com paridade de risco

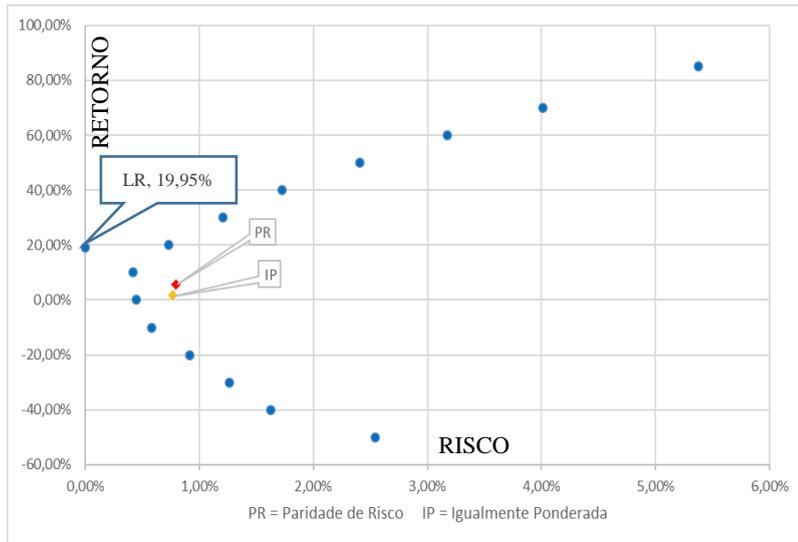


Gráfico 1 - Fronteira Eficiente e carteiras de 2005. Risco x Retorno

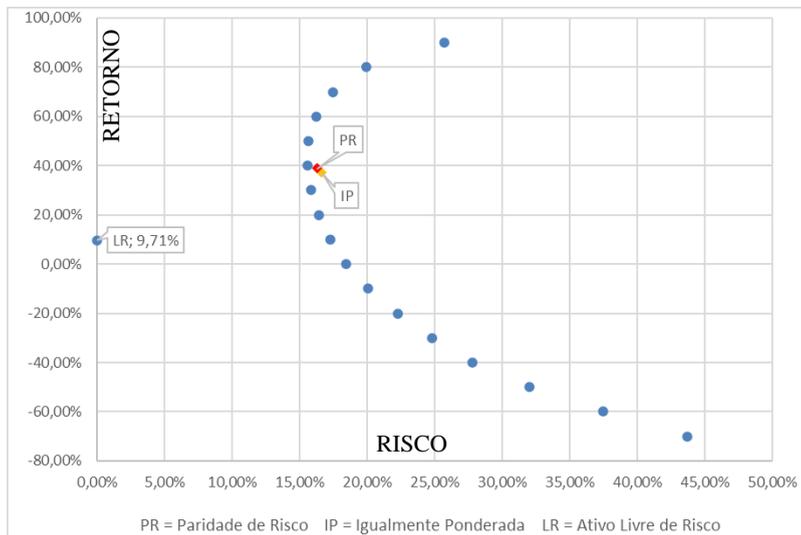


Gráfico 2 - Fronteira Eficiente e carteiras de 2010. Risco x Retorno

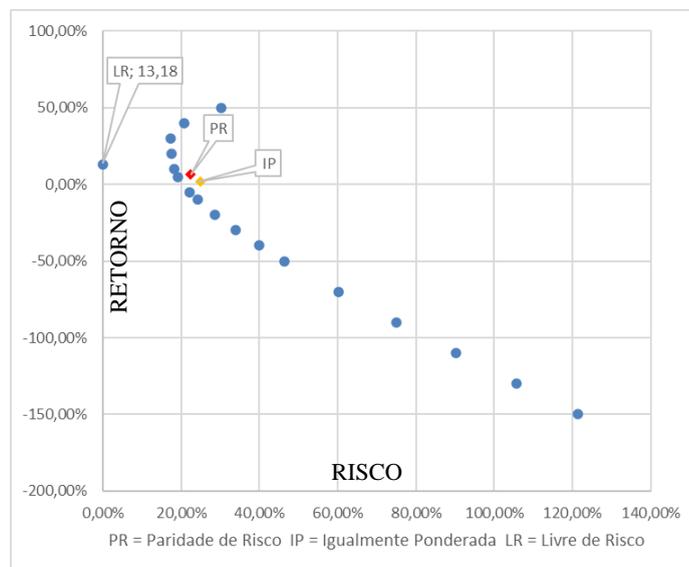


Gráfico 3 - Fronteira Eficiente e carteiras de 2015. Risco x Retorno

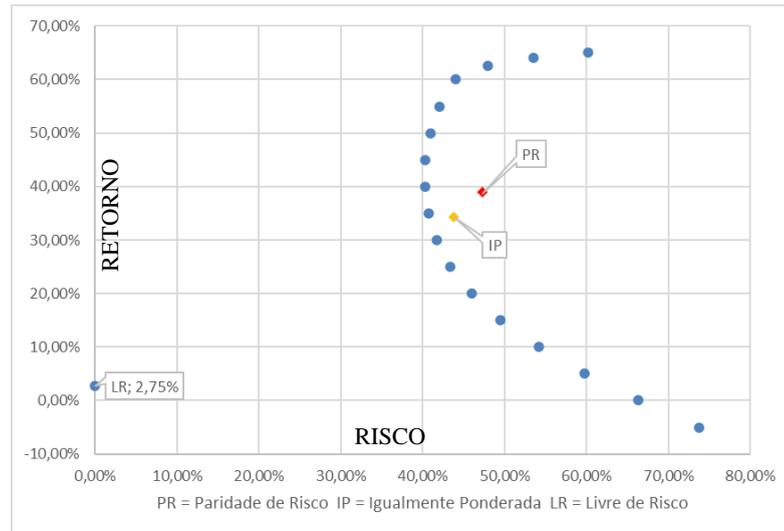


Gráfico 4 - Fronteira Eficiente e carteiras de 2020. Risco x Retorno

Por fim, são apresentados os retornos diários acumulados das carteiras com paridade de risco (PR) e igualmente ponderada (IP) na gráfico 5, com os 16 anos de dados da base e, para comparação, foram adicionados os retornos do Ibovespa e do CDI no mesmo período, além do Índice Quantum Ativo (IQT). O IQT é um índice elaborado pela empresa de tecnologia em finanças Quantum e mostra o retorno médio dos fundos de ações com gestão ativa. Este índice foi incluído no trabalho pois o Ibovespa em si pode não ser considerado o melhor *benchmark* do mercado, pois sua composição é baseada em uma carteira passiva, ponderada principalmente pela liquidez dos ativos.

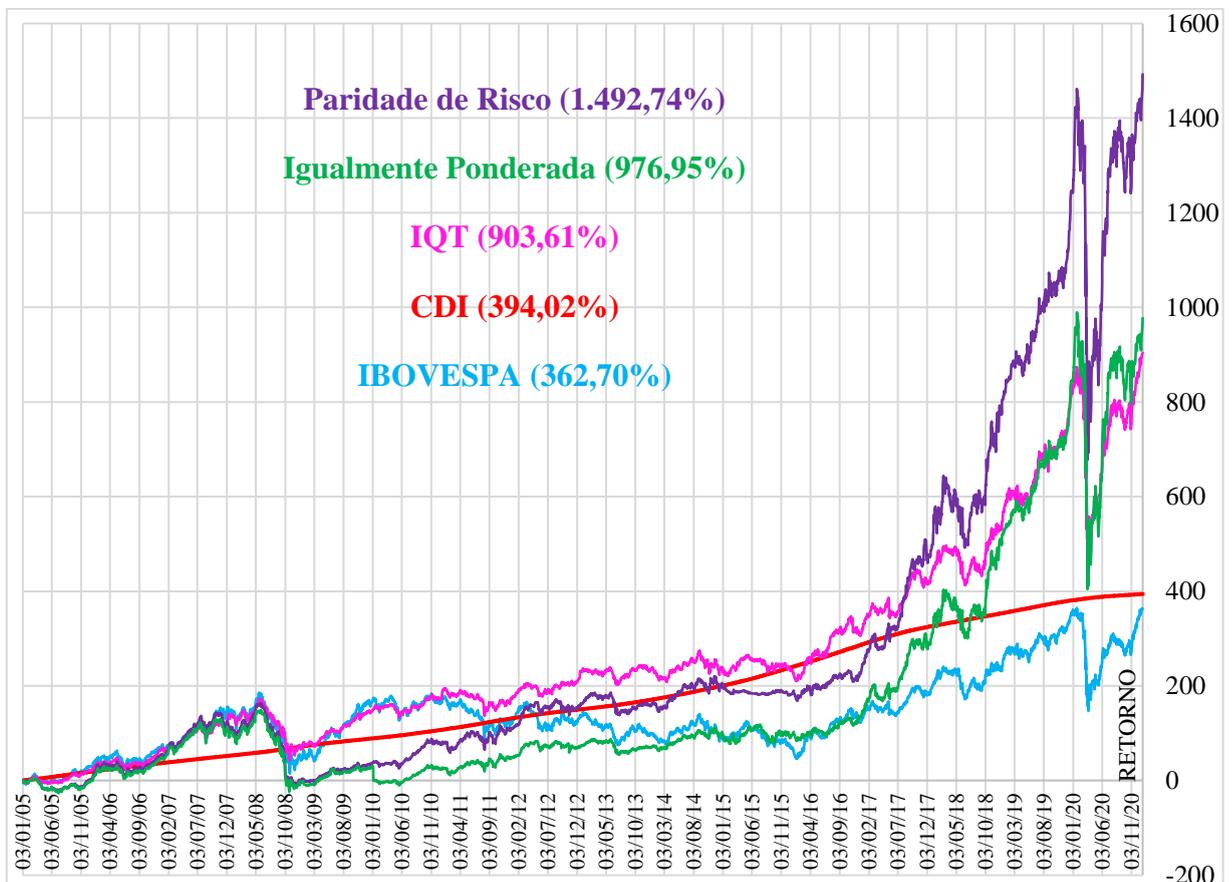


Gráfico 5 - Retorno diário acumulado do período 2005 a 2020 (%)

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O Ibovespa fechou o período com um retorno acumulado de 362,70%, atrás do CDI com 394,02%. Destaca-se que o Ibovespa não é considerado o melhor *benchmark* para comparação com renda variável pois considera apenas as ações mais líquidas da bolsa em detrimento das ações com os maiores retornos. Na análise daqueles ativos que atenderam os critérios definidos para todo o período analisado (42 ativos), a maioria - 30 ações - obteve um retorno maior que o Ibovespa para o mesmo período (tabela 2).

A carteira com paridade de risco obteve um retorno acumulado no período de 1.492,47%, enquanto o portfólio igualmente ponderado alcançou 976,95%, estando o índice IQT com 903,61%. Verificou-se também que os ativos com menor desvio-padrão estão entre os que demonstraram os maiores retornos (tabelas 3 e 4), o que pode explicaria parcialmente o retorno anormal. Na sequência as demonstrações das distribuições de risco (gráfico 6) e de peso (gráfico 7) com os dados de 2019 para aplicação simulada no ano de 2020.

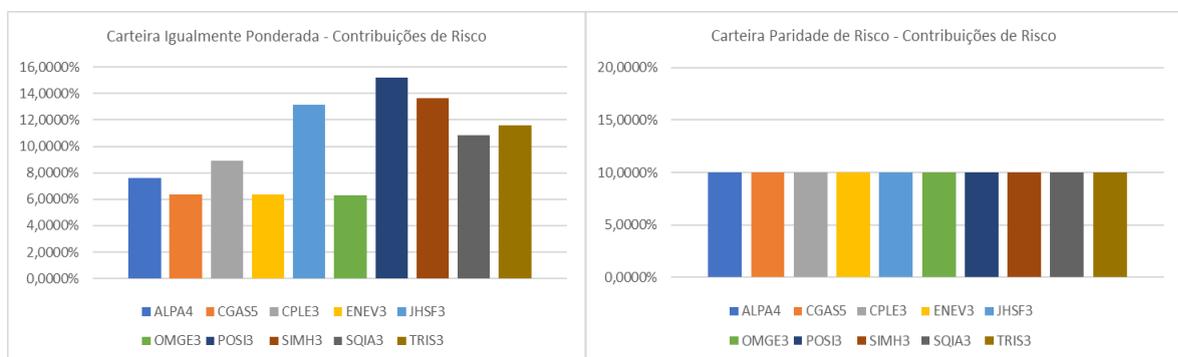


Gráfico 6. Contribuições de risco na carteira igualmente ponderada e na carteira de paridade de risco

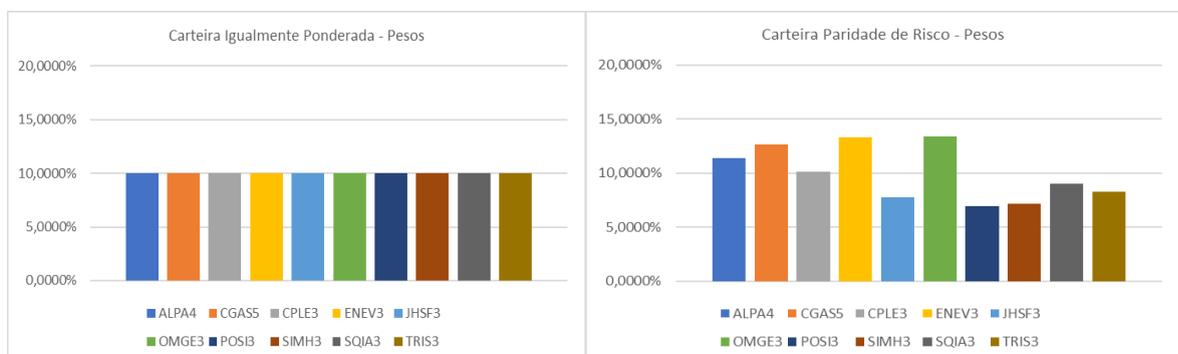


Gráfico 7. Pesos na carteira igualmente ponderada e na carteira de paridade de risco

Desta maneira, os achados corroboram a literatura recente no campo da Teoria do Portfólio e indicam o uso da paridade de risco, proporcionando um menor risco de calda em relação à carteira de mínima variância (que tem alocação mais concentrada em poucos ativos), como também verificou-se um maior retorno frente a carteira igualmente ponderada para os dados da análise. Observa-se ainda que a carteira com PR obteve mais ganhos que a IP em praticamente todo o período, o mesmo não pode ser afirmado comparando-a com o Ibovespa, CDI e IQT (gráfico 5).

No acumulado até 2016, o CDI superou todas as carteiras, dado que a renda fixa detinha elevadas taxas historicamente, apesar do menor risco. Contudo, nos últimos anos, as taxas de juros brasileiras chegaram a patamares muito baixos e, como consequência, constatou-se uma elevação dos investidores entrantes na bolsa de valores.

Na exploração do Alfa de Jensen para as carteiras simuladas, pode-se observar que a carteira igualmente ponderada obteve valores negativos nos anos de 2005, 2007, 2008, 2009, 2013, 2015 e 2016. Já a carteira com paridade de risco obteve valores negativos menores, e somente nos anos de 2005, 2008, 2013 e 2016, o que sugere um melhor resultado do que a simples distribuição de investimentos igualmente entre os ativos.

Os valores obtidos no cálculo do Índice de Sharpe, assim como no Índice Treynor, também foram melhores em panorama geral na carteira de paridade de risco do que na carteira igualmente ponderada. A eficiência de mercado é outro fator que deve ser considerado, uma vez que o método de alocação de ativos baseado no Índice de Sharpe já é extensamente utilizado pelos fundos de investimentos, o que praticamente mitiga a possibilidade de retornos anormais aplicando-se somente este conceito.

Por fim, a alocação em ativos por meio do Índice de Sharpe não é garantia de obtenção de retorno com um baixo risco, mesmo porque as situações não se repetem no período seguinte. Estes resultados podem ser observados nas fronteiras eficientes desenhadas, pois apesar de um desempenho significativo dos portfólios simulados, os resultados se encontram a uma certa distância da fronteira eficiente.

CONCLUSÃO

No artigo *Revolution of Asset Allocation*, os autores, Fabian Dori, Frank Häusler & David Stefanovits (2011) testaram o método da paridade de risco (PR) ao diversificarem investimentos entre ações e títulos americanos e suíços. Nas simulações desta pesquisa para o mercado brasileiro, verifica-se que a técnica da paridade de risco obteve um retorno mais relevante do que a alocação com igualdade de pesos entre os ativos, tendo uma variância bem próxima, o que mantém coerência com os resultados daqueles autores. Além disso, o debate em torno desta técnica ainda não está difundido em países emergentes, sendo uma contribuição para a comunidade acadêmica e profissional.

As limitações do método utilizado são em relação a simulação com janelas de 1 ano e para dez ativos, o que não atinge um nível adequado de diversificação. Outro fator é a não utilização do método de mínima variância para comparação dos resultados, normalmente presente em estudos deste modelo. Deve-se salientar também que o método da repetição da última cotação (RUC) utilizado para o cálculo dos betas, apesar de sua praticidade para a realização de testes, pode enviesar para baixo os betas estimados de ações com baixa liquidez. Como as duas carteiras analisadas têm os mesmos ativos e método, o resultado comparativo não obteve grandes perdas.

Na Parte de Dados deste trabalho, os betas obtidos pelos ativos com maiores retornos são, em sua maioria, betas defensivos, ou seja, menores que 1. Enquanto isto, os betas obtidos pelos ativos com menores retornos são betas mais agressivos em maioria (tabela 2 e 3). Por conseguinte, os ativos brasileiros com menor desvio-padrão foram os que demonstraram maiores retornos no período, em discordância ao encontrado na literatura internacional. Desse modo, o presente trabalho sugere que estudos futuros façam simulações com outras janelas de dados e com uma menor periodicidade, bom como trabalhem com mais ativos por carteira.

Em conclusão, reforça-se que rendimento passado não é garantia de rendimento futuro. Em outras palavras, pode ser que haja uma quebra estrutural e, por exemplo, o CDI alcance taxas mais atraentes novamente, sendo vantajoso o retorno de parte dos recursos em ações para títulos públicos e outros títulos de renda fixa.

REFERÊNCIAS

- Assaf Neto, A. (2012). *Finanças corporativas e valor*. (6ª ed.). São Paulo: Atlas.
- Bertoluzzo, M. M., Bertoluzzo, A. B., Imamura, R. A., Melhado, T. T., Castro, R. De C. M. L. De. (2018). Comparação do desempenho de carteiras utilizando os métodos paridade de risco, mínima variância, e equal weighting: um estudo no mercado brasileiro em períodos pré, durante e pós a crise de 2008. *Revista Evidenciação Contábil e Finanças*. João Pessoa, v. 6, n. 3, p. 36 -53, set./dez. 2018. ISSN 2318-100. DOI: 10.22478/ufpb.2318-1001.2018v6n3.36822.
- Bodie, Z., Kane, A., Marcus, A. J. (2015). *Investimentos*. (Trans. Beth Honorato). Porto Alegre: AMGH.
- Black, F., Jensen, M. e Scholes, M. (1972). *The Capital Asset Pricing Model: Some Empirical Tests*, In M. Jensen, org., *Studies in the Theory of Capital Markets*. New York: Praeger.
- Brigham, E. F., Ehrhardt M. C. (2014). *Administração Financeira: teoria e prática*. (Trans. Ez2translate). São Paulo: Cengage Learning.
- Damodaran, A. (1997). *Corporate Finance: theory and practice*. New York: John Wiley & Sons.
- Dori, F., Haeusler, F., Stefanovits, D. (2011). *(R)Evolution of Asset Allocation*. Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1939963> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1939963>.
- Galagedera, D.U.A. (2007), A review of capital asset pricing models. *Managerial Finance*, Vol. 33 No. 10, pp. 821-832. <https://doi.org/10.1108/03074350710779269>.
- Kolm, P. N., Tütüncü R., Fabozzi F. J. (2014). 60 Years of portfolio optimization: Practical challenges and current trends, *European Journal of Operational Research*, Volume 234, Issue 2, Pages 356-371, ISSN 0377-2217, <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.10.060>.
- Lintner, J. (1965). The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets. *The Review of Economics and Statistics*, 47(1), 13–37. <https://doi.org/10.2307/1924119>.
- Maillard, S., Roncalli, T., Teiletche, J. (2008). On the properties of equally-weighted risk contributions portfolios. *The Journal of Portfolio Management* 36(4): p. 60-70.
- Markowitz, H. (1959). *Portfolio Selection*. New York: John Wiley.
- Mossin, J. (1966). *Equilibrium in a Capital Asset Market*. *Econometrica*, 34(4), 768–783. <https://doi.org/10.2307/1910098>.
- Sharpe, W. F. (1964), Capital Asset Prices: A Theory Of Market Equilibrium Under Conditions Of Risk*. *The Journal of Finance*, 19: 425-442. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1964.tb02865.x>
- Souza, P. de., Filomena, T., Caldeira, J., Borenstein, D., Righi, M. (2017). Risk Parity in the Brazilian Market. *Economics Bulletin*, Volume 37, Issue 3, pages 1555-1566, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3001878> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3001878>.
- Tobin, J. (1958). Liquidity Preference as Behavior Towards Risk. *The Review of Economic Studies*, 25(2), 65–86. <https://doi.org/10.2307/2296205>.
- Treynor, J. L. (1962). *Jack Treynor's 'Toward a Theory of Market Value of Risky Assets'*. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=628187> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.628187>.