

JOÃO VITOR GREGORIO

**Aplicação do modelo de precificação de ativos dos quatro fatores de risco de
Carhart (1997) no mercado acionário brasileiro**

SÃO PAULO

2021

JOÃO VITOR GREGORIO

**Aplicação do modelo de precificação de ativos dos quatro fatores de risco de
Carhart (1997) no mercado acionário brasileiro**

**Monografia apresentada à Faculdade de
Economia, Administração e Contabilidade da
Universidade de São Paulo, como requisito
parcial para a obtenção do título de Bacharel em
Ciências Econômicas**

Orientador: Prof. Dr. Ricardo D. Brito

SÃO PAULO

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Gregorio, João Vitor

Aplicação do modelo de precificação de ativos dos quatro fatores de risco de Carhart (1997) no mercado acionário brasileiro

São Paulo, 2021

33 páginas

Área de Concentração: Economia Financeira

Orientador: Prof. Dr. Ricardo D. Brito

Monografia - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo

1. Quatro fatores de risco, 2. *Momentum*, 3. Apreçamento de ativos.

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	6
1 INTRODUÇÃO	7
1.1 LITERATURA	7
1.2 OBJETIVO.....	8
1.3 JUSTIFICATIVA	8
1.4 METODOLOGIA.....	9
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	9
2 REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA	10
2.1 FRONTEIRA EFICIENTE	10
2.2 CAPITAL ASSET PRICING MODEL (CAPM) E ANOMALIAS DE MERCADO	12
2.3 MODELO DE TRÊS FATORES	14
2.4 ANOMALIA MOMENTUM E O MODELO DE QUATRO FATORES.....	15
2.5 APLICABILIDADE NO MERCADO BRASILEIRO	17
3 METODOLOGIA E DADOS	19
3.1 METODOLOGIA.....	19
3.1.1 Variáveis Dependentes	19
3.1.2 Variáveis Explicativas.....	21
3.1.3 Regressões	22
3.2 DADOS.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS	25
4.2 REGRESSÃO EM SÉRIE TEMPORAL E TESTE GRS	27
5 CONCLUSÕES	30
REFERÊNCIAS.....	32

RESUMO

APLICAÇÃO DO MODELO DE PRECIFICAÇÃO DE ATIVOS DOS QUATRO FATORES DE RISCO DE CARHART (1997) NO MERCADO ACIONÁRIO BRASILEIRO.

O presente trabalho objetiva inferir se o modelo de precificação de ativos dos quatro fatores de Carhart (1997) pode explicar os retornos das ações listadas no mercado brasileiro. Os fatores de risco do modelo são o excesso de retorno de mercado (como no CAPM), SMB (referente à característica de valor de mercado das empresas), HML (referente à característica de *book-to-market* das firmas) e WML (referente à característica de *momentum* das empresas). Para se alcançar tal objetivo, regrediu-se as variáveis dependentes contra o modelo em série temporal, utilizando-se todas as ações listadas na BM&F Bovespa, atual B3, entre junho de 1997 e dezembro de 2019. Pelas regressões, testou-se a significância estatística dos fatores de risco (via teste t), o poder explicativo (via R^2 ajustado) e testou-se se os interceptos eram iguais a zero via teste de Gibbons, Ross e Shanken (1989). Os resultados mostraram R^2 ajustados variando entre 61,59% e 82,22%, significância estatística dos fatores de risco e o não rejeite da hipótese nula do teste GRS, apesar de próximo à zona de rejeite. Conclui-se, portanto, que há evidências de que o modelo é suficiente para explicar os retornos das carteiras no contexto brasileiro.

Palavras-Chave: Quatro fatores de risco, *Momentum*, Apreçamento de ativos.

Classificação JEL: G12, G14, D03

ABSTRACT

APPLICATION OF THE CARHART'S (1997) FOUR-FACTORS ASSET PRICING MODEL IN THE BRAZILIAN STOCK MARKET

This study aims to infer if the Carhart's (1997) four-factors asset pricing model can explain the returns of stocks in the Brazilian market. The model's risk factors are excess market return (as in CAPM), SMB (referring to the market value characteristic of companies), HML (referring to the book-to-market characteristic of firms) and WML (referring to the momentum characteristic of companies). To achieve this goal, the dependent variables were regressed against the time series model, using all stocks listed on the BM&F Bovespa, current B3, between June 1997 and December 2019. Through the regressions, the statistic significance of the risk factors was tested (via t test), explanatory power (via adjusted R^2) and it was tested whether the intercepts were equal to zero via the test of Gibbons, Ross and Shanken (1989). The results showed adjusted R^2 varying between 61,59% and 82,22%, statistical significance of risk factors and the non-rejecting of the null hypothesis of the GRS test, despite being close to the rejection zone. Thus, the conclusion is that there is evidence that the model is sufficient to explain portfolio returns in the Brazilian context.

Key words: Four risk factors, Momentum, Asset pricing

JEL classification: G12, G14, D03

1 INTRODUÇÃO

1.1 LITERATURA

A precificação de ativos recebe holofotes no estudo de finanças há décadas. A teoria de carteiras de Markowitz (1952) abriu as fronteiras da academia ao relacionar o conceito de risco e retorno dos ativos à decisão de investimento dos investidores racionais. Em seu trabalho, o autor demonstra que a relação de risco de um portfólio não depende exclusivamente dos riscos individuais dos papéis que o compõe, mas também da correlação dos ativos entre si, de forma que a diversificação promoveria maior eficiência. Segundo o autor, sendo os agentes avessos a risco, sempre preferirão mais retorno a menos retorno, e menos risco a mais risco, preferências essas que promoveriam uma fronteira de carteiras eficientes, e os indivíduos que exigissem maiores retornos deveriam se expor a mais riscos.

Baseado no estudo de Markowitz (1952), Sharpe (1964) dá início à Teoria de Apreçamento de Ativos, desenvolvendo o modelo que ficou mundialmente conhecido como CAPM e é utilizado até os tempos atuais. Nesse modelo, o retorno de um ativo é medido pelo retorno do ativo livre de risco somado ao prêmio de mercado multiplicado pela sensibilidade do ativo a esse prêmio, o beta. Dessa forma, esse modelo apresenta um único componente de risco que explicaria o retorno exigido do ativo, numa relação linear, de modo que ativos mais arriscados possuem um beta maior e consequentemente um retorno exigível maior.

Tendo o estudo de Sharpe (1964) em vista, Fama e French (1992) estudam anomalias ao CAPM que também explicariam retornos dos ativos, de modo que a combinação que mais conseguiu capturar o efeito das demais anomalias foi o Valor de Mercado da empresa e a razão entre o Patrimônio Líquido e o Valor de Mercado (*book-to-market*, ou B/M). Em seguida, Fama e French (1993) decidem incorporar essas características das empresas como fatores de risco no modelo de Sharpe (1964) e produzir um modelo de apreçamento mais eficiente, dessa forma chegam a um modelo de três fatores de risco.

Uma nova anomalia ao CAPM foi registrada por Jegadeesh e Titman (1993), denominada *momentum* (ou momento), e que, segundo Fama e French (1996), o modelo de FF (1993) não conseguia explicar. Esse fator de risco está baseado nos

resultados empíricos de que há certa tendência dos ativos de manterem, no curto prazo, seu desempenho de preços recente. Dessa forma, Fama e French (1996) sugerem que num estudo futuro explorassem um modelo mais rico, talvez adicionando um fator de risco ao modelo.

Baseado na sugestão dos autores, Carhart (1997) desbrava a academia ao incorporar a característica de momento como fator de risco ao modelo de três fatores de Fama e French (1993), construindo o que ficou conhecido como modelo de quatro fatores. Carhart (1997) encontrou evidências estatísticas de que seu modelo apresentava maior poder explicativo que o CAPM e o modelo de três fatores para a explicação dos retornos dos ativos no mercado americano.

Seu modelo virou referência para a literatura e para estratégias de gestão de ativos, inclusive no Brasil. Porém, estudos como de Mussa, Rogers e Securato (2009) e Rizzi (2012) sugerem que sua aplicabilidade na realidade local possa não ser válida.

1.2 OBJETIVO

Dessa forma, baseado no exposto acima, esse trabalho procura, como principal objetivo, inferir se o modelo de quatro fatores de Carhart (1997) pode explicar os retornos das ações listadas na BM&F Bovespa, atual B3, utilizando para isso o período de julho de 1997 a dezembro de 2019. A hipótese inicial é que todos os fatores de risco são estatisticamente significantes para explicar os retornos das ações. Além disso, tem-se como hipótese que os interceptos das regressões não são significantes e são iguais a zero, de modo que apenas os quatro fatores de risco sejam suficientes para explicar os retornos.

1.3 JUSTIFICATIVA

As aplicabilidades de modelos de apreçamento de ativos são inúmeras, dentre as mais notáveis estão avaliações de empresas e projetos, seleção de ativos, construção de carteiras e cálculo de custo de capital. Um modelo sólido e com robustez produz resultados confiáveis e que auxiliam a tomada de decisão de forma mais assertiva, de modo que modelos sem validade podem levar a decisões equivocadas.

Segundo Fama e French (2004), o CAPM apresenta uma série de problemas empíricos que acabam enfraquecendo o modelo. Considerando que em diversas aplicações utiliza-se o CAPM, se esse estudo validar o modelo de quatro fatores para o mercado brasileiro, poderá servir de aparato alternativo de apreçamento de ativos.

1.4 METODOLOGIA

Para alcançar tal objetivo, nesse estudo se utilizará todas as ações listadas na BM&F Bovespa, atual B3, entre junho de 1997 e dezembro de 2019. A metodologia utilizada seguirá padrões da literatura, com ajustes pontuais.

Pelo lado da variável dependente, contruiu-se carteiras ordenadas de forma sequencial pelos fatores de risco, diferentemente de Fama e French (1993) que ordenam de forma independente. Finalmente, o retorno das carteiras foi subtraído do retorno do ativo livre de risco.

Pelo lado das variáveis explicativas, para as variáveis que capturam os fatores de risco mercado, tamanho e índice B/M seguiu-se a metodologia de Fama e French (1993), enquanto a variável do fator momento foi feita como Carhart (1997), mas separando a carteira em apenas dois decis.

As regressões foram feitas por serie temporal e aplicou-se o teste de Gibbons, Ross e Shanken (1989) para se analisar se os interceptos são diferentes de zero.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Além dessa introdução, o trabalho seguirá com uma revisão da literatura na seção 2, mostrando a evolução do assunto e sua aplicação no Brasil. Em seguida, na seção 3, detalha-se a metodologia aplicada no estudo empírico e a descrição de coleta e tratamento dos dados. Na seção 4 são apresentados os resultados e suas interpretações, além de compará-los com a literatura. Por fim, a seção 5 conclui o estudo.

2 REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

2.1 FRONTEIRA EFICIENTE

A discussão ao redor da precificação e retorno de ativos financeiros é antiga e ajuda fomentar os estudos sobre Finanças. Um dos autores mais influentes a abrir fronteiras na literatura foi Markowitz (1959), relacionando o conceito de risco e expectativa de retorno à tomada de decisão dos indivíduos, o primeiro medido pela variância e o segundo medido pela média dos retornos dos ativos nos períodos passados. Um de seus grandes méritos foi provar, matematicamente, em seu estudo, que a relação risco e retorno de um portfólio não depende exclusivamente dos resultados e riscos individuais dos papéis que o compõe, mas também da correlação dos ativos entre si. Essa medida é dada pela razão entre a covariância entre os ativos e o produto dos desvios padrão dos ativos, dessa maneira, a correlação mede a interrelação dos papéis, variando entre valores de +1 e -1, sendo +1 uma correlação perfeita, em que os papéis possuem o mesmo movimento. Dessa maneira, uma carteira composta por ativos com movimentos não correlacionados perfeitamente (correlação diferente de +1) poderia minimizar os riscos não sistêmicos com a diversificação, de modo que quanto mais distante a correlação de +1, mais diversificado o portfólio estaria, sem sacrifício de retorno esperado.

Para a formulação do seu modelo, o autor assume duas hipóteses: (i) os agentes têm aversão ao risco, e (ii) os investidores, quando escolhendo um portfólio a investir, consideram apenas a média e a variância no período anterior. Para o autor, sendo os agentes racionais, eles prefeririam mais retorno a menos retorno e menos risco a mais risco, preferências essas que levariam o agente a alocar numa carteira com o maior retorno e menor risco possível. Esse comportamento levaria a uma fronteira de possíveis carteiras eficientes, Fronteira Eficiente de Média-Variância na Figura 1 (ao longo da curva *abc*, seriam os pontos acima de *b* até *a*), e os indivíduos se posicionariam sobre ela de acordo com o nível de risco que lhe fosse conveniente se expor.

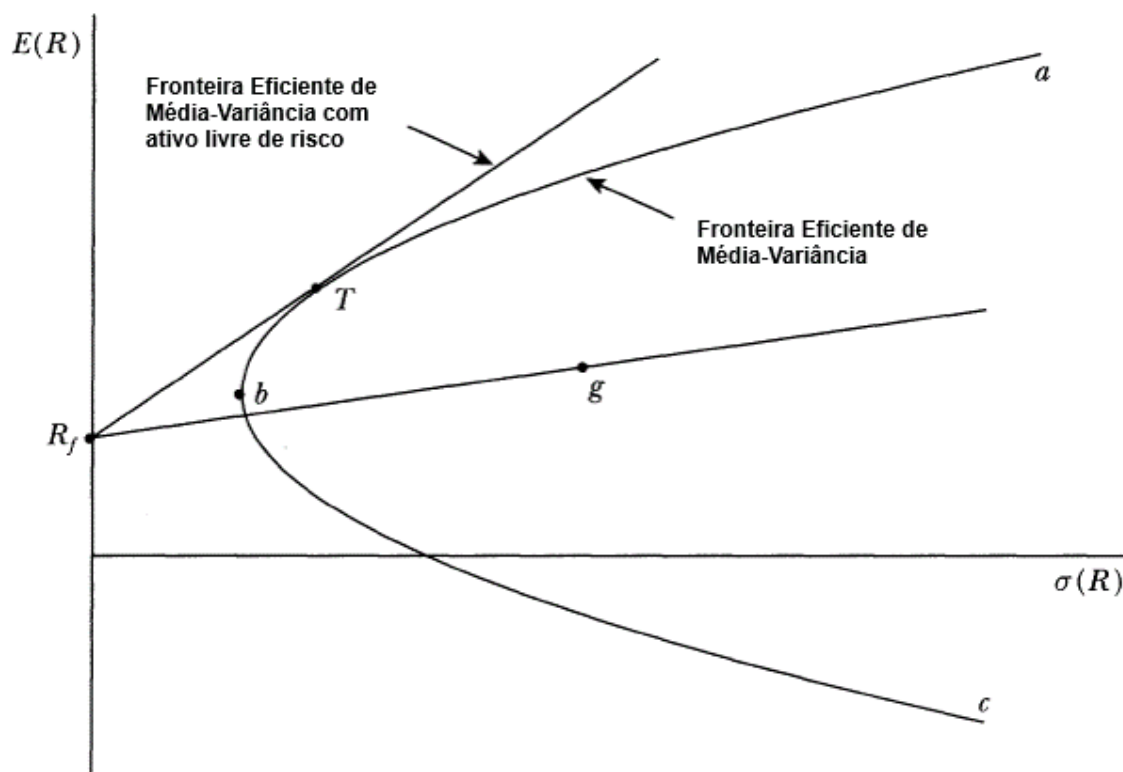
Baseado no estudo de Markowitz (1959), William Sharpe (1964) e John Lintner (1965) dão início à Teoria de Apreçamento de Ativos, resultando no Prêmio Nobel para Sharpe em 1990, que concatena o comportamento conjunto dos

investidores na formação de preços dos ativos. Os autores adicionam ao modelo de Markowitz (1959) a hipótese de pegar e emprestar em uma taxa de juros livre de risco, sem restrições. Dessa forma, o agente pode alocar uma porcentagem x em algum portfólio com risco g (Figura 1) e uma porcentagem $1 - x$ no ativo livre de risco, sendo que as possíveis combinações de alocação x formariam uma linha reta passando entre os pontos. Ou seja, se o agente investir 100% no portfólio g ($x = 1$), sua relação de risco e retorno estará sobre a reta, posicionada em cima do ponto g , ao passo que caso invista 100% no ativo livre de risco ($x = 0$), sua relação estará sobre a reta, no ponto R_f . Pontos sobre a reta, entre os dois pontos, são possibilidades de $0 < x < 1$, enquanto aqueles à direita do ponto g são combinações de $x > 1$, ou seja, o agente estaria tomando dívida à taxa livre de risco e aplicando os recursos no portfólio g .

Porém, como visto anteriormente, a carteira g não é eficiente, pois existem portfólios que possibilitam o mesmo nível de risco, mas a um retorno esperado maior, sendo o maior retorno esperado aquele em cima da Fronteira Eficiente de Média-Variância. Contudo, mesmo sobre a fronteira, existe uma carteira mais eficiente que as demais na relação risco e retorno. Perold (2004), utilizando-se do Índice de Sharpe, ferramenta para mensurar o excesso de retorno frente ao ativo livre de risco por unidade de risco ($\frac{R - R_f}{\sigma}$) mostra que a carteira sobre a Fronteira Eficiente com o maior Índice de Sharpe é aquela na qual há a tangencia pela linha traçada entre o ativo livre de risco e a fronteira Eficiente. Ou seja, para se obter a Fronteira Eficiente de Média-Variância com ativo livre de risco, deve-se combinar com o portfólio mais à esquerda e mais acima possível, até que se tangencie a Fronteira Eficiente de Média-Variância, que seria no ponto T da Figura 1.

Sharpe (1964) e Lintner (1965) incorporam mais uma hipótese ao modelo de Markowitz (1959) que é o “completo acordo”, ou seja, dados os retornos e riscos dos ativos e portfólios em $t-1$, todos os agentes concordam na distribuição das expectativas de retorno e investem na carteira T no período t até $t+1$, que passará a ser chamada de Carteira de Mercado. Dessa maneira, a Fronteira Eficiente de Média-Variância com ativo livre de risco (Figura 1) seria uma combinação de diferentes percentuais de alocação x na Carteira de Mercado e $1 - x$ no ativo livre de risco, na qual os investidores iriam se posicionar de acordo com suas respectivas tolerâncias ao risco.

Figura 1 - Oportunidades de Investimento



Fonte: Fama e French (2004, p.27).

2.2 CAPITAL ASSET PRICING MODEL (CAPM) E ANOMALIAS DE MERCADO

Assim, valendo as hipóteses impostas na Teoria do Portfólio, Sharpe (1964) e Lintner (1965) chegam ao *Capital Asset Pricing Model* - CAPM, desenhado da seguinte forma:

$$E(R_i) = R_f + b_i * (E(R_m) - R_f) \quad \text{Equação 1}$$

Em que $E(R_i)$ é a expectativa de retorno do ativo i , R_f é o retorno do ativo livre de risco, $E(R_m)$ é a expectativa de retorno da carteira de mercado, e, por fim, b_i é a sensibilidade do ativo i à expectativa do excesso de retorno de mercado, mais conhecido como beta (β). Da equação, infere-se que o retorno esperado de um ativo seria o retorno do ativo livre de risco, somado ao prêmio de risco de mercado que o agente estaria se expondo. O grau dessa exposição depende da magnitude do componente de risco, beta (β), que mensura o quanto da variação de mercado é replicada pelo ativo. Dessa forma, as expectativas de retorno dos agentes seriam

maiores à medida que aumentassem a sensibilidade ao risco sistêmico. Caso as hipóteses não se mantenham, os investidores conseguiriam encontrar uma alocação que superaria o Índice de Sharpe do mercado, de modo que mais investidores encontrariam essa carteira, os preços se ajustariam e o CAPM voltaria a ser validado.

Contudo, o CAPM apresenta uma série de problemas empíricos que acabam enfraquecendo o modelo. Segundo Fama e French (2004), tais problemas práticos podem ser reflexos de falhas teóricas, resultado de suposições simplificadoras, ou podem ter origem na dificuldade de se implementar testes válidos para o modelo. De início, a carteira de mercado do modelo de Sharpe (1964) e Lintner (1965) deveria incluir não apenas ativos financeiros negociados em bolsa, mas também bens de consumo duráveis, imóveis e capital humano, que na prática é difícil de se aplicar. Desse modo, supondo-se que o mercado de ativos é suficiente como proxy para a carteira de mercado, essa deve estar sobre a fronteira de variância mínima, o que implica que a relação algébrica que vale para qualquer carteira de variância mínima deve valer para o portfólio de mercado. Por fim, Fama e French (2004) argumentam que a suposição de pegar e emprestar a uma taxa livre de risco, de forma irrestrita, não é realista, uma vez que o mesmo resultado de que a Carteira de Mercado é eficiente na relação de média e variância poderia ser obtido pegando e emprestando ativos com risco.

Ainda, Fama e French (1992) obtêm em seus resultados que, como previsto no modelo, há uma forte relação entre o retorno médio do ativo e o beta estimado entre os anos de 1926 e 1968 na bolsa de Nova York, porém, essa forte relação desaparecia para o período de 1963 a 1990. Dessa forma, elencam resultados de autores mergulhados no debate e mostram que o retorno médio dos ativos possui uma forte e negativa relação com o Valor de Mercado da firma (quantidade de ações multiplicado pelo valor negociado), uma relação positiva com a Alavancagem da firma, uma positiva relação com a relação $\frac{\text{Lucro}}{\text{Preço}}$ da firma (L/P), e, por fim, uma relação positiva com o $\frac{\text{Patrimônio Líquido}}{\text{Valor de Mercado}}$ da firma (*book-to-market*, ou B/M).

Essas características seriam anomalias ao modelo de Sharpe e Lintner, uma vez que qualidades individuais das empresas estariam pagando prêmios em relação ao mercado, quebrando as hipóteses do CAPM. Ainda, os autores afirmam que, em algum grau, o valor de mercado, o L/P, a alavancagem, e o B/M refletem informações

sobre o preço das ações das empresas e, portanto, seriam redundantes. Como resultado, encontram que a combinação das anomalias que mais conseguiu capturar os efeitos das demais seria o conjunto entre Valor de Mercado (tamanho) e *Book-to-Market*.

2.3 MODELO DE TRÊS FATORES

Mais adiante, Fama e French (1993) constatarem que essas anomalias seriam comuns a mais firmas, sendo que tais características não seriam de fato anomalias, mas fatores explicativos do retorno dos ativos, mostrando uma inconsistência do CAPM. A solução encontrada pelos autores seria incorporar tais fatores ao modelo, de forma que o efeito não capturado pelo Beta, o fosse pelas sensibilidades das variáveis SMB e HML. Dessa forma, propuseram o modelo:

$$E(R_i) = R_f + b_i * (E(R_m) - R_f) + s_i * E(SMB) + h_i * E(HML) \quad \text{Equação 2}$$

Em que $E(SMB)$ é a expectativa de retorno da variável que captura o Valor de Mercado das firmas, s_i é a sensibilidade do ativo i a esse fator, $E(HML)$ é a expectativa de retorno da variável que captura o B/M das empresas, e h_i é a sensibilidade do ativo i a esse fator. A variável SMB é obtida pela diferença de rentabilidade entre uma carteira com empresas pequenas (*small*) e uma carteira com empresas grandes (*big*), dando origem à variável SMB (*small minus big*). A mesma lógica se segue para a variável HML, em que a variável é dada pela diferença de rentabilidade entre uma carteira com empresas com *book-to-market* alto (*high*) e uma carteira com empresas com *book-to-market* baixo (*low*), dando origem à variável HML (*high minus low*).

Os autores constatarem que empresas mais fortes, com lucros altos e consistentes ao longo do tempo tendem a apresentar B/M menor e h_i , inclinação da variável explicativa HML, negativo; enquanto empresas mais fracas, com persistentes lucros baixos ao longo do tempo tendem a apresentar B/M maior e h_i positivo. Dessa maneira, empresas com o índice B/M maior possuem maiores expectativas de retorno, associados a maiores riscos, que empresas com B/M menor. Na mesma linha, obtém que empresas menores, por terem mais riscos associados, também possuem uma expectativa de retorno maior que empresas maiores. Esse modelo, mais conhecido como modelo de 3 fatores de Fama e French, apresentou um poder explicativo maior

que o CAPM para o mercado americano, além de obter significância estatística para as variáveis explicativas e passou a servir de aparato teórico para estudos posteriores e gestão de investimentos.

Não obstante, Fama e French (1996) afirmam que o modelo de 3 fatores consegue capturar o efeito de reversão de rentabilidade de longo prazo, documentado por Bondt e Thaler (1985). Esse efeito diz que ações com fraco desempenho passado de longo prazo tendem a apresentar retornos médios futuros maiores, além de s_i e h_i positivos, da mesma forma que ações com forte desempenho passado de longo prazo tendem a apresentar retornos médios futuros menores. Dessa maneira, os autores provam que o modelo de 3 fatores abrange anomalias de mercado, capturadas pelas variáveis SMB e HML.

2.4 ANOMALIA MOMENTUM E O MODELO DE QUATRO FATORES

Contudo, segundo FF (1996), o modelo de 3 fatores não consegue explicar os resultados da estratégia de *momentum* de Jegadeesh e Titman (1993). Essa estratégia está baseada nos resultados empíricos de que há certa tendência dos ativos de manterem, no curto prazo, seu desempenho de preços recente. Dessa forma, ativos que no curto prazo desempenharam bem, tendem a manter sua performance boa para o período seguinte, além de tender a apresentar h_i positivo. Jegadeesh e Titman (1993) testam distintos períodos de retorno das ações e o resultado obtido é que de fato há lucros anormais advindos da estratégia no curto prazo, mas que se revertiam para períodos maiores que 1 ano.

Diversos estudos de finanças comportamentais se debruçaram na explicação do fenômeno. Daniel, Hirshleifer e Subrahmayam (1998) e Barberis, Shleifer e Vishny (1998) utilizam-se de vieses comportamentais, dentre eles excesso de confiança, conservadorismo e representatividade, para formularem modelos explicativos. Os resultados mostram que os agentes inicialmente estruturam expectativas, e conforme notícias contradizem suas teses, eles não as incorporam completamente no preço do ativo; a reversão é feita apenas em períodos seguintes, quando informações mais recentes continuam contrariando suas expectativas, então os agentes percebem seus equívocos e os corrigem.

O *momentum* confronta diretamente a Hipótese de Mercado Eficiente (HME) de Fama (1970). Segundo o autor, os agentes incorporam de maneira racional e instantânea as informações disponíveis no mercado na precificação dos ativos, de tal maneira que não haveria arbitragem na relação risco/retorno e o mercado se comportaria de forma eficiente. Porém, a estratégia de *momentum* mostra que, no curto prazo, não há incorporação das informações de forma eficiente, conseguindo obter retornos consistentemente acima da média de mercado sem precisar se expor a mais riscos, e, portanto, mostrando o contraponto à HME.

Dessa forma, Fama e French (1996) analisam 3 possíveis explicações para que o modelo de 3 fatores não capturarem o impacto da continuidade de retorno de curto prazo:

- (i) Essa anomalia em particular seria um resultado não genuíno causado por um viés amostral, limitado ao período estudado pelos autores.
- (ii) A precificação de ativos é um processo irracional, no qual os investidores reagem de forma insuficiente às informações de curto prazo, que produz a continuação do retorno, mas eles reagem exageradamente às informações passadas no longo prazo, produzindo reversão de retornos. Dessa forma, o *momentum* seria mais um desafio para finanças comportamentais do que para o modelo de apreçamento de ativos dos autores.
- (iii) A anomalia de *momentum* expõe uma das deficiências do modelo. Dessa forma, os autores sugerem que num estudo futuro explorem um modelo mais rico, talvez adicionando um fator de risco ao modelo.

Tendo o terceiro ponto em vista, a academia debruçou-se em estudos que conseguissem unir esses dois universos, e dessa forma obter um modelo mais eficiente. Um dos primeiros estudiosos a mergulhar no assunto foi Carhart (1997), ao incorporar uma métrica de *momentum* ao modelo de 3 fatores de Fama e French (1993), modelo que ficou conhecido como modelo de 4 fatores, propondo a seguinte estrutura:

$$E(R_i) = R_f + b_i * (E(R_m) - R_f) + s_i * E(SMB) + h_i * E(HML) + w_i * E(WML) \quad \text{Equação 3}$$

Em que $E(WML)$ a expectativa de retorno da variável que captura o *momentum* das firmas e w_i é a sensibilidade do ativo i a esse fator. A variável WML é obtida pela mesma metodologia das variáveis SMB e HML, ou seja, pela diferença de rentabilidade entre uma carteira com empresas com retorno de curto prazo altos (*winners*) e uma carteira com empresas com retorno de curto prazo baixos (*losers*), dando origem à variável WML (*winners minus losers*). O autor empregou, em seu estudo, uma análise comparativa entre seu modelo de quatro fatores, o modelo de três fatores e o CAPM para mensurar o desempenho de fundos mútuos no mercado estadunidense entre 1963 e 1993. Para as variáveis dependentes, Carhart ordenou as ações pelos seus desempenhos entre os meses $t - 12$ e $t - 2$, separando em decis, sendo que os fundos com os melhores desempenhos ocuparam o primeiro decil e os piores ocuparam o último. Ainda, o primeiro e o último decis foram subdivididos por três. Essas carteiras foram ponderadas por pesos iguais, mantidas por 12 meses e seus retornos foram registrados mensalmente. Pelas variáveis explicativas, para a variável WML foi ordenada a base de dados conforme a rentabilidade entre os meses $t - 12$ e $t - 2$ e separadas em 3 grupos: 30% superiores, 40% medianos e 30% inferiores. O retorno da variável foi dado pela diferença entre a média dos retornos das ações superiores e a média dos retornos das ações inferiores. As demais variáveis explicativas foram obtidas pela mesma metodologia de FF (1993).

Como resultado, o autor encontrou evidências estatísticas de que o poder explicativo de seu modelo, no mercado americano, era maior do que o modelo de três fatores e o CAPM para justificar o retorno dos ativos, além de obter significância estatística para as variáveis explicativas. Além disso, os prêmios médios mensais pelos fatores de risco mostraram-se positivos e elevados e os excessos de retorno das carteiras decaíram à medida que aumentavam-se o decil, comprovando a aplicabilidade da anomalia reportada por Jegadeesh e Titman (1993).

2.5 APLICABILIDADE NO MERCADO BRASILEIRO

Esse modelo ganhou notoriedade mundial, inclusive no Brasil. No mercado local, o modelo de 4 fatores é utilizado por gestores e agentes no mercado financeiro como aparato teórico para metodologias de gestão e apreçamento de ativos, além de estudos acadêmicos, como a dissertação de mestrado de Mussa (2007). O autor

investiga a aplicabilidade do modelo ao mercado acionário brasileiro pela metodologia de regressão em série de tempo, além de compará-lo com o CAPM e o modelo de três fatores. O estudo apresentou evidências de que o modelo é válido para o mercado local e que seu poder explicativo (pelo R^2 ajustado) é superior aos outros dois modelos.

Porém, resultados com metodologia diferente sugerem que talvez o uso do modelo de Carhart (1997) seja inadequado, como o artigo de Mussa, Rogers e Securato (2009). Os autores testam e comparam, no mercado acionário brasileiro, o CAPM e os modelos de três e quatro fatores com metodologias de testes preditivos, de julho de 1995 a junho de 2007. Como resultado, nenhum dos três modelos testados foram bem-sucedidos para explicar as variações dos retornos das ações, porém o modelo de 4 fatores de Carhart (1997) foi o que obteve melhor R^2 ajustado. Em relação a esse último modelo, apenas as variáveis $(R_m - R_f)$ e HML foram significativas, além do intercepto, que foi altamente significativo, indicando que talvez o modelo pode não ser suficiente na explicação dos retornos das carteiras.

De forma semelhante, a tese de mestrado de Rizzi (2012) estuda a aplicabilidade dos modelos CAPM, três fatores e quatro fatores para as ações listadas na bolsa brasileira de julho de 1995 até junho de 2011 com metodologia de testes preditivos. Em relação aos resultados do modelo de 4 fatores, que nos cabe, a autora constatou que apenas os fatores mercado e HML eram estatisticamente significantes, resultado não observado para os fatores SMB e WML, sendo esse ultimo com coeficientes negativos, indicando que não foi possível observar no mercado doméstico os mesmos efeitos registrados por Carhart (1997), além de ir contra os resultados de Jegadeesh e Titman (1993). Além disso, a autora, assim como Mussa, Rogers e Securato (2009), obteve alta significância para o intercepto, indicando que talvez o modelo pode não ser suficiente na explicação dos retornos das carteiras.

Assim, a aplicabilidade do modelo de Carhart (1997) na realidade da bolsa brasileira ainda não é clara, e é nesse sentido que o presente estudo busca dar sua contribuição, seguindo a metodologia padrão da literatura com ajustes pontuais. Um modelo sólido e com robustez produz resultados confiáveis e que auxiliam a tomada de decisão de forma mais assertiva, de modo que modelos sem validade podem levar a decisões equivocadas. Dessa forma, os resultados buscarão dar suporte teórico às aplicações práticas e colaborar ao debate acadêmico.

3 METODOLOGIA E DADOS

3.1 METODOLOGIA

Essa seção buscará apresentar a metodologia que será aplicada ao longo do estudo. De acordo com o modelo de Carhart (1997), dado pela Equação 3, explicitada na Seção 2.4, as regressões econométricas se darão de acordo com a Equação 4:

$$R_i - R_f = a_i + b_i * (R_m - R_f) + s_i * SMB + h_i * HML + w_i * WML + \varepsilon_i \quad \text{Equação 4}$$

3.1.1 Variáveis Dependentes

Começando pela variável dependente da regressão, $R_i - R_f$ representa o prêmio de risco da carteira i contra o ativo livre de risco. A montagem das carteiras i seguirá a metodologia do estudo de Fama e French (1993) aplicando-se ordenamento e filtragem na base de dados líquida pelos fatores de risco. A base é, inicialmente, ordenada em ordem crescente pelo fator de risco e separada em percentis. Nesse ponto haverá uma diferenciação para o modelo de FF, pois no estudo dos autores aplica-se a separação de maneira assimétrica, de forma que os percentis são definidos diferentemente para cada fator, percentil 50 para o fator tamanho e 30/70 para B/M. Ao invés dessa metodologia, utilizará nesse estudo uma segregação simétrica, que segundo Lambert *et al.* (2020), em geral um tratamento simétrico e sequencial produz melhores resultados. Assim, a definição de percentil será em 50, de modo que cada fator de risco será dividido em duas partes iguais.

Em seguida, uma nova diferença surgirá, pois FF fazem, em seu estudo, um ordenamento de forma independente, ou seja, cada fator é ordenado de forma independente e a intersecção entre essas classificações dá origem às carteiras; porém, esse ordenamento não garante o mesmo número de ações em cada carteira, em que algumas delas podem ter um número pequeno de ativos, ou até mesmo nenhum, afetando diretamente o índice de Sharpe do fator calculado, por incorporar risco idiossincrático e riscos não precificados. Dessa forma, cada carteira deve estar devidamente diversificada, e, por isso, o presente trabalho utilizará a metodologia de ordenamento sequencial. Nesse estilo, esse trabalho ordena e agrupa primeiro as

empresas pelo Valor de Mercado de $junho_t$, separando a metade com valores menores como *Small* e as com valor maior como *Big*; em seguida, dentro de cada grupo de tamanho, serão ordenadas pelo *book-to-market* de $dezembro_{t-1}$, separados em dois grupos de acordo com o valor desse fator, em que *Low* são os valores menores e *High* são os valores maiores da relação B/M; e, por fim, dentro de cada agrupamento, são separadas em dois grupos de acordo com seu desempenho de preços entre $junho_{t-1}$ e $abril_t$, sendo *Loser* as com desempenho baixo e *Winner* as com desempenho alto. Esse processo gera 8 carteiras, explicitadas na Tabela 1, e garante o mesmo número de ações em cada uma das carteiras, evitando problemas descritos acima.

Tabela 1 - Carteiras Fatoriais

Carteira	Descrição
Small/Low/Loser - SLL	Ações de empresas com valor de mercado e índice B/M baixos e que apresentaram desempenho ruim
Small/Low/Winner - SLW	Ações de empresas com valor de mercado e índice B/M baixos e que apresentaram desempenho bom
Small/High/Loser - SHL	Ações de empresas com valor de mercado baixo, índice B/M alto e que apresentaram desempenho ruim
Small/High/Winner - SHW	Ações de empresas com valor de mercado baixo, índice B/M alto e que apresentaram desempenho bom
Big/Low/Loser - BLL	Ações de empresas com valor de mercado alto, índice B/M baixo e que apresentaram desempenho ruim
Big/Low/Winner - BLW	Ações de empresas com valor de mercado alto, índice B/M baixo e que apresentaram desempenho bom
Big/High/Loser - BHL	Ações de empresas com valor de mercado e índice B/M altos e que apresentaram desempenho ruim
Big/High/Winner - BHW	Ações de empresas com valor de mercado e índice B/M altos e que apresentaram desempenho bom

Fonte: Elaboração própria

Adiante, separados os papéis que compõem cada uma das carteiras, necessita-se ponderá-los para alocação. Mais uma diferença se constrói, pois Carhart (1997) e Fama e French (1993) ponderam as carteiras de acordo com o valor de mercado das ações (*value weighted*). Nesse estudo será utilizado uma ponderação

com pesos uniformes (*equally weighted*), pelos motivos: (i) o modelo *value weighted* tende a dar elevada concentração para empresas muito grandes, problema típico de índices de capitais de países emergentes, (ii) maior facilidade de cálculo de rentabilidade.

Dessa maneira, obtém-se uma seleção concisa de papéis que comporão a carteira entre $junho_t$ e $abril_{t+1}$, de forma que na passagem para $junho_{t+1}$ haverá uma nova revisão, sob os mesmos critérios, e reformula-se a carteira para o período seguinte, e assim sucessivamente. Esse procedimento parte do pressuposto teórico de que, apesar das intensas movimentações da carteira, não haverá custos de transação nas operações, tais como corretagem, taxa de custódia e outros quaisquer custos que poderiam incorrer.

Por fim, aplicando-se os critérios de ordenamento, selecionando-se as ações elegíveis a compor a carteira, e aplicando-se a ponderação com pesos uniformes, obtém-se uma carteira devidamente alocada. O cálculo da rentabilidade da carteira será dado pela Equação 5, em que $R_{i,t}$ é o retorno da carteira i no período t , $R_{c,t}$ o retorno total da ação c no período t , incorporando evento como distribuição de proventos, e n o número de ações presentes na carteira

$$R_{i,t} = \frac{1}{n} * \left(\sum_{c=1}^n R_{c,t} \right) \quad \text{Equação 5}$$

Assim, tendo as carteiras montadas, e calculadas as suas rentabilidades, a variável dependente da equação, $R_i - R_f$, será calculada de forma direta, pela diferença de retorno entre a carteira e a taxa CDI a cada período.

3.1.2 Variáveis Explicativas

Pelo lado das variáveis explicativas, $(R_m - R_f)$ representa o excesso de retorno da carteira de mercado contra o ativo livre de risco, e será calculada de forma direta, pela diferença de retorno entre o Ibovespa e a taxa CDI (Certificado de Depósito Interbancário) a cada período. Aqui há uma diferença metodológica entre o presente trabalho e de Rizzi (2017) e de Mussa (2007), pois os autores usaram uma média ponderada pelo valor de mercado de todas as ações da amostra subtraindo o rendimento da caderneta de poupança. Além disso, as variáveis *SMB*, *HML* e *WML*

representam a valorização das características individuais das firmas referente aos riscos Valor de Mercado (*Small Minus Big*), *book-to-market* (*High Minus Low*) e momento (*Winner Minus Loser*), respectivamente, e são calculadas com a base de dados do universo das variáveis dependentes. Esses valores, no entanto, devem ser calculados com base em carteiras *long-short* autofinanciáveis (com custo zero), montadas com base nos fatores de risco, de forma independente, ou seja, a variável SMB será composta por uma carteira comprada em empresas pequenas e vendida em empresas grandes, assim como as outras carteiras, com base em seus critérios, independente dos demais.

Ainda sobre a Equação 4, o termo a_i representa o intercepto da regressão, e buscando-se a Equação 3, espera-se que esse termo seja estatisticamente igual a 0 nos resultados. Finalmente, ε_i representa o termo de erro na regressão, e, por hipótese, assume-se que $E(\varepsilon_i) = 0$.

3.1.3 Regressões

Por fim, construída a base de dados dos retornos das variáveis dependentes e explicativas, tratou-se os dados com instrumentos econométricos para inferir a sensibilidade das carteiras aos fatores de risco, via coeficientes, suas significâncias estatísticas, via teste t, e o poder explicativo dos modelos, via R^2 ajustado.

De início, cabe esclarecer que Rizzi (2012) e Mussa, Rogers e Securato (2009) seguem a metodologia de teste preditivo de acordo com a técnica de Fama e Macbeth (1973), com regressões em dois estágios. Nesse método, divide-se a amostra em dois períodos, o primeiro chamado de *within-sample* (dentro da amostra) e o segundo chamado de *out-of-sample* (fora da amostra). Com a amostra *within-sample*, utiliza-se regressões em séries temporais para estimação das sensibilidades das variáveis dependentes aos fatores ($R_m - R_f$), SMB, HML e WML. Calculadas as sensibilidades do primeiro período, utiliza-se essas sensibilidades como variáveis explicativas na amostra *out-of-sample*, em regressões em corte transversal.

Contudo, como os fatores de risco são carteiras *long-short* autofinanciáveis, os resultados das regressões em dois estágios equivalem aos resultados de regressões em série temporal, como demonstrado por Cochrane (2005), por exemplo.

Sendo assim, a metodologia seguida pelos autores seria dispensável e optou-se por seguir nesse trabalho a segunda opção.

Assim, se utilizou o período amostral como um todo para analisar os modelos via regressões em série temporal. Segundo Fama e French (1993), as regressões em série de tempo são úteis para se analisar se os ativos são precificados de forma racional, uma vez que, se o forem, devem apresentar sensibilidade às variáveis dos fatores de risco, além de se esperar que os interceptos sejam iguais a zero e os coeficientes de determinação (R^2 ajustado) sejam suficientemente altos.

Por fim, ressalta-se que apenas analisar os interceptos do modelo pela regressão em série temporal é insuficiente para inferir sobre suas significâncias estatísticas. É imprescindível analisar os interceptos, uma vez que caso sejam diferentes de zero, significa que o modelo não conseguiu explicar todo o excesso de retorno das carteiras e provavelmente existem fatores de risco que devem ser incluídos no modelo. Dessa forma, aplicou-se o teste de Gibbons, Ross e Shanken (1989), assim como FF (1996), em que a hipótese nula é de que todos os interceptos são iguais a zero, de tal modo que caso o p-valor da estatística recuse H_0 , infere-se que o modelo de 4 fatores de Carhart (1997) não seria suficiente para explicar os retornos das carteiras no mercado acionário brasileiro.

3.2 DADOS

Para realização do estudo, a coleta de dados baseou-se no universo de todas as ações listadas na BM&F Bovespa, atual B3, entre junho de 1997 e dezembro de 2019. Seguindo os resultados de Jegadeesh e Titman (1993), o ideal para o tratamento de *momentum* seria trabalhar com intervalos de retorno menores ou iguais a um ano, e como no trabalho de Carhart (1997) é trabalhado intervalos anuais, esse foi o balizamento de período da variável *WML*, gerando 22 carteiras, montadas pela metodologia da seção 3.1.1. Com as carteiras montadas, as rentabilidades foram registradas mensalmente, gerando 259 observações. A Tabela 2 explicita a coleta de dados por períodos.

Todos os dados são de fontes públicas, de modo que não houve vieses que confrontem a Hipótese de Mercado Eficiente (FAMA, 1970). A principal fonte de dados

da monografia foi a base financeira da Quantum Axis, que conta com todos os dados necessários para os cálculos.

Tabela 2 - Períodos para coleta de dados

	Ações Ativas na B3	Valor de Mercado	Patrimônio Líquido	Preço de fechamento ajustado	Retorno Ibovespa	Retorno CDI	Montar Carteira
	Junho	Junho	Dezembro	Mensal	Mensal	Mensal	Junho
1997			x	x			
1998	x	x	x	x	x	x	x
1999	x	x	x	x	x	x	x
...	x	x	x	x	x	x	x
2017	x	x	x	x	x	x	x
2018	x	x	x	x	x	x	x
2019	x	x		x	x	x	x
Σ Períodos	22	22	22	271	259	259	22

Fonte: Elaboração própria

Obtido os dados, o próximo passo foi determinar quais ações seriam elegíveis a fazerem parte da seleção, baseado em critérios excludentes na base de dados bruta de cada período. Nesse sentido, eliminou-se as ações:

- (i) Sem valor de mercado em $junho_t$;
- (ii) que tiveram o Patrimônio Líquido (PL) negativo em $dezembro_{t-1}$, que poderia contaminar os resultados por ser um estado de insolvência;
- (iii) de empresas financeiras, por possuírem alto grau de endividamento, característico do setor, que poderia contaminar o fator B/M.

Dessa forma, obteve-se, em cada $período_t$, a base de dados líquida, que passou pelos processos de montagem de carteiras, descritos nas seções de metodologias.

Para formulação e tratamento da base de dados utilizou-se o software Microsoft Excel, enquanto para o processamento dos dados e realização dos testes econométricos utilizou-se o software Stata.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

A Tabela 3 apresenta estatísticas descritivas das variáveis dependentes. De início, observa-se que o retorno médio mensal das variáveis ficou entre -0,13% e 1,73%; enquanto os resultados de Mussa, Rogers e Securato (2009) variaram de 0,06% e 2,74%, os de Rizzi (2012) oscilaram entre 0,01% e 2,20% para o mercado brasileiro, enquanto Fama e French (1993) observaram no mercado americano retornos entre 0,32% e 1,05% e Carhart (1997) observou entre -0,25% e 0,75%. Ainda, pelos dados de retorno, observa-se que as ações Small, mantendo fixo os outros critérios de risco, apresentaram maior retorno que as carteiras Big (SHW maior que BHW, SLW maior que BLW, e assim por diante), reforçando a visão de FF (1993) de que empresas menores tem maior retorno esperado, por estarem associadas a mais riscos. Da mesma forma, observa-se a mesma relação para o fator HML, em que os autores afirmam que as *high* possuem mais riscos associados, esperaria-se maiores retornos, e os dados nos mostram isso (BHL maior que BLL, SHW maior que SLW, e assim por diante). Por fim, pelo lado do fator WML, observa-se a tendência de manutenção de retornos passados, retratado por Jegadeesh e Titman (1993), em que as empresas Winner desempenharam, em média, melhor que as Loser (SLW maior que SLL, BLW maior que BLL, e assim por diante).

Pelo lado do Desvio Padrão dos retornos mensais, observa-se uma variação entre 5,97% e 9,63%, enquanto Carhart (1997) observou uma variação entre 4,30% e 5,45% e FF (1993) variou de 4,27% a 7,76%, confirmando os maiores riscos do mercado brasileiro em relação ao mercado estadunidense. Ainda, os dados não permitem afirmar que empresas menores são mais arriscadas que as maiores, ou que as com B/M maiores são mais arriscadas, como constataram FF (1993).

Além disso, observa-se os efeitos da metodologia de segregação sequencial, descrita na seção 3.1.1, seguindo os resultados de Lambert *et al.* (2020), que diferem da metodologia de segregação independente seguida por Fama e French (1993), Mussa (2007) e Rizzi (2012). Para esses autores, as carteiras tiveram grande variância no número de ações, sendo que nesse trabalho variaram entre 28 e 29 ações por carteira, em média, não havendo problemas por falta de diversificação. Não

obstante, observa-se que os fatores de risco ficaram bem segregados pelas suas respectivas características, de modo que, pelo lado do critério Valor de Mercado, as carteiras *Big* apresentaram valor médio acima de R\$ 5 bilhões, enquanto as *Small* abaixo de R\$ 370 milhões; pelo lado do critério *book-to-market*, as carteiras *High* ficaram todas em média acima de 3,77, enquanto as *Low* ficaram todas em média abaixo de 0,36; por fim, pelo critério de momento, as *Winner* apresentaram em média retorno de 12 meses acima de 62%, enquanto as *Loser* abaixo de -7%.

Tabela 3 - Análise Descritiva das Variáveis Dependentes

	Observações	Retorno Médio	Desvio Padrão	Quantidade Média de ações	Valor de Mercado Médio	Valor médio de Book-to-Market	Retorno médio de 12M
SLL	259	0,51%	9,63%	29	287.798.108	0,26	-33%
SLW	259	0,55%	6,09%	29	368.969.775	0,36	65%
SHL	259	1,61%	7,41%	28	236.877.689	6,06	-18%
SHW	259	1,73%	5,97%	29	313.137.940	7,87	89%
BLL	259	-0,13%	7,91%	29	5.001.174.898	0,22	-10%
BLW	259	0,30%	6,38%	29	5.560.933.174	0,25	62%
BHL	259	0,89%	7,50%	28	6.403.191.355	3,77	-7%
BHW	259	1,25%	6,34%	28	5.698.495.858	9,11	94%

Fonte: Elaboração própria

A Tabela 4 apresenta estatísticas descritivas das variáveis explicativas. Para o fator $(R_m - R_f)$ observou-se uma média de retornos mensais de 0,19%, menor que os de Mussa (2007) que obteve 1,68% e Rizzi (2012) que obteve 1,30%, talvez por esse trabalho usar o retorno do índice Ibovespa como carteira de mercado, e os autores usarem uma média ponderada pelo valor de mercado de todas as ações da amostra, além de usarem a caderneta de Poupança como taxa livre de risco, enquanto nesse trabalho utilizou-se a taxa CDI. Diferente de Rizzi, que observou o retorno do fator WML negativo em 0,11%, obteve-se aqui 0,26%, confirmando a existência de do efeito encontrado por Jegadeesh e Titman (1993). Diferente de Mussa (2007) e Rizzi (2012), que obtiveram um retorno médio próximo a 0,00% para o fator SMB, aqui observa-se um retorno positivo em 0,57%. E, por fim, em linha com os dois trabalhos citados, o fator HML apresentou retornos médios positivos, em 1,15%.

Adiante, aplicou-se o teste t de comparação das médias, para analisar se poderia recusar a hipótese nula de que as médias das séries são iguais a zero. Assim

como Rizzi (2012), observou-se que o fator HML foi estatisticamente diferente de zero, porém, diferentemente da autora, nesses dados não foi possível constatar evidência estatística que o fator $(R_m - R_f)$ é diferente de zero, provavelmente pela metodologia da variável. Além disso, outra diferença entre os resultados reportados na Tabela 4 e da autora é que nesse trabalho observou que o fator SMB foi estatisticamente diferente de zero.

Por fim, a matriz de correlação entre os fatores de risco mostra que não há correlação expressiva, sendo a maior entre a variável WML e o prêmio de risco de mercado na magnitude de -0,40, ainda abaixo de 50% em módulo.

Tabela 4 - Análise Descritiva das Variáveis Explicativas

	Retorno Médio	Desvio Padrão	p-valor teste t	Correlação			
				Rm - Rf	SMB	HML	WML
Rm - Rf	0,19%	7,85%	69,87%	1			
SMB	0,57%	3,97%	2,25%	-0,31	1		
HML	1,15%	2,84%	0,00%	-0,23	0,15	1	
WML	0,26%	3,75%	26,08%	-0,40	-0,27	0,14	1

Fonte: Elaboração própria

4.2 REGRESSÃO EM SÉRIE TEMPORAL E TESTE GRS

A Tabela 5 apresenta os resultados das regressões em séries temporais para todo o período amostral, com e sem intercepto. Na tabela pode-se observar o poder explicativo do modelo (R^2 ajustado), magnitude das sensibilidades para cada fator (coeficientes) e suas significâncias estatísticas (teste t).

Tabela 5 – Regressão Temporal do modelo de 4 fatores de Carhart (1997) com e sem intercepto (jul/1997 a dez/2019)

	R ²	a (intercepto)		b (Rm-Rf)		s (SMB)		h (HML)		w (WML)	
	Ajustado	Coef.	t	Coef.	t	Coef.	t	Coef.	t	Coef.	t
SLL	82,22%	0,01	2,00	0,81	20,22	1,18	15,47	-0,60	-6,46	-0,67	-8,09
SLW	61,59%	0,00	1,07	0,63	16,94	0,94	13,36	-0,41	-4,75	0,36	4,61
SHL	72,52%	0,00	1,37	0,67	17,36	0,80	10,96	0,68	7,67	-0,44	-5,57
SHW	66,70%	0,01	2,75	0,71	20,83	0,78	12,13	0,36	4,63	0,31	4,44
BLL	79,23%	0,01	2,15	0,67	18,61	-0,34	-5,10	-0,38	-4,67	-0,55	-7,39
BLW	72,62%	0,00	1,96	0,72	21,73	0,05	0,80	-0,36	-4,72	0,39	5,74
BHL	78,07%	0,01	2,13	0,69	19,69	-0,17	-2,57	0,45	5,58	-0,63	-8,74
BHW	69,08%	0,01	2,27	0,75	21,32	0,08	1,23	0,39	4,79	0,28	3,81
SLL	82,22%			0,83	20,80	1,20	15,87	-0,53	-6,12	-0,65	-7,86
SLW	62,01%			0,64	17,41	0,96	13,69	-0,38	-4,68	0,37	4,78
SHL	72,75%			0,68	17,86	0,81	11,28	0,72	8,72	-0,43	-5,43
SHW	66,24%			0,73	21,40	0,81	12,55	0,44	5,93	0,34	4,75
BLL	79,18%			0,68	19,17	-0,32	-4,79	-0,32	-4,15	-0,53	-7,13
BLW	72,64%			0,73	22,32	0,07	1,11	-0,31	-4,28	0,41	5,99
BHL	78,03%			0,70	20,26	-0,15	-2,25	0,51	6,74	-0,61	-8,49
BHW	68,94%			0,76	21,90	0,10	1,59	0,45	5,95	0,30	4,09

Fonte: Elaboração própria

De início, observa-se que os R² ajustados variaram de 61,59% até 82,22% com intercepto, e de 62,01% a 82,22% nas regressões sem intercepto, resultados parecidos com Rizzi (2012), que variaram de 59% a 84%. Nota-se que os menores indicadores coincidem com as carteiras *Winners*, enquanto os maiores indicadores são apresentados pelas carteiras *Losers*.

Em seguida, em relação ao beta, sensibilidade ao fator prêmio de risco de mercado, todas as carteiras apresentaram significância estatística a 1%, tanto com quanto sem intercepto, de acordo com a literatura. A magnitude do impacto variou de 0,63 a 0,83; sendo que para Rizzi (2012) os coeficientes variaram de 0,81 a 1,10 e para Mussa (2007) de 0,76 a 1,07, mais próximos a 1,00.

Ainda, em relação à sensibilidade ao fator de risco SMB, resultados mais ambíguos aparecem. Assim como Rizzi (2012), observou-se alta significância estatística para as carteiras *Small*, porém, apenas para duas carteiras *Big* o fator se mostrou significativo. Contudo, para essas carteiras *Big*, os coeficientes foram negativos, mostrando que empresas maiores não necessariamente possuem um desempenho pior.

Seguindo, em relação ao fator de risco HML, resultados parecidos com Rizzi (2012) e Mussa (2007) aparecem. Tanto para os autores, quanto nesse trabalho, todos os coeficientes foram estatisticamente significantes, porém, as carteiras *Low* apresentaram coeficientes negativos, indo contra os resultados de Fama e French

(1993) e mostrando que no mercado brasileiro não necessariamente empresas com B/M menor apresentam desempenho pior.

Efeito semelhante ocorre com o coeficiente do fator de risco WML. Assim como Mussa (2007), obteve-se significância estatística para o coeficiente do fator em todas as carteiras, porém, o sinal foi negativo para todas as carteiras *Loser*, assim como observado por Rizzi (2012). Ainda, é possível constatar que, em módulo, os coeficientes das carteiras *Loser* ao fator de risco é maior que os das carteiras *Winner*, sugerindo que não é possível observar no mercado brasileiro o mesmo efeito encontrado no mercado americano por Jegadeesh e Titman (1993).

Por fim, ao analisar os coeficientes dos interceptos, nota-se que todos ficaram bem próximos a 0, indo a favor do esperado no item 3.1.2 e os resultados de Rizzi (2012); porém, diferente da autora, nesse estudo uma carteira apresentou significância estatística a 1% (SHW) e 4 apresentaram a 5% (SLL, BLL, BHL e BHW), sendo que para a autora nenhum apresentou significância.

Contudo, apenas a análise dos interceptos das regressões em série temporal não é suficiente para inferir a validade do modelo no contexto brasileiro. Dessa forma, aplicou-se o teste de Gibbons, Ross e Shanken (1989), ou GRS, que possui como hipótese nula que os interceptos são conjuntamente iguais a zero. A Tabela 6 mostra o resultado que o modelo de 4 fatores apresentou um GRS de 1,63, ou seja, que não nos permite recusar a hipótese nula; conclui-se, portanto, que os quatro fatores de risco conseguem capturar adequadamente o excesso de retorno das carteiras.

Tabela 6 – Estatística GRS para o modelo de 4 fatores

	GRS	p-valor
4 fatores	1,6301883	0,11633

Fonte: Elaboração própria

5 CONCLUSÕES

O objetivo do presente trabalho foi inferir se o modelo de quatro fatores de Carhart (1997) pode explicar os retornos das ações listadas na Bolsa de Valores do Estado de São Paulo, utilizando-se o período de julho de 1997 a dezembro de 2019. Para isso, aplicou-se a metodologia de regressão em série temporal e, por fim, aplicou-se o teste GRS.

De início, analisou-se as estatísticas descritivas dos dados tratados. Destaca-se que a estratégia de Lambert *et al.* (2020) de tratamento sequencial de ordenamento das carteiras, variáveis dependentes, que difere da metodologia de segregação independente seguida por Fama e French (1993), Mussa (2007) e Rizzi (2012) foi bem sucedida nesse estudo. Para esses autores, as carteiras tiveram grande variância no número de ações, sendo que nesse trabalho variaram entre 28 e 29 ações por carteira, em média, não havendo problemas por falta de diversificação. Não obstante, observa-se que os fatores de risco ficaram mais bem segregados pelas suas respectivas características. Pelo lado dos desvios padrão, observou-se valores maiores do que os observados por Fama e French (1993) e Carhart (1997), confirmando os maiores riscos do mercado brasileiro em relação ao mercado estadunidense.

Seguindo, empossado de todo o período amostral, realizou-se regressões em série de tempo das carteiras da Tabela 1 como variáveis dependentes contra os fatores de risco ($R_m - R_f$), SMB, HML e WML como variáveis explicativas. Com isso, foi possível analisar a sensibilidade das carteiras aos fatores de acordo com suas características. Os resultados mostraram que todos os fatores foram estatisticamente significantes para explicar os retornos das carteiras, com excessão do fator tamanho para as carteiras BHW e BLW.

De início observou-se um razoável poder explicativo do modelo contra as variáveis dependentes, com os R^2 ajustados variando de 61,59% até 82,22%. Ainda, obteve-se que os interceptos ficaram próximos a zero, indo de encontro ao esperado no item 3.1.2 e aos resultados de Rizzi (2012).

Em relação aos coeficientes das sensibilidades, observou-se os interceptos e o fator de mercado condizentes com a teoria e com as hipóteses do trabalho. Quanto ao fator SMB, as carteiras *Small* mostraram-se condizentes com a teoria, com fatores positivos, porém as carteiras *Big* tiveram resultados ambíguos, sendo duas com

coeficientes negativos, contra a teoria, e duas com fatores positivos, mas próximos a zero e sem significância estatística. Já em relação ao fator HML, observou-se que as carteiras *High* seguiram o teórico, porém as carteiras *Low* apresentaram coeficientes negativos, e, portanto, conclui-se que não necessariamente carteiras com B/M menores, no mercado brasileiro, apresentam menores retornos, como constataram Fama e French (1993) no mercado americano. Observou-se efeitos semelhantes em relação ao fator WML, sendo os coeficientes das carteiras *Loser* negativos, enquanto as *Winner* apresentaram coeficientes positivos, concluindo-se que não necessariamente carteiras com desempenho passado menor, no mercado brasileiro, apresentam menores retornos, como constataam Jegadeesh e Titman (1993) no mercado americano.

Por fim, após análise dos coeficientes pelas regressões em série temporal, aplicou-se o teste de Gibbons, Ross e Shanken (1989) para se inferir se os interceptos são conjuntamente iguais a zero. Pelo resultado obtido, não foi possível recusar a hipótese nula, apesar de próxima à zona de rejeite.

Dessa forma, conclui-se que o modelo de quatro fatores de Carhart (1997) é capaz de explicar os retornos dos ativos no mercado brasileiro, pelos razoáveis R^2 ajustados, significância estatística dos fatores de risco e o não rejeite da hipótese nula do teste GRS, mas pontua-se que o teste ficou próximo ao valor de rejeite.

Faz-se oportuno destacar que se encontraram limitações nessa pesquisa que levantam ressalvas aos resultados. De início, utilizou-se como carteira de mercado o índice Ibovespa, porém, como destaca Fama e French (2004), a carteira deveria incluir não apenas ativos financeiros negociados em bolsa, mas também bens de consumo duráveis, imóveis e capital humano, que na prática é difícil de se aplicar. Ainda, destaca-se o número baixo de ativos na bolsa de valores brasileira, que para evitar problemas com diversificação das carteiras, incluiu-se, nesse trabalho, papéis que podem possuir problemas de liquidez.

Por fim, ressalta-se que esse estudo encontrou semelhanças e diferenças em relação aos resultados da literatura, enriquecendo o debate. Contudo, o exposto aqui mostra que os resultados levantam mais questionamentos do que respostas, ficando abertas as vias para aprimoramentos em pesquisas futuras, sugerindo analisar outros fatores de risco que expliquem os retornos, tais como os conduzidos nos estudos de Fama e French (1992), e, assim, conseguir melhorar o poder explicativo do modelo.

REFERÊNCIAS

- BARBERIS, N.; SHLEIFER, A.; VISHNY, R. W. *A model of investor sentiment. Advances in Behavioral Finance*, v. 2, p. 423–459, 1998.
- BONDT, W. F. M. DE; THALER, R. *Does the Stock Market Overreact? The Journal of Finance*, v. 40, n. 3, p. 793–805, 1985.
- CARHART, M. M. *On persistence in mutual fund performance. Journal of Finance*, v. 52, n. 1, p. 57–82, 1997.
- COCHRANE, J. H. Financial Markets and the Real Economy. **National Bureau of Economic Research**, 2005.
- DANIEL, K.; HIRSHLEIFER, D.; SUBRAHMANYAM, A. *Investor psychology and security market under- and overreactions. Journal of Finance*, v. 53, n. 6, p. 1839–1885, 1998.
- FAMA, E. F. *Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. The Journal of Finance*, v. 25, n. 2, p. 383–417, 1970.
- _____.; FRENCH, K. R. *The Cross-Section of Expected Stock Returns. The Journal of Finance*, v. 47, n. 2, p. 427–465, 1992.
- _____. *Common risk factors in the returns on stocks and bonds. Journal of Financial Economics*, v. 33, n. 1, p. 3–56, 1 fev. 1993.
- _____. *Multifactor Explanations of Asset Pricing Anomalies. Journal of Finance*, v. 51, n. 1, p. 55–84, 1996.
- _____. *The Capital Asset Pricing Model: Theory and evidence. Journal of Economic Perspectives*, v. 18, n. 3, p. 25–46, 2004.
- _____.; MACBETH, J. *Risk, Return, and Equilibrium: Empirical Tests. Journal of Political Economy*, v. 81, n. 3, p. 607–636, 1973.
- GIBBONS, M. R.; ROSS, S. A.; SHANKEN, J. A Test of the Efficiency of a Given Portfolio. **Econometrica**, v. 57, n. 5, p. 1121–1152, 29 nov. 1989.
- JEGADEESH, N.; TITMAN, S. *Returns to Buying Winners and Selling Losers: Implications for Stock Market Efficiency. The Journal of Finance*, v. 48, n. 1, p. 65–91, 1993.
- LAMBERT, M.; FAYS, B.; HÜBNER, G. *Factoring characteristics into returns: A clinical study on the SMB and HML portfolio construction methods. Journal of Banking & Finance*, v. 114, p. 105811, 2020.
- LINTNER, J. *The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in*

Stock Portfolios and Capital Budgets. The Review of Economics and Statistics, v. 47, n. 1, p. 13–37, 1965.

MARKOWITZ, H. ***Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments***. [s.l.] Cowles Foundation Monograph No. 16. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1959.

MUSSA, A. **A adição do fator de risco momento ao modelo de três fatores de Fama & French, aplicado ao mercado acionário brasileiro**. 2007. 153 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007.

_____.; ROGERS, P.; SECURATO, J. R. Modelos de retornos esperados no mercado brasileiro: testes empíricos utilizando metodologia preditiva. **Revista de Ciências da Administração**, p. 192–216, 2009.

PEROLD, A. F. *The Capital Asset Pricing Model. The Journal of Economic Perspective*, v. 18, n. 3, p. 3–24, 2004.

RIZZI, L. J. **Análise comparativa de modelos para determinação do custo de capital próprio: CAPM, três fatores de Fama e French (1993) e quatro fatores de Carhart (1997)**. 2012. 212 f. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SHARPE, W. F. *Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. The Journal of Finance*, v. 19, n. 3, p. 425–442, 1964.