



## REVISTA AMBIENTE CONTÁBIL

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

ISSN 2176-9036

Vol. 16, n. 1, Jan./Jun., 2024

Sítios: <https://periodicos.ufrn.br/index.php/ambiente>

<http://www.atena.org.br/revista/ojs-2.2.3-06/index.php/Ambiente>

Artigo recebido em: 08.04.2023. Revisado por pares em: 14.06.2023. Reformulado em: 19.07.2023. Avaliado pelo sistema double blind review.

DOI: 10.21680/2176-9036.2024v16n1ID32104

**Análise da relação entre o retorno de carteiras de mercado e o retorno das ações de empresas do setor de petróleo**

**Analysis of the relationship between the profitability of market portfolios and the profitability of shares of companies in the oil sector**

**Análisis de la relación entre la rentabilidad de las carteras de mercado y la rentabilidad de las acciones de las empresas del sector petrolero**

### Autores

#### Marcos Donizeti da Silva

Mestre em Ciências Contábeis e Atuariais pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC SP). Endereço: Rua Monte Alegre, 904, São Paulo, Perdizes – SP, Brasil. CEP: 05014-901. Tel.: (11) 3670-8000. Identificadores (ID):

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6203-8977>

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/5637176977014531>

E-mail: [marcosdz@hotmail.com](mailto:marcosdz@hotmail.com)

#### José Odálio dos Santos

Doutor em Administração (Finanças) pela Fundação Getúlio Vargas de São Paulo – EAESP-FGV-SP, Professor Titular da PUC-SP, Livre Docente em Administração (Finanças) pela FEA USP. Endereço: Rua José Yazigi, 341, São Paulo, Jardim Leonor – SP, Brasil. CEP: 05658-020. Tel.: (11) 99113-4631. Identificadores (ID):

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6428-723X>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7018280423685826>

Research Gate: [https://www.researchgate.net/profile/Jose\\_Santos141](https://www.researchgate.net/profile/Jose_Santos141)

Google Citations: <https://scholar.google.com.br/citations?hl=pt-BR&user=QWefCO8AAAAJ>

E-mail: [j.odalio@puccsp.br](mailto:j.odalio@puccsp.br)

#### Fernando de Almeida Santos

Doutor em Ciências Sociais, Professor do Mestrado em Ciências Contábeis, Controladoria e Finanças da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). Endereço: Rua Ministro de Godoy, 969 – Perdizes – São Paulo/SP. CEP: 05015-000 (11) 3670-8042. Identificadores (ID):

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1716-2802>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4527505611889742>

Research Gate: [https://www.researchgate.net/profile/Fernando\\_Almeida-Santo](https://www.researchgate.net/profile/Fernando_Almeida-Santo)

Google Citations: <https://scholar.google.com.br/citations?user=cPK2rIAAAAAJ&hl=pt-BR>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4527505611889742>

Site: <http://www.fernandoasantos.com.br/>

E-mail: [fernando@fernandoasantos.com.br](mailto:fernando@fernandoasantos.com.br)

### Cláudio José Carvajal Júnior

Doutor em Engenharia Biomédica (UMC), Mestre em Tecnologia (CEETEPS), Especialista em Administração (EAESP-FGV). Docente no Centro Universitário FIAP. Endereço: Av. Lins de Vasconcelos, 1222 – Aclimação, São Paulo -SP. (11) 98640 1000. Identificadores (ID):

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9109-3027>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3382985159939802>

E-mail: [prof.claudiocarvajal@gmail.com](mailto:prof.claudiocarvajal@gmail.com)

### Resumo

**Objetivo:** Este artigo busca elucidar se a particularidade do alto nível de explicação da relação do retorno da carteira de mercado e o retorno das ações de empresas do setor de petróleo no Brasil ocorre de maneira semelhante em outros mercados.

**Metodologia:** A pesquisa considerou as principais petrolíferas elencadas pelas revistas Forbes, Fortune e Exame a partir de seu valor de mercado e de receita em dólar no ano de 2018, assim como a movimentação de suas ações e das respectivas carteiras de mercado no período de 02 de janeiro de 2015 e 31 de março de 2021. Inicialmente foi efetuada uma regressão simples considerando um fator sistêmico, através da métrica do CAPM. Posteriormente, foram acrescentados outros fatores (taxa do dólar e preço do barril de petróleo tipo *Brent* e *WTI*) com vistas a eventual melhoria do modelo, utilizando-se a métrica multifatorial – APT. Como forma de identificar os impactos da Covid-19, os períodos foram segregados em integral, *ex-ante* e *ex-post*. Neste formato, o período *ex-post* apresentou resultados “não esperados”, o que levou a pesquisa a segregá-lo em trimestres.

**Resultados:** Os resultados obtidos em todas as análises confirmaram, embora parcialmente, que o alto poder de explicação (superior a 50%) da variabilidade do retorno das ações ordinárias da Petrobras pela variabilidade do retorno da carteira de mercado do Ibovespa (B3), ocorre em outros mercados. A pesquisa observou que o Coeficiente de Explicação tende a captar de forma mais significativa os efeitos de crises que advêm de contextos econômicos locais e impactos para a economia mundial, a exemplo de eventual redução no nível do produto interno bruto de países como os Estados Unidos ou a China. Já para evento inesperado, a exemplo da Covid-19, o modelo, em princípio, não apresentou igual resultado, o que pôde ser observado nas análises trimestrais.

**Contribuições do Estudo:** A pesquisa contribui nas tarefas de gestores e investidores, ao demonstrar as similaridades que preveem eventos futuros relacionados à cotação do mercado acionário e que, por consequência, auxiliam em tomadas de decisões dos *stakeholders*.

**Palavras-chave:** APT. Bolsa de Valores. CAPM. Covid-19. Petrobras.

### Abstract

**Purpose:** This article aims to elucidate whether the particularity of the high level of explanation of the relationship between the return on the market and the return on shares of companies in the oil sector in Brazil occurs similarly in other markets.

**Methodology:** The oil companies considered were listed as the main ones by Forbes, Fortune and Exame magazines. Their shares and market movement were obtained from their respective host countries stock exchanges, and other information on institutional websites (e.g: OPEC - Organization of the Petroleum Exporting Countries). As theoretical support, CAPM and APT metrics were applied between from January 2, 2015, to March 31, 2021.

**Results:** Considering the privileged position of the fuel sector for the movement of the level of economic activity of the countries, the result of this research confirmed that the particularity of the Brazilian scenario is observed in other countries with regard to the high level of explanation of the return of the superior market portfolio at 50%. The research observed that the Explanation Coefficient tends to capture in a more significant way the effects of crises that come from local economic contexts and impacts on the world economy, such as a possible reduction in the level of gross domestic product of countries such as the United States or the China. As for the unexpected event, such as Covid-19, the model, in principle, did not present the same result, which could be observed in the quarterly analyses.

**Contributions of the Study:** Research can help managers and investors, as by demonstrating similarities one can predict future events or assist in decision-making

**Keywords:** APT; Stock Exchange; CAPM; Covid-19; Petrobras.

### Resumen

**Objetivo:** Este artículo busca aclarar si la particularidad del alto nivel de explicación de la relación entre el rendimiento de la cartera de mercado y el rendimiento de las acciones de empresas del sector petrolero en Brasil ocurre de manera comparable en otros mercados.

**Metodología:** Las empresas petroleras consideradas fueron listadas como las principales por las revistas Forbes, Fortune y Exame, el movimiento de sus acciones y mercado fueron obtenidas de las bolsas de valores de los países anfitriones y otras informaciones en sitios web institucionales (ej.: OPEP - Organisation of the países exportadores de petróleo). Como soporte teórico se utilizaron las métricas CAPM y APT para el período del 2 de enero de 2015 al 31 de marzo de 2021.

**Resultados:** Considerando la posición privilegiada del sector de combustibles para mover el nivel de actividad económica de los países, esta investigación confirmó que la particularidad del escenario brasileño se observa en otros países en referencia al alto nivel de explicación de la rentabilidad de la cartera de mercado por superior a un 50%. La investigación observó que el Coeficiente de Explicación tiende a capturar de manera más significativa los efectos de las crisis que surgen de los contextos económicos locales y los impactos en la economía mundial, como una posible reducción del nivel del producto interno bruto de países como Estados Unidos o China. En cuanto a un evento inesperado, como el Covid-19, el modelo, en principio, no presentó el mismo resultado, lo que se pudo observar en los análisis trimestrales.

**Contribuciones del Estudio:** La investigación puede ayudar a los gerentes e inversores, ya que al demostrar similitudes se pueden predecir eventos futuros o ayudar en la toma de decisiones.

**Palabras clave:** APT; Bolsa de Valores; CAPM; Covid-19; Petrobras.

## 1 Introdução

O setor de combustíveis tem posição privilegiada para a movimentação do nível de atividade econômica dos países e entre eles. Neste contexto, Klare (2008) menciona que o crescimento econômico de um país necessariamente tem o petróleo como um recurso importante para seu desenvolvimento. Ele destaca, inclusive, que o funcionamento e o desenvolvimento da economia mundial dependem dessa energia, o que pode ser observado nas fábricas, no transporte de pessoas, bens e produtos, na produção agrícola, nos aviões, trens e em quaisquer meios que utilizem derivados de petróleo.

Dados de 2014, da Organização Mundial do Comércio (OMC), em sua publicação das Estatísticas do Comércio Mundial, apontam que os principais comercializadores de mercadorias em 2013 foram China, Estados Unidos, Alemanha, Japão, França e Países Baixos, os quais representaram cerca de 34% dos serviços comerciais do mundo. O petróleo o principal meio de energia aplicado para o comércio de bens dos 10 países mais exportadores, responsáveis por 50% do comércio mundial.

Empresas que atuam neste setor, muitas vezes, têm participação do Estado e outras, exclusivamente da iniciativa privada. A Petrobras é uma sociedade de economia mista que atua na exploração, produção, refino, transporte e comercialização de petróleo e gás natural. Sua receita é gerada, principalmente, pela venda de combustíveis para todos os segmentos da economia. Nesse aspecto, a oscilação das vendas de combustíveis pode refletir no retorno das ações da petroleira.

Estudos efetuados por Harris e Ohlson (1987), Berry, Hasan e O'Bryan (1997) e Domingues (2016) procuraram explicar o comportamento dos preços das ações das empresas petrolíferas a partir do mercado. Um resultado semelhante é encontrado em artigo publicado por Silva e Santos (2019), que destaca a importância do Patrimônio Líquido e do Lucro Líquido para o mercado de capitais, demonstrada a partir de relação estatisticamente relevante com o mercado das empresas petrolíferas.

De forma semelhante à petrolífera brasileira, empresas internacionais concorrentes do setor de petróleo e de gás desempenham um papel relevante na atividade econômica de seus países de origem e, eventualmente também são afetadas por fatores sistêmicos, notadamente, relacionados à situação do cenário econômico local e externo.

Partindo desse pressuposto, considerou-se oportuna a realização desta pesquisa, que procura responder se a ocorrência de relação estatisticamente significativa entre o retorno das ações ordinárias de uma empresa local de referência do setor de petróleo e o retorno da carteira de mercado local em outros países, seria semelhante ao cenário brasileiro, cujas análises efetuadas em cinco anos (2015 a 2019) constataram uma contribuição significativa do poder de explicação superior, em média, a 50% para a Petrobras.

Esta pesquisa selecionou as cinco maiores empresas petrolíferas com participação acionária do Estado, e duas maiores empresas petrolíferas americanas a partir de seu valor de mercado e receita em dólar no ano de 2018, conforme demonstra a Tabela 3. Por ser uma pesquisa amparada na utilização de somente uma variável independente (carteira de mercado), utilizou-se a metodologia de regressão linear simples, sustentada por pressupostos específicos do Modelo de Precificação de ativos conhecido pela sigla CAPM (*Capital Asset Pricing Model*).

Estudos sobre a precificação de ativos sempre despertaram interesse de pesquisadores e investidores, sendo Markowitz (1952) o pioneiro na análise de estimação do risco e retorno dos ativos. Seu modelo foi posteriormente aprimorado por Sharpe (1964), Lintner (1965) e Mossin (1966), ao substituírem as variâncias do modelo original por índices conhecidos. Ao longo do tempo, surgiram outros modelos, dentre os quais pode-se destacar o modelo de três e cinco fatores de Fama e French (1992, 2015).

Segundo o CAPM, a variabilidade do retorno da ação objeto é amplamente explicada pela variabilidade do retorno da carteira de mercado. Esta pesquisa considerou o intervalo de janeiro de 2015 a março de 2021 como período integral. Tendo em conta o fato relevante da Covid-19, que impactou fortemente as atividades econômicas dos países, o período integral foi segregado em *ex-ante* e *ex-post* SARS-CoV-2. O primeiro teve uma data limite até dezembro de 2019 e o segundo teve início em janeiro de 2020. Curiosamente, os resultados do período *ex-post* apresentaram-se, em sua maioria, superiores aos resultados dos períodos *ex-ante* e integral analisados, o que levou a uma abertura trimestral do período *ex-post* e a uma abertura trimestral parcial do período *ex-ante*, que considerou apenas o último trimestre de 2019.

Outro aspecto que motivou a abertura trimestral do período *ex-post* foi o comunicado enviado pela China à OMS (Organização Mundial da Saúde) sobre a misteriosa pneumonia de Wuhan, em 31 de dezembro de 2019 (Reuters, 31/12/2019) e, posteriormente, a definição de pandemia adotada por este órgão em 11 março de 2020, em Genebra, por meio de pronunciamento do então Diretor-Geral Tedros Adharom, momento a partir do qual os países passaram a adotar medidas sanitárias e restritivas.

Com a abertura trimestral dos resultados observa-se que o coeficiente de explicação da relação entre os retornos das carteiras é, para a maioria das petrolíferas analisadas, muito superior no primeiro trimestre de 2020 quando comparado ao último trimestre de 2019, o que não ocorre no segundo trimestre, após o impacto da Covid-19. Adicionalmente, esta pesquisa avaliou se a inclusão de outros fatores ao modelo teria como consequência eventual melhora do seu poder de explicação.

## 2 Fundamentação teórica

Ao analisar as movimentações contínuas do mercado e do mercado de ações, assim como de seus participantes, alguns aspectos devem ser considerados, entre eles estão a eficiência de mercado, o risco, o retorno e o beta.

### 2.1 Eficiência de Mercado

A moderna teoria de finanças, trouxe como um dos principais conceitos de eficiência de mercado o estudo de Fama e Malkiel (1970), pois, definem que são eficientes quando os preços dos ativos refletem, inteiramente, todas as informações relevantes quando ocorrem, o que não implica previsibilidade do mercado, mas sim que ocorre um reflexo imediato no preço dos ativos.

Segundo Fama e Malkiel (1970), os pressupostos de um mercado eficiente, em relação aos seus participantes, são que todos têm / ou: igual conhecimento técnico para avaliar as ações; acesso a todas as informações disponíveis sobre as empresas; expectativas homogêneas em relação ao mesmo e acompanham simultaneamente o mercado de títulos, de forma a reagirem da mesma maneira a novas informações. Fama e Malkiel (1970) também classifica a eficiência de mercado nas formas fraca, semiforte e forte.

Em um mercado de eficiência fraca, os preços dos ativos refletem as informações históricas e já disponíveis aos investidores, não sendo possível prever retornos futuros. Na forma semiforte, os preços dos ativos refletem informações históricas e atuais, disponíveis a todos os investidores, o que não possibilita ganhos extraordinários. Para um mercado de eficiência forte, os preços dos ativos refletem todas as informações públicas ou não e, mesmo que algum investidor obtenha informações privilegiadas ou estratégicas, essas já estariam

precificadas nos ativos, condição que impossibilitaria qualquer investidor de obter ganhos extraordinários.

Dessa forma, pode-se afirmar que o mercado é eficiente em relação à informação, já que um investidor não consegue obter retornos consistentes e superiores à média do mercado (com um determinado nível de risco), considerando as informações publicamente disponíveis quando o investimento é feito.

## 2.2 Risco

Damodaran (2004) menciona que o risco pode ser entendido como a probabilidade de receber como retorno sobre um determinado investimento algo inesperado, assim sendo o risco incluirá não somente resultados ruins. Independentemente do modelo de precificação de ativos, a premissa adotada é avaliar a relação entre o retorno e o risco.

## 2.3 Retorno

Como terceiro aspecto, cita-se o retorno. Segundo Ross *et al.* (2015) pode ser considerado como a expectativa sobre uma ação para o próximo período. O retorno de mercado é o representado por todas as ações negociadas e contempladas em uma carteira. Portanto, o retorno da carteira de mercado é equivalente à remuneração pelo capital investido pelo acionista, cujo valor deve contemplar o tempo de retorno e o risco em relação ao valor investido.

## 2.4 Beta

Por último, o beta ( $\beta$ ), segundo Ross *et al.* (2015) consiste em uma medida de resposta de um título às movimentações da carteira de mercado. Santos (2019) descreve que o beta ( $\beta$ ) é uma medida estatística da volatilidade do preço das ações em relação à carteira referencial de mercado – Bovespa, Dow Jones, Standard e Poor's 500 (S&P500), entre outras. Segundo o autor, o risco sistemático não é eliminado pela diversificação da carteira. Portanto, quanto mais sensível for o título à carteira de mercado, maior o risco do investimento.

Santos (2019), ainda, menciona que, ao avaliar as empresas com ações negociadas em bolsas de valores, o beta ( $\beta$ ) da ação é calculado regressando os seus retornos (diário, semanal, mensal, anual ou outro) em relação ao índice de mercado selecionado durante anos anteriores à data base da avaliação (recomenda-se entre três e cinco anos). Dessa forma, pode-se expressar essa relação a partir de uma equação de reta de Regressão Linear:

$$y = a + bx + \varepsilon$$

Em que:

y = retorno exigido pelo investimento efetuado.

a = constante ou intercepto = taxa livre de risco.

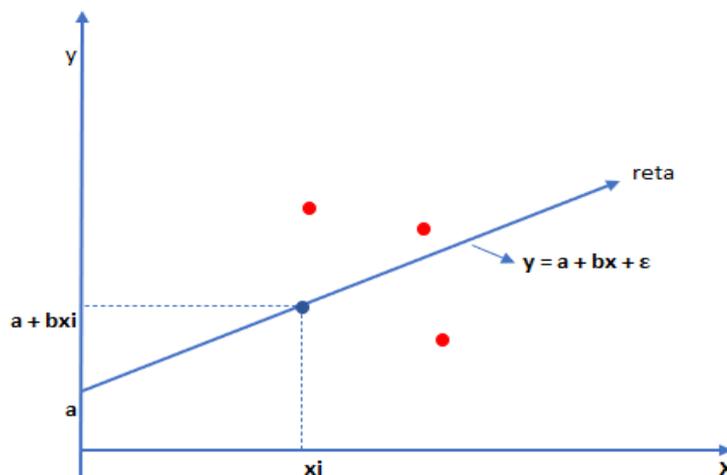
b = coeficiente de inclinação ou  $\beta$  do ativo.

x = variável independente ou retorno requerido sobre a carteira de mercado.

$\varepsilon$  = termo de erro aleatório que reflete os riscos não sistemáticos do ativo.

Na Figura 1, apresenta-se a representação gráfica da relação entre o retorno do ativo e o retorno da carteira de mercado:

:



**Figura 1** Representação Gráfica da Equação da Reta.

Fonte: Adaptado pelo autor<sup>1</sup> do livro “Administração Financeira” (Ross et al., 2015, p. 391).

Ross et al. (2015) afirmam que o beta ( $\beta$ ) médio de todos os títulos, quando ponderado pela proporção do valor de mercado de cada título para o da carteira de mercado, é 1. A equação do beta ( $\beta$ ), proposta por Ross et al. (2015), é:

$$\beta_i = \text{Cov}(R_i, R_M) / \sigma^2(R_M)$$

Em que:

$\beta_i$  = beta do ativo i.

$\text{Cov}(R_i, R_M)$  = covariância entre os retornos do ativo i e da carteira de mercado.

$\sigma^2(R_M)$  = variância de mercado.

## 2.5 Fundamentos e pressupostos CAPM

O modelo conhecido mundialmente por CAPM (*Capital Asset Pricing Model*), é o modelo de um fator que explica o comportamento de retorno de um investimento considerando, exclusivamente, o retorno da carteira de mercado. Para Santos (2019), o CAPM oferece a oportunidade de conhecer a taxa de retorno requerida pelos proprietários da empresa, ou seja, o custo do capital próprio. A partir dos trabalhos de Markowitz (1952) e de Tobin (1958), Sharpe (1964) desenvolveu o modelo CAPM (*Capital Asset Pricing Model*).

O modelo CAPM apresenta como premissas básicas: a) um único investidor, sozinho, não tem condições de influenciar os preços; b) o mercado é constituído por investidores racionais que optam pelo maior retorno possível a partir de determinado risco; ou pelo menor risco possível, considerando o melhor retorno; c) todo investidor tem acesso a informações de forma gratuita e instantânea; d) não há racionamento de capital e todos têm acesso às fontes de crédito; e) os ativos são negociados sem custos de transação; f) todos os investidores têm expectativas homogêneas; g) os investidores podem emprestar ou tomar emprestado montantes de recursos a uma taxa livre de risco. Outro aspecto que deve ser observado ao avaliar o risco é se este é sistemático ou não sistemático.

Ross et al. (2015) descrevem um risco sistemático como qualquer risco que influencia grande número de ativos, em maior ou menor grau. Já um risco não sistemático é aquele que afeta um único ativo ou um pequeno grupo de ativos. A partir dessas considerações, é possível

<sup>1</sup> Os termos de erros “ $\epsilon$ ” estão expressos nas marcações (pontos) fora da reta.

afirmar que um investidor diversificado deve se preocupar com o risco sistemático e utilizar o beta, que é a melhor medida do risco de um título individual.

O CAPM estuda o risco sistemático (não diversificável) e calcula o retorno mínimo esperado pelos acionistas sobre o seu capital próprio investido no negócio. Para tanto, o modelo de precificação de ativos apresenta a seguinte fórmula:

$$R_e = \{R_F + [\beta(R_M - R_F)]\}$$

Em que:

$R_e$  = retorno esperado de um título

$R_F$  = Taxa Livre de Risco (intercepto)

$B$  = beta do título (mede a resposta de um título às movimentações da carteira de mercado)

$R_M$  = Taxa de Retorno de Mercado

$(R_M - R_F)$  = diferença entre a taxa de retorno esperado do mercado e a taxa livre de risco (prêmio pelo risco)

Considera-se taxa livre de risco ( $R_F$ ) aquela que oferece ao investidor a segurança de saber, exatamente, o que receberá ao final do prazo de investimento (ex.: SELIC). Portanto, é o valor mínimo de retorno pelo investimento efetuado. Coeficiente beta ( $\beta$ ) é uma medida estatística da volatilidade do preço de ações com relação à carteira referencial de mercado e representa o risco sistemático. Nesse aspecto, quanto maior o índice, maior o risco do investimento. Gitman (2010) apresenta na tabela 1 um facilitador para o entendimento do beta ( $\beta$ ):

**Tabela 1**

*Entendimento do beta ( $\beta$ )*

<b>B</b>	<b>Comentário: Move-se na mesma direção do mercado (beta positivo)</b>
2,0	Sensibilidade no retorno da ação é duas vezes maior que a do mercado
1,0	Sensibilidade no retorno da ação é igual ao mercado
0,5	Sensibilidade no retorno da ação corresponde à metade do mercado
<b>B</b>	<b>Comentário: Move-se em direção oposta à do mercado (beta negativo)</b>
- 0,5	Sensibilidade no retorno da ação corresponde à metade do mercado
- 1,0	Sensibilidade no retorno da ação é igual ao mercado
- 2,0	Sensibilidade no retorno da ação é duas vezes maior que a do mercado
<b>B</b>	<b>Comentário: Não há movimentação</b>
0	Não ocorrem mudanças no retorno das ações. Não é afetado pela variação de mercado.

**Fonte:** Adaptado do quadro "Coeficientes beta selecionados e sua interpretação" (Gitman, 2010, p. 224).

Já o prêmio pelo risco ( $R_M - R_F$ ) é a diferença entre a taxa média de retorno gerada por uma carteira referencial e a taxa livre de risco ( $R_F$ ). Portanto, é quanto o investimento efetuado tem de retorno, além do retorno mínimo exigido pelo acionista. Apesar dos aspectos favoráveis ao CAPM, o modelo tem como premissa a simplificação, o que gera críticas sobre sua capacidade em refletir o real desempenho do mercado.

Devido a esses aspectos, ressalta-se que vários autores intensificaram seus estudos a fim de testar empiricamente o modelo CAPM apresentado por Sharpe. Entre eles estão Black, Jensen e Scholes (1972) e Fama e Macbeth (1973) encontraram evidências que o validaram. Entretanto, outros estudos concluíram que o CAPM seria deficiente, principalmente após o surgimento de evidências de que boa parte da variação nos retornos esperados dos ativos não estaria relacionada ao fator beta de mercado (Fama, & French, 2004). Entre os estudos, alguns

identificaram ineficiências do modelo, levando pesquisadores a concluir que existem outros fatores de riscos não captados pelo beta. Entre esses, destacam-se Lakonishok e Shapiro (1986) e Fama e French (1992).

Em busca de melhorias do poder explicativo do CAPM em registrar anomalias do mercado, Fama e French (1993) desenvolveram o modelo de três fatores. Segundo os autores, o modelo poderia explicar significativamente os retornos das ações ao considerar como fatores o mercado, definido pelo CAPM; o tamanho da empresa, definido pela diferença entre os retornos de carteiras de ações de empresas pequenas e grandes (fator tamanho = SMB => *small minus big*) e o índice *book-to-market* ou B/M, definido pela relação entre o valor contábil e o valor de mercado do patrimônio líquido. O estudo de Fama e French (1996; 2004) explicou a maior parte das anomalias não assimiladas pelo fator de mercado, exceto a definida como efeito momento.

Entre os estudos e a respectiva identificação do risco do fator momento, destaca-se o trabalho de Carhart (1997), que ao adicioná-lo ao modelo de três fatores de Fama e French (1993), construiu o conhecido modelo de quatro fatores. Os estudos de Carhart (1997) identificaram evidências empíricas que confirmaram a superioridade do modelo de quatro fatores em relação ao de três na explicação dos retornos. Curiosamente, o modelo desenvolvido por Sharpe (1964) é amplamente utilizado pelos analistas de mercado para avaliar.

## 2.6 Fundamentos e pressupostos APT.

O modelo APT (*Arbitrage Pricing Theory*), desenvolvido por Stephen Ross em 1976, busca explicar o retorno dos ativos considerando que existem diversas fontes de risco associadas ao retorno das ações, não se limitando ao fator de mercado. Santos e Silva (2009) definem arbitragem como a exploração de uma má precificação entre dois ou mais títulos para ganhar lucros econômicos livres de risco. De outra forma, Bruni e Fama (1998) explicam que a arbitragem consiste em encontrar dois elementos iguais em sua essência, comprar o mais barato e vender o mais caro, obtendo um retorno sem risco.

Os riscos sistemáticos e não sistemáticos, assim como no modelo do CAPM, também são abordados no APT pela inclusão de outros fatores (beta) que afetam um título ou uma carteira de investimentos.

As premissas do APT são: o mercado é perfeitamente competitivo e não existem custos de transação; os investidores têm expectativas homogêneas em relação aos fatores que influenciam os preços dos ativos; número de ativos “n” deve ser muito superior ao número de fatores que influenciam os seus preços; o termo de incerteza é o risco não sistemático do ativo; os termos de incerteza são independentes dos fatores e entre si. A proposta apresentada por Ross *et al.* (2015) para cálculo do risco sistêmico por meio do beta é expressa pela seguinte fórmula:

$$R = R_e + I$$

Em que:

R = retorno observado

R<sub>e</sub> = retorno esperado

I = equivale à parte inesperada do retorno (é a surpresa e constitui o erro)

É possível estabelecer um maior detalhamento da fórmula ao destacar os componentes de risco sistêmico e risco não sistêmico, conforme segue:

$$R = R_e + m + \varepsilon$$

Em que:

$R$  = retorno observado

$R_e$  = retorno esperado (formado com todas as informações disponíveis e conhecimento do que pode influenciar a ação)

$m$  = representa o risco sistêmico

$\varepsilon$  = representa o risco não sistêmico

Segundo Ross *et al.* (2015), o fato de que as partes não sistemáticas dos retornos de duas empresas não apresentam relação uma com a outra, não significa que as porções sistemáticas não tenham. Pelo contrário, se duas empresas são influenciadas pelos mesmos riscos de mercado, tendem a apresentar comportamento relativamente próximo em termos de variabilidade do retorno de seus títulos.

Um exemplo de risco sistêmico temos a inflação, que afeta todas as empresas do mercado, podendo impactar em suas ações de forma positiva ou negativa. Será positiva se a ação acompanhar o mesmo sentido da inflação e negativa se a ação tiver comportamento inverso à inflação. Há também a situação eventual e remota em que o aumento ou a redução da inflação não causam quaisquer efeitos sobre a ação, neste caso, o risco sistêmico seria nulo.

Portanto, a inflação pode ser considerada como um dos exemplos de fatores externos (risco de mercado) que afetam a atividade da empresa e, também, o coeficiente beta ( $\beta$ ) que indica a sensibilidade do retorno da ação para o risco sistêmico. Na APT, o retorno de um ativo deriva de vários fatores econômico-financeiros, tais como o crescimento do Produto Nacional Bruto (PNB), a taxa de inflação ( $i$ ), a taxa de juros ( $TJ$ ), entre outros fatores. Dessa forma, a combinação dos riscos mencionados anteriormente pode ser expressa por:

$$\text{Se} \quad \quad \quad = R = R_e + I$$

$$\text{Então} \quad \quad = R = R_e + m + \varepsilon$$

$$\text{Portanto} \quad = R = R_e + \underbrace{\beta_i F_i + \beta_{\text{PNB}} F_{\text{PNB}} + \beta_{\text{TJ}} F_{\text{TJ}}}_{\text{risco sistêmico}} + \varepsilon$$

Em que:

$R$  = retorno observado

$R_e$  = retorno esperado (formado com todas as informações disponíveis e conhecimento do que pode influenciar a ação).

$\beta_i$  = beta da Inflação

$F_i$  = fator inflação

$\beta_{\text{PNB}}$  = beta do produto nacional bruto

$F_{\text{PNB}}$  = fator produto nacional bruto

$\beta_{\text{TJ}}$  = beta da taxa de juros

$F_{\text{TJ}}$  = fator taxa de juros

$\varepsilon$  = fatores não incluídos no modelo

A partir da combinação acima, pode-se afirmar que, no modelo APT, o retorno esperado dos ativos com risco resulta de uma combinação linear de “k” fatores, sem determinar quantos fatores influirão no processo de formação dos preços intrínsecos dos ativos (Santos & Silva, 2009). Dessa maneira, pode-se expressar um modelo de “k” fatores da seguinte forma:

$$R = R_e + \beta_1 F_1 + \beta_2 F_2 + \beta_3 F_3 + \dots + \beta_k F_k + \varepsilon$$

Trata-se de um modelo fatorial, visto que cada “F” representa um evento sistêmico que tem relação com o comportamento do retorno do ativo. Já “ $\varepsilon$ ” está relacionado ao risco não sistemático de uma determinada ação e não tem relação com o risco de outras ações. Ao substituir os diversos fatores acima por apenas um fator de mercado que tenha abrangência e relevância, como por exemplo, o S&P 500, Ibovespa ou outro para medir o retorno de mercado, o modelo é denominado “modelo de mercado”.

$$R = R_e + \beta(R_M - R_e) + \varepsilon$$

Em que:

R = retorno observado

$R_e$  = retorno esperado (formado com todas as informações disponíveis e conhecimento do que pode influenciar a ação)

$\beta$  = coeficiente de mercado

$R_M$  = retorno da carteira de mercado

$R_e$  = retorno esperado

$(R_M - R_e)$  = diferença entre retorno da carteira de mercado e o retorno esperado.

$\varepsilon$  = fatores não incluídos no modelo

Ross (1976) não define quais ou quantos fatores devem ser utilizados, ficando a critério de cada pesquisador selecionar eventos sistêmicos que, na prática, tenha uma relação significativa com o comportamento do preço.

As sensibilidades aos fatores são representadas por cada um dos coeficientes betas ( $\beta_n$ ) associados a cada evento sistêmico selecionado. Uma das contribuições do modelo APT é possibilitar a inclusão de novas variáveis ao modelo, visando aumentar o poder explicativo do comportamento do retorno das ações.

### 3 Metodologia

Esta pesquisa considerou as principais petrolíferas no cenário mundial, com participação estatal ou de capital aberto, assim como a movimentação de suas ações e das respectivas carteiras de mercado no período de 02 de janeiro de 2015 e 31 de março de 2021.

Inicialmente, foi realizada uma regressão simples considerando um fator, por meio da métrica do CAPM. Posteriormente, foram acrescentados outros fatores (taxa do dólar e preço do barril de petróleo tipo *Brent* e *WTI*), visando a possibilidade de melhoria do modelo, utilizando-se a métrica multifatorial – APT.

Para identificar os impactos da Covid-19, os períodos foram segregados em integral, *ex-ante* e *ex-post*. Neste formato, o período *ex-post* apresentou resultados “não esperados”, o que levou a pesquisa a segregá-lo em trimestres.

As petrolíferas foram selecionadas a partir de seu valor de mercado e receita em dólar no ano de 2018, de acordo com as revistas Forbes, Fortune (EUA) e Exame (BR), conforme apresentado na Tabela 2, exceto para as petrolíferas Sinopec e Gazprom, cujos valores de mercado não constavam nas fontes pesquisadas.

**Tabela 2***Principais petrolíferas no mundo conforme Forbes, Fortune e Exame*

<b>Principais Petrolíferas (Forbes - 2018)</b>	<b>País de Origem</b>	<b>Valor de Mercado – US\$ (Exame)</b>	<b>Receita – US\$ (2018)</b>
Sinopec	China	Não consta na matéria	420,38 bilhões
Petrochina	China	141,8 bilhões	342,21 bilhões
Exxon Mobil	EUA	345,98 bilhões	279,33 bilhões
Total AS	França	157,57 bilhões	209,36 bilhões
Chevron	EUA	246,16 bilhões	158,90 bilhões
Gazprom	Rússia	Não consta na matéria	113,38 bilhões
Petrobras	Brasil	100,90 bilhões	95,58 bilhões

**Fonte:** *Informações extraídas das revistas Forbes, Fortune e Exame.*

Entre as petrolíferas estrangeiras selecionadas, cinco apresentam participação estatal no capital social, semelhante a composição societária da Petrobras, e duas empresas americanas, que se distinguem deste critério (participação acionária do estado), selecionadas por sua relevância no mercado petrolífero.

O tipo de sociedade destas empresas encontra-se demonstrado na Tabela 3:

**Tabela 3***Tipos de sociedade das petrolíferas*

<b>Empresa</b>	<b>País</b>	<b>Tipo de Sociedade</b>	
<b>Petrobras</b>	<b>Brasil</b>	<b>Economia Mista</b>	<b>a</b>
Sinopec	China	Economia Mista	a
Petrochina	China	Economia Mista	a
Exxon	EUA	Sociedade Anônima	a
Chevron	EUA	Sociedade Anônima	a
Total	França	Economia Mista	b
Gazprom	Rússia	Economia Mista	b

**Fonte:** *Sites (a) Yahoo Finance e (b) respectivas empresas.*

Os dados históricos da carteira teórica de mercado e da carteira de ações das empresas petrolíferas tiveram como critério o país sede da respectiva empresa, independentemente de serem negociadas em outros mercados. Foram consideradas as ações ordinárias para avaliação dos resultados.

As bolsas, ou carteiras de mercado, e as respectivas nomenclaturas dos índices constam na Tabela 4:

**Tabela 4***Principais bolsas observadas e seus respectivos índices de carteira teórica*

<b>Bolsa</b>	<b>País</b>	<b>Descrição Índice – Cart. Teórica</b>	<b>Nomenclatura</b>
Hong Kong	China	Hang Seng Index	^HSI
Nova York	EUA	Dow Jones Industrial Average	^DJI
Paris	França	CAC40	^FCHI
Moscou	Rússia	MOEX Russia Index	IMOEX.ME
B3	Brasil	Ibovespa	^BVSP

**Fonte:** *Dados da pesquisa.*

O período analisado compreendeu os últimos seis anos, e foi segregado em *ex-ante* e *ex-post* devido fato relevante da Covid-19:

- Período Integral: De janeiro/2015 a março/2021.
- Período *ex-ante*: De janeiro/2015 a dezembro/2019.
- Período *ex-post*: De janeiro/2020 a março/2021.

#### 4 Resultados e Discussão

Por se tratar de modelo de um fator (o risco de mercado), o CAPM foi utilizado para analisar os dados históricos das petrolíferas e medir os resultados dos períodos da pesquisa por meio de testes efetuados pelo método de regressão linear simples. A seleção dos dados iniciais foi efetuada a partir das bolsas descritas a seguir, conforme a petrolífera e a carteira teórica da bolsa relativa ao país sede. Na Tabela 5, entre as informações descritas, estão as bolsas de valores, os dados e a nomenclatura das referidas ações e das carteiras de mercado.

**Tabela 5**

*Petrolífera, bolsa e carteira de mercado*

Empresa	País de Origem	Bolsa	Ação	Cart. Mercado
Petrobras	Brasil	São Paulo	PETR3	^BVSP
Sinopec	China	Hong Kong	0388.HK	^HSI
Petrochina	China	Hong Kong	0857.HK	^HSI
Exxon Mobil	EUA	Nova York	XOM	^DJI
Chevron	EUA	Nova York	CVX	^DJI
Total S. A.	França	Paris	FP.PA	^FCHI
Gazprom	Rússia	Moscou	MCX	IMOEX

Fonte: Dados da pesquisa.

Identificou-se, para todos os períodos analisados, que a manutenção do modelo foi adequada para a análise por meio da regressão linear, devido o *p-value* apresentar-se inferior ao nível de significância de 5% em todos os cálculos. Da mesma forma, o modelo resultante apresenta uma relação positiva entre o retorno da carteira de mercado e o retorno das ações das petrolíferas.

A partir da observação do quadro de interpretação do beta ( $\beta$ ), o sinal positivo da equação indica que, teoricamente, em todos os cenários analisados, a carteira de ações acompanha a oscilação de mercado e é mais ( $> 1$ ) ou menos ( $< 1$ ) sensível a esta oscilação.

A pesquisa demonstrou que há similaridade parcial em relação ao cenário brasileiro, uma vez que o Coeficiente de Explicação Ajustado ( $R^2$ ) das petrolíferas, em parte, ultrapassa o índice de explicação de 50%. A Tabela 6 apresenta os resultados para o Período Integral.

**Tabela 6**

*Resultados da regressão linear – período integral*

Empresa	Período Integral	<i>P-value</i>	$R^2$ ajustado	Número de Observações
Petrobras	$y = 0,00009 + 1,5466x$	0,0	62,2%	1.551
Sinopec	$y = - 0,000001 + 1,1284x$	5,05E-100	25,3%	1.542
Petrochina	$y = -0,0007 + 1,1198x$	7,34E-202	44,9%	1.542
Exxon	$y = -0,0006 + 1,0331x$	9,62E-235	49,4%	1.572
Chevron	$y = -0,0004 + 1,2147x$	8,57E-264	53,5%	1.572
Total	$y = -0,0002 + 1,1385x$	0,0	61,8%	1.598
Gazprom	$y = -0,0001 + 1,0767x$	1,32E-276	55,3%	1.568

Fonte: Dados da pesquisa.

Adicionalmente, os dados foram ajustados para os períodos *ex-ante* e *ex-post* da Covid-19, com o objetivo de averiguar o seu impacto na atividade econômica dos diversos países e se, de alguma forma, afetou significativamente o retorno das carteiras. Inicialmente, os dados e as análises do período *ex-ante* são demonstrados na Tabela 7.

**Tabela 7***Resultados da regressão linear – período ex-ante*

Empresa	Período <i>ex-ante</i>	<i>P-value</i>	R <sup>2</sup> ajustado	Δ R <sup>2</sup> em relação ao período integral	Número de Observações
<b>Petrobras</b>	<b>y = 0,0002 + 1,6650x</b>	<b>3,78E-226</b>	<b>56,4%</b>	<b>- 5,8%</b>	<b>1243</b>
Sinopec	y = 0,0001 + 1,2247x	4,30E-80	25,3%	0,0%	1233
Petrochina	y = -0,0007 + 1,1056x	3,60E-171	46,8%	+ 1,9%	1233
Exxon	y = -0,0005 + 0,9271x	3,40E-154	42,7%	- 6,7%	1258
Chevron	y = -0,0003 + 1,0082x	1,81E-133	38,2%	- 15,3%	1258
Total	y = -0,0001 + 0,9974x	3,77E-240	57,6%	- 4,2%	1278
Gazprom	y = -0,00003 + 1,1765x	1,52E-214	54,1%	- 1,2%	1258

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao segregar o período *ex-ante*, observa-se uma redução no poder de explicação do modelo (R<sup>2</sup> ajustado). Estas reduções têm relação com a alta dos estoques de petróleo dos Estados Unidos, com a guerra comercial entre os Estados Unidos e China e a desaceleração das principais economias mundiais no período analisado. Estes fatos contribuíram para a diminuição do faturamento de parte das empresas petrolíferas pesquisadas, já que o preço do barril de petróleo apresentou declínio no período. O Brasil, em particular, apresentou problemas internos de natureza política e econômica influenciados pelos eventos sistêmicos citados.

Na Tabela 8, as análises dos resultados do período *ex-post*, sugerem que o Coeficiente de Explicação Ajustado capturou, em parte, o impacto do cenário econômico adverso (Covid-19) no nível de atividades, faturamento e lucratividade operacional de empresas, principalmente, aquelas que têm atividades cíclicas muito sensíveis à ocorrência de eventos sistêmicos adversos, como as empresas petrolíferas.

**Tabela 8***Resultados da regressão linear – período ex-post*

Empresa	Período <i>ex-post</i>	<i>P-value</i>	R <sup>2</sup> ajustado	Δ R <sup>2</sup> em relação ao período integral	Número de Observações
<b>Petrobras</b>	<b>y = -0,0004 + 1,4558x</b>	<b>5,21E-92</b>	<b>74,1%</b>	<b>+ 11,9%</b>	<b>308</b>
Sinopec	y = -0,0006 + 0,9066x	8,53E-24	27,9%	+ 2,6%	309
Petrochina	y = -0,0009 + 1,1525x	1,52E-37	41,2%	- 3,7%	309
Exxon	y = -0,0010 + 1,1027x	2,11E-54	53,7%	+ 4,3%	314
Chevron	y = -0,0007 + 1,3500x	1,58E-72	64,6%	+ 11,1%	314
Total	y = -0,0005 + 1,3211x	3,47E-80	67,7%	+ 5,9%	320
Gazprom	y = -0,0008 + 0,9186x	2,91E-67	62,2%	+ 6,9%	310

Fonte: Dados da pesquisa.

Como resultado, observa-se que o período *ex-post* apresentou inversão no poder de explicação do modelo (R<sup>2</sup> ajustado), com o aumento expressivo para a Petrobras, de cerca de 12,0% e da Chevron de aproximadamente 11,1%.

O modelo apresentado no período *ex-post* capturou parcialmente a relação entre a variabilidade dos retornos, o que levou esta pesquisa a uma análise trimestral do referido período, sendo o último trimestre de 2019 e os dois primeiros trimestres de 2020. Nesse intervalo destaca-se o momento entre o comunicado enviado pela China à OMS (Organização

Mundial da Saúde) sobre a misteriosa pneumonia de Wuhan, em 31 de dezembro de 2019, e o seu efetivo reconhecimento como pandemia, pela OMS (Organização Mundial da Saúde, em 11 de março de 2020.

Ao se observar a Tabela 9, nota-se uma oscilação do poder de explicação do modelo em relação ao período *ex-ante*. No entanto não é possível realizar comparações adequadas, uma vez que o quarto trimestre de 2019 faz parte deste período.

**Tabela 9**

*Resultados trimestrais – outubro a dezembro de 2019*

Empresa	Período <i>ex-post</i>	<i>P-value</i>	R <sup>2</sup> ajustado	Número de Observações
Petrobras	$y = -0,0008 + 1,3111x$	1,52E-09	45,5%	61
Sinopec	$y = -0,0006 + 0,9427x$	1,42E-06	31,2%	62
Petrochina	$y = -0,0016 + 0,9143x$	5,45E-10	46,8%	62
Exxon	$y = -0,0013 + 1,2455x$	5,12E-07	32,6%	64
Chevron	$y = -0,0007 + 1,0694x$	2,74E-06	28,9%	64
Total	$y = -0,0004 + 1,0058x$	2,61E-15	62,6%	65
Gazprom	$y = -0,0003 + 1,4691x$	5,34E-13	56,4%	64

Fonte: Dados da pesquisa.

A Tabela 10 apresenta o modelo obtido na equação da reta no primeiro trimestre de 2020.

**Tabela 10**

*Resultados trimestrais – janeiro a março de 2020*

Empresa	Período <i>ex-post</i>	<i>P-value</i>	R <sup>2</sup> ajustado 1º trimestre	Comparando com o R <sup>2</sup> do 4º trim. 2019	Número de Observações
Petrobras	$y = -0,0007 + 1,4835x$	1,54E-26	84,9%	+ 39,4%	62
Sinopec	$y = -0,0002 + 0,9685x$	2,95E-08	39,3%	+ 8,1%	62
Petrochina	$y = -0,0009 + 1,4008x$	3,04E-17	69,3%	+ 22,5%	62
Exxon	$y = -0,0056 + 0,9518x$	1,95E-21	77,7%	+ 45,1%	62
Chevron	$y = -0,0017 + 1,3242x$	1,13E-18	72,5%	+ 43,6%	62
Total	$y = 0,0020 + 1,3936x$	2,15E-21	76,5%	+ 13,9%	64
Gazprom	$y = -0,0030 + 0,8275x$	3,66E-19	74,7%	+ 18,3%	60

Fonte: Dados da pesquisa.

Nesse período, destaca-se o expressivo aumento do poder de explicação do R<sup>2</sup> ajustado, quando comparado ao 4º trimestre de 2019. A melhoria dos retornos, demonstrada na Tabela 10 e apresentada na equação da reta, deve-se à melhoria da economia no Brasil e no mundo, que ainda não partilhava da dimensão da crise eminente.

No Brasil, os índices de desemprego encontravam-se em queda, conforme apontavam os indicadores “Indicador Antecedente de Emprego” e “Indicador Coincidente de Emprego” da FGV (Fundação Getúlio Vargas). Em relação à economia internacional, a assinatura da primeira fase do acordo comercial entre os Estados Unidos e a China trouxe um sentimento inicial de estabilização e redução de riscos, o que proporcionou uma relativa recomposição da economia mundial.

A Tabela 11 apresenta os resultados para o segundo trimestre de 2020, que contrariam os achados de melhor precisão de aderência do retorno da ação com o retorno da carteira de mercado em cenário de queda significativa do nível de atividade econômica. Observou-se uma redução da predominância do Coeficiente de Explicação no segundo trimestre de 2020.

**Tabela 11**  
*Resultados trimestrais – abril a junho de 2020*

Empresa	Período <i>ex-post</i>	<i>P-value</i>	R <sup>2</sup> ajustado 2º trimestre	Comparando com R <sup>2</sup> ajustado 1º trim./2020	Número de Observações
<b>Petrobras</b>	<b>y = 0,0028 + 1,1644x</b>	<b>4,16E-13</b>	<b>58,6%</b>	<b>- 26,3%</b>	<b>61</b>
Sinopec	y = -0,0009 + 1,0171x	1,66E-08	41,5%	+ 2,2%	60
Petrochina	y = -0,0022 + 1,3693x	2,37E-11	53,2%	- 16,1%	60
Exxon	y = -0,0005 + 1,3198x	5,98E-14	59,9%	- 17,8%	63
Chevron	y = 0,0001 + 1,3224x	2,31E-17	69,0%	- 3,5%	63
Total	y = -0,0027 + 1,1796x	8,39E-16	65,7%	- 10,8%	62
Gazprom	y = -0,0003 + 0,9605x	3,11E-17	69,9%	- 4,8%	61

Fonte: *Dados da pesquisa.*

Ao comparar com o primeiro trimestre de 2020, percebe-se uma forte redução do coeficiente de explicação para a Petrobras (-26,3%). Isso ocorreu devido às medidas de restrição adotadas pelo Brasil e outros países no combate à pandemia, as quais afetaram significativamente a atividade econômica e reduziram o consumo de diversos produtos e serviços, incluindo combustíveis para caminhões, aeronaves, veículos e outros.

A redução da atividade econômica, com forte queda na receita das petrolíferas, afeta de forma estatisticamente significativa a relação do retorno da carteira de mercado e do retorno da carteira de ações, demonstrado a partir da diminuição do poder do coeficiente de explicação do modelo (R<sup>2</sup> ajustado).

Para dar uma dimensão mais adequada do poder de explicação da variabilidade dos retornos das carteiras, decidiu-se pela inclusão de três variáveis independentes que, intuitivamente, apresentam relação de relevância com o desempenho operacional e financeiro de empresas do setor de petróleo. Com isso, o modelo passou a ser multifatorial, operacionalizado pela metodologia de regressão linear múltipla. O período de abrangência vai de janeiro de 2010 a março de 2021 para a empresa brasileira Petrobras e para a empresa americana Exxon.

Os fatores incluídos foram: preço do Barril de Petróleo tipo Brent (FOB – IEA) - relevante na composição da receita e custos da empresa, visto a importação e exportação de produtos da Petrobras (BR); preço do Barril de Petróleo tipo WTI (FOB – IEA) - relevante na composição da receita e custos da empresa, visto a importação e exportação de produtos da Exxon (EUA); taxa de câmbio comercial para compra – real (R\$) / dólar americano (US\$ – média) - relevante em relação às operações em moeda estrangeira da Petrobras.

A extensão do período analisado e um número adicional de cerca de 80,0% de observações (de 1550 para 2787) não trouxeram melhorias de forma estatisticamente significativa ao poder de explicação do modelo da Petrobras, como pode ser observado quanto aos resultados do R<sup>2</sup> ajustado, *p-value* e equação da reta descritos na Tabela 12:

**Tabela 12***Resultados análise multifatorial – janeiro de 2010 a março de 2021*

Petrobras	PETR3 x B3	PETR3 x B3 x Brent	PETR3 x B3 x Brent x US\$
Modelo	$y = -0,0002 + 1,4515x_1$	$y = -0,0002 + 1,4239x_1 + 0,0757x_2$	$y = -0,0002 + 1,4210x_1 + 0,0757x_2 - 0,0139x_3$
<i>p-value</i> (B3)	0,00%	0,00%	0,00%
<i>p-value</i> (Brent)	- x -	2,7062E-09	2,800E-09
<i>p-value</i> (US\$)	- x -	- x -	0,7438
R <sup>2</sup> Ajustado	59,1%	59,6%	59,6%

**Fonte:** *Dados da pesquisa.*Obs.:  $x_1$  = Ibovespa – B3;  $x_2$  = Preço do Barril Petróleo tipo Brent e  $x_3$  = Taxa média dólar.

Ao realizar a comparação do poder do coeficiente de explicação do modelo, quanto à relação do retorno das carteiras para a petrolífera brasileira, observa-se, sem efeito, a inclusão do preço do Barril de Petróleo tipo Brent e da taxa do dólar, com variação de apenas 0,5% superior. Observa-se, inclusive, que a variável dólar apresenta sinal negativo, mantida no modelo pelo fato de a Petrobras ser grande importadora de insumos.

A manutenção da variável dólar no modelo demonstra que o retorno da carteira de ações tem comportamento inverso à carteira de mercado. Nota-se que, mesmo em períodos distintos, há pouca variação (3,1%) do poder do coeficiente de explicação do modelo da Petrobras, ao comparar-se o R<sup>2</sup> ajustado de 62,2%, no período integral de 2015 a 2021, com 1551 observações e o de 59,1%, no período de 2010 a 2021, com 2787 observações.

Efeito semelhante ocorre na petrolífera Exxon que, mesmo com um adicional de cerca de 80,0% no número de observações (de 1572 para 2830), não apresentou melhora estatisticamente significativa do poder do coeficiente de explicação do modelo da empresa, conforme a Tabela 13:

**Tabela 13***Resultados análise multifatorial – janeiro de 2010 a março de 2021*

Exxon	XOM x ^DJI	XOM x ^DJI x WTI
Modelo	$y = -0,0004 + 1,02662x_1$	$y = -0,0004 + 1,0200x_1 + 0,0146x_2$
<i>p-value</i> (^DJI)	0,00%	0,00%
<i>p-value</i> (WTI)	- x -	7,495E-05
R <sup>2</sup> – Ajustado	53,5%	53,7%

**Fonte:** *Dados da pesquisa.*Obs.:  $x_1$  = ^DJI – Dow Jones e  $x_2$  = Preço do Barril Petróleo tipo WTI

A Tabela 13 apresenta uma variação do poder de explicação de apenas um 0,2%, portanto, sem efeito após a inclusão do preço do Barril de Petróleo tipo WTI. Nota-se que há pouca variação do poder do coeficiente de explicação do modelo da Exxon, ao comparar-se o R<sup>2</sup> ajustado de 49,4%, no período de 2015 a 2021, com 1572 observações e de 53,5%, no período de 2010 a 2021, com 2830 observações.

## 5 Considerações Finais

Esta pesquisa teve como objetivo averiguar se a particularidade do alto poder de explicação da variabilidade do retorno das ações ordinárias da Petrobras pela variabilidade do retorno da carteira de mercado do Ibovespa (B3) segue um padrão semelhante às empresas

petrolíferas de outros países. Isso se deve ao fato de que a análise do cenário brasileiro apresenta nível de explicação do retorno da carteira de mercado superior a 50%.

Neste contexto, devido a variável em questão ser o mercado, inicialmente optou-se pelo CAPM. Este modelo de um fator que explica o comportamento da variabilidade do retorno da ação objeto pela variabilidade do retorno da carteira de mercado,  $\epsilon$  é representado por meio da equação da reta de regressão linear. O modelo demonstrou-se adequado para análise das petrolíferas, visto capturar parcialmente o impacto de variáveis representativas de riscos sistêmicos no retorno da carteira de ações das empresas selecionadas.

O modelo apresentou *p-value* inferior a cinco em todos os cenários analisados, o que garante sua adequada manutenção sendo, estatisticamente significativo. O Coeficiente de Explicação Ajustado ( $R^2$ ) demonstra, de forma estatisticamente significativa, que a relação entre os retornos das carteiras, para as empresas petrolíferas analisadas, ocorre de forma parcialmente semelhante ao cenário brasileiro, pelo fato de que nem todas as empresas apresentaram resultados superiores aos 50% destacados como objetivo principal desta pesquisa.

As análises foram efetuadas, inicialmente, em três períodos. O primeiro período considerou o intervalo entre janeiro de 2015 a março de 2021 (integral), o segundo de janeiro de 2015 a dezembro de 2019 (*ex-ante*) e o terceiro de janeiro de 2020 a março de 2021 (*ex-post*).

O período *ex-ante* apresentou resultados que refletiam uma redução da atividade econômica mundial, impactados, principalmente, pela guerra comercial entre os Estados Unidos e a China, pela disputa de mercado por meio da redução de preços do barril de petróleo tipo *Brent* entre Rússia e Arábia Saudita (OPEP), pelo excesso de estoque de petróleo devido ao aumento da produção dos Estados Unidos (tipo *WTI*), entre outros fatores.

Já para o período *ex-post*, ao contrário do que intuitivamente se esperava, o modelo apresentou coeficientes de explicação ( $R^2$  ajustado) maiores para grande parte das empresas, quando comparado ao período *ex-ante*. Para uma melhor observação, foi necessário dividir os períodos em trimestres incluindo o último de 2019 e o primeiro e segundo de 2020. Optou-se, então, pela análise destes trimestres relevantes, devido à deflagração da Pandemia Covid-19 pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em março de 2020.

Os resultados obtidos com a segregação evidenciaram que a relação entre os retornos das carteiras pode se alterar significativamente entre períodos, dependendo do impacto dos riscos sistêmicos na atividade econômica. Este fato pode estar relacionado, em princípio, à crise gerada pelo fator inesperado Covid-19. Neste sentido, o modelo não apresentou comportamento semelhante ao da crise decorrente de cenário econômico adverso, quando o mercado já espera o impacto de eventuais mudanças dos fundamentos de economias relevantes, tais como a americana e a chinesa.

Esta alteração pode ser observada, por exemplo, ao analisar a relação do retorno de mercado da B3 e o retorno das ações da Petrobras, que apresentaram um  $R^2$  ajustado de 45,5% no 4º trimestre de 2019, de 84,9% e 58,6% no primeiro e segundo trimestre de 2020, respectivamente. Estes números destacam a relevância da petrolífera brasileira e o impacto da Covid-19 no poder de explicação do modelo no segundo trimestre de 2020, que sofreu redução de 26,3%. Comportamento semelhante é percebido nas demais petrolíferas analisadas, já que as variações no respectivo período, em sua maioria, sofreram redução dos coeficientes de explicação ( $R^2$  ajustado).

Esta redução é resultante da implantação de medidas restritivas, na tentativa de contenção e de eliminação do vírus SARS-CoV-2, que causaram forte impacto na atividade econômica mundial, já que reduziram a circulação de pessoas, diminuíram o consumo de vários produtos e serviços e, conseqüentemente, aumentaram o desemprego e afetaram o faturamento das empresas petrolíferas, uma vez que as empresas e pessoas passaram a consumir menos combustível na produção, circulação e transporte.

Em outro exemplo, pode-se citar a empresa Exxon (EUA), que apresentou comportamento semelhante ao cenário brasileiro, com 32,6% do  $R^2$  ajustado para o 4º trimestre de 2019 e, posteriormente, de 77,7% e 59,9% para o primeiro e segundo trimestres de 2020, respectivamente, configurando uma redução de 17,8% no segundo trimestre de 2020. O conjunto de dados analisados, para todas as petrolíferas, em todo o período, foi superior a 1.500 observações por empresa.

Considerando a posição privilegiada do setor de combustíveis para a movimentação do nível de atividade econômica dos países, o resultado desta pesquisa confirmou que a particularidade do cenário brasileiro em relação ao alto nível de explicação do retorno da carteira de mercado superior a 50% também pode ser observada em outros países.

Esta similaridade mostrou-se ainda mais próxima ou equivalente no primeiro trimestre de 2020, no qual se observa que o coeficiente de explicação do modelo ( $R^2$  ajustado) ficou superior a 70% (Petrobras em 85%), exceto para a petrolífera chinesa Sinopec (39,3%), país que se encontrava em início de recuperação da atividade econômica atendendo às demandas internas.

Adicionalmente, esta pesquisa optou por avaliar a inclusão de outros fatores que, intuitivamente, poderiam contribuir para a melhorar o poder do coeficiente de explicação do modelo, alternando o modelo unifatorial para um modelo multifatorial, utilizando os conceitos e técnicas da APT. A inclusão foi feita considerando as petrolíferas Petrobras e Exxon. No caso da Petrobras, foram incluídos o preço do barril de petróleo tipo Brent e a taxa do dólar, enquanto que para a americana, apenas o preço do barril de petróleo tipo WTI. Em ambos, no entanto, não houve melhoria do poder de explicação.

Desta forma, conclui-se que a expectativa intuitiva de que o alto poder de explicação da variabilidade do retorno das ações ordinárias da Petrobras pela variabilidade do retorno da carteira de mercado do Ibovespa (B3) ocorra de maneira semelhante em empresas petrolíferas de outros países.

Independentemente do cenário, há uma relação de relevância estatística entre a variabilidade do retorno da carteira e a variabilidade do retorno da ação. Esta pesquisa observou que o Coeficiente de Explicação tende a captar de forma mais significativa os efeitos de crises que advêm de contextos econômicos locais e impactos para a economia mundial, a exemplo de eventual redução no nível do produto interno bruto de países como os Estados Unidos ou a China. Já para evento inesperado, a exemplo da Covid-19, o modelo, em princípio, não apresentou igual resultado, o que pôde ser observado nas análises trimestrais.

Como recomendações para pesquisas futuras, para avaliação do poder preditivo do modelo, esta pesquisa sugere que sejam efetuados estudos em cenários de crise e de crescimento econômico, de forma distinta, de modo a averiguar o poder preditivo do modelo e trazer maior elucidação a eventos que possam impactar fortemente a atividade econômica mundial.

Por fim, é importante ressaltar que este estudo deve ser considerado como uma análise inicial e os resultados não podem ser tomados como padrão para todas as petrolíferas no mundo. Estudos mais abrangentes são necessários, inclusive, com a inclusão de outros fatores de explicação ao modelo.

## Referências

Berry, K.; Hasan, T., & O'Bryan, D. (1997). The value-relevance of reserve quantity disclosures conditioned on primary financial statement information. *Journal of Energy Finance & Development*, 2, 249-260.

- Black, F.; Jensen, M., & Scholes, M. (1972) The capital asset pricing model: some empirical testes. In: Jensen, M. C. (Org.). *Studies in the Theory of Capital Markets*, New York: Praeger.
- Bruni, A. L., & Fama, R. (1998). Eficiência, previsibilidade dos preços e anomalias em mercados de capitais: teoria e evidências. *Caderno de Pesquisas em Administração*, v. 1, n. 7, p. 71-85.
- Carhart, M. M. (1997). On persistence in mutual fund performance. *Journal of Finance*, Chicago, American Finance Association, v. 52, n. 1, p.57-82.
- Damodaran, A. (2004). *Finanças corporativas: teoria e prática*. 2a. ed. Porto Alegre: Bookman.
- Domingues, J. C. A., Ribeiro, E. M. S. (2016). A relevância das informações contábeis e suplementares na avaliação de petrolíferas mundiais. *Revista Base (Administração e Contabilidade) da UNISINOS*, 13, 122-137.
- Exame. (2018). *As 15 maiores do setor de petróleo do mundo; Petrobras está na lista*. Recuperado em <https://exame.com/mercados/as-15-maiores-do-setor-de-petroleo-do-mundo-petrobras-esta-na-lista/>.
- Fama, E. F., & Malkiel, B. G. (1970). Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. *The journal of Finance*, v. 25, n. 2, p. 383-417.
- Fama, E. F., & Macbeth, J. D. (1973). Risk, return and equilibrium: empirical testes. *Journal of Political Economy*, Chicago, The University of Chicago Press, v. 81, n. 3, p. 607- 636.
- Fama, E. F., & French, K. (1992). The cross-section of expected stock returns. *Journal of Finance*, Chicago, American Finance Association, v. 47, n. 2, p. 427-465.
- Fama, E. F., & French, K. (1993). Common risk factors in the returns on stocks and bonds. *Journal of Financial Economics*, v. 33, n. 1, p. 3-56.
- Fama, E. F., & French, K. (1996). Multifactor explanation of asset pricing anomalies. *Journal of Finance*, v. 56, n. 1, p. 55-84.
- Fama, E. F., & French, K. (2004). The capital asset pricing model: theory and evidence. *Journal of Economic Perspectives*, v. 18, n. 3, p. 25-46.
- Fama, E. F., & French, K. R. (2015). A five-factor asset pricing model. *Journal of Financial Economics*, v. 116, n. 1, p. 1-22.
- Forbes (2019). *Petrobras é a 10a maior petroleira do mundo em 2018*. (2019). Recuperado em <https://forbes.com.br/negocios/2019/05/petrobras-e-a-10a-maior-petroleira-do-mundo-em-2018/>.
- Fortune. (n.d). *Pesquisa por setor*. Recuperado em <https://fortune.com/fortune500/2020/search/>.
- Gitman, L. (2010). *Princípios de Administração Financeira*. 10a. ed. São Paulo: Harbra.
- Harris, T. S., Ohlson J. A. (1987). Accounting disclosures and the market's valuation of oil and gas properties. *The Accounting Review*. n. 4, p. 651-670. oct.
- Klare, M. T. (2008). *Planeta sediento, recursos menguantes: La Nueva Geopolítica de la Energía*. Ediciones Urano. Barcelona.
- Lakonishok, J., & Shapiro, A. (1986). C. Systematic risk, total risk and size as determinants of stock market returns. *Journal of Banking and Finance*, v. 10, n. 1, p. 115-132.

- Lintner, J. (1965). The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. *Review of Economics and Statistics*, 47, 1, p. 13-37.
- Markowitz, H. M. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, v. VII, n. 1, mar.
- Mossin, J.(1966). Equilibrium in a capital asset market. *Econometrica*, 34, 4, p.768-783. 1966.
- Organización Mundial del Comercio (OMC). Estadísticas: Estadísticas del Comercio Internacional, 2014. *El comercio y las cadenas de valor mundiales*. Recuperado em <[https://www.wto.org/spanish/res\\_s/statis\\_s/its2014\\_s/its14\\_trade\\_value\\_s.htm](https://www.wto.org/spanish/res_s/statis_s/its2014_s/its14_trade_value_s.htm)>.
- Reuters (31/12/2019). *Como se desenrolou a pandemia global de coronavirus*. Compilado por Tiffany Wu e Leela de Kretser; Edição de Daniel Wallis em set., 2020. Recuperado em <<https://www.reuters.com/article/health-coronavirus-timeline-idINKBN26K09Z>>.
- Ross, S. A. (1976). The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing. *Journal of Economic Theory* n. 13, p. 341-360.
- Ross, S. A., Westerfield, R. W., Jaffe, J., & Lamb, R. (2015). *Administração Financeira (Version Corporate Finance – 10th edition)*. MC.
- Santos, J. O. (2019). *Valuation – Um Guia Prático*. 2a. ed. São Paulo: Ed. Saraiva.
- Santos, M. I. C.; & Silva, M. S. (2009). Teoria de precificação por arbitragem: um estudo empírico no setor bancário brasileiro. *Enfoque: Reflexão Contábil*. v. 28, n. 1, p. 70-82.
- Sharpe, W. F. (1964). Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. *Journal of Finance*, Oxford, UK, v.19, n.3, p. 425-442, sept.
- Silva, R. C., & Santos, O. M. (2019). Influência das oscilações do preço do barril de petróleo nas informações contábeis das empresas petrolíferas. *Revista Contabilidade Vista & Revista, ISSN 0103-734X*, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, v. 30, n. 3, p. 1-17, set./dez.
- Tobin, J. (1958). Liquidity preference as behavior toward risk. *The Review of Economic Studies*, Stockholm. Oxford University Press. v. 25, n. 2, p. 65-86.