

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**  
**CENTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISAS EM**  
**CONTROLADORIA E CONTABILIDADE**

**JUCÉLLIA PAULISTA DE ALMEIDA ROMUALDO**

**INFORMAÇÕES DE CARBONO IMPORTAM? SINALIZAÇÃO,  
REGULAMENTAÇÃO AMBIENTAL E RETORNO AÇIONÁRIO**

**BELO HORIZONTE**

**2025**

**JUCÉLLIA PAULISTA DE ALMEIDA ROMUALDO**

**INFORMAÇÕES DE CARBONO IMPORTAM? SINALIZAÇÃO,  
REGULAMENTAÇÃO AMBIENTAL E RETORNO ACIONÁRIO**

Dissertação apresentada ao Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Controladoria e Contabilidade da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Controladoria e Contabilidade.

Área de Concentração: Contabilidade Financeira

Orientador: Prof. Bruna Camargos Avelino

**BELO HORIZONTE**

**2025**

### Ficha Catalográfica

R767i Romualdo, Jucélia Paulista de Almeida.  
2025 Informações de carbono importam? Sinalização,  
regulamentação ambiental e retorno acionário [manuscrito]/  
Jucélia Paulista de Almeida Romualdo. – 2025.  
1 v.: il.

Orientador: Bruna Camargos Avelino.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas  
Gerais, Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Controladoria  
e Contabilidade.  
Inclui bibliografia.

1. Carbono – Teses. 2. Ações (Finanças) - Aspectos  
ambientais- Teses. 3. Contabilidade – Teses. I. Avelino,  
Bruna Camargos. II. Universidade Federal de Minas Gerais.  
Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Controladoria e  
Contabilidade. III. Título.

CDD: 657.9



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONTROLADORIA E CONTABILIDADE

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Informações de Carbono Importam? Sinalização, Regulamentação Ambiental e Retorno Acionário**

**JUCÉLLIA PAULISTA DE ALMEIDA ROMUALDO**

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia quatorze de abril de dois mil e vinte e cinco, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Controladoria e Contabilidade da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes professores:

**Bruna Camargos Avelino - Orientadora**

UFMG

**Samuel de Oliveira Durso**

UFMG

**Talles Viana Brugni**

FUCAPE

**Juliana Costa Ribeiro Prates**

UFRRJ

Belo Horizonte, 14 de abril de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Bruna Camargos Avelino, Professora do Magistério Superior**, em 15/04/2025, às 08:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

Documento assinado eletronicamente por **Talles Vianna Brugni, Usuário Externo**, em



15/04/2025, às 09:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Samuel de Oliveira Durso, Professor do Magistério Superior**, em 15/04/2025, às 09:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Juliana Costa Ribeiro Prates, Usuário Externo**, em 15/04/2025, às 09:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4045759** e o código CRC **85F8A7C7**.

---

*Aos meus amados: Conceição, Milton,  
Helton e Victor Hugo*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que guia os meus caminhos, com sua natureza cheia de mistérios.

Sou grata pela oportunidade de estudar em uma universidade pública e renomada como a UFMG. A educação transformou minha vida em vários aspectos e rompeu um ciclo familiar marcado por baixa escolaridade. Meus pais não tiveram oportunidade semelhante. No período do mestrado eu tive a honra de ser nomeada contadora nessa universidade.

Esse percurso foi marcado por bastantes desafios. Uma frase que me representa é: “se quiser ver o arco íris, tem que aguentar a chuva”, do filme “A culpa é das estrelas”. A chuva, embora indispensável à vida, às vezes é intensa e deixa marcas, mas também revela o arco-íris como sinal de beleza e superação. Aprofundar conhecimentos requer bastante esforço, sobretudo quando concorrente com outras tarefas importantes da vida e em tempos de Modernidade Líquida, como discute Zygmunt Bauman (1925-2017), em que predomina a superficialidade das relações e do próprio conhecimento. Contudo, com o apoio de muitas pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, foi possível concluir esta etapa. Portanto, cabe mencionar algumas delas.

À minha orientadora, Dra. Bruna Camargos Avelino, expresso profunda gratidão pelos ensinamentos, apoio, compreensão e disponibilidade. Sua orientação, conduzida com leveza e acolhimento, foi essencial, principalmente nos momentos mais difíceis.

Aos professores, membros da banca, Dra. Juliana Costa Ribeiro Prates, Dr. Samuel de Oliveira Durso e Dr. Talles Viana Brugni, agradeço pelas contribuições valiosas, que foram fundamentais para o aprimoramento desta pesquisa.

À equipe do programa CEPCON, sou grata pelos conhecimentos compartilhados e pelas experiências vivenciadas ao longo do curso. Tive, também, um crescimento pessoal significativo. Durante muito tempo, a timidez me acompanhou, mas, com tantas apresentações nas aulas, posso dizer que foi, em grande parte, superada.

À equipe da Sitawi – Programa de Bolsas Carrefour, agradeço pelo apoio financeiro, fundamental para os custeios envolvidos nesta jornada.

Aos meus colegas e amigos, em especial às minhas amigas Anna Thereza, Luciana Bispo, Alessandra Martins, sou imensamente grata pelo companheirismo, pelas experiências e pelos conhecimentos compartilhados, e por me ouvirem nos momentos de exaustão e incerteza. Com a presença de vocês, essa jornada se tornou mais leve.

Aos meus familiares que, mesmos distantes pela rotina, agradeço pela compreensão diante das prioridades que assumi nesse período. Em especial, agradeço à minha mãe, Conceição, que teve uma resiliência incrível para criar e educar os filhos na ausência de meu pai, Milton (*in memoriam*). Sempre acreditou que a educação era o melhor caminho, nos incentivando e acolhendo com carinho e amor.

Finalizo com o meu agradecimento mais especial ao meu esposo Helton, e ao nosso filho, Victor Hugo. Helton, você foi meu maior apoio durante este percurso, deu-me força em todos os momentos e acreditou em mim quando eu mesma duvidava. Juntos, revezamos os cuidados com o Victor para que ambos pudéssemos estudar. Obrigada por sua parceria. Victor Hugo, mesmo tão pequeno e sem compreender o que se passava, nos trouxe serenidade e alegria com seus sorrisos.

## RESUMO

Este estudo investigou a relação entre as emissões de carbono e o retorno acionário no mercado brasileiro, utilizando uma amostra de 87 empresas, financeiras e não financeiras da B3, no período de 2014 a 2022. Foram aplicadas regressões para dados em painel, com efeitos fixos de tempo de setor para controle da heterogeneidade entre os grupos de empresas. A literatura internacional elenca evidências consistentes de que o mercado exige um prêmio de carbono pela exposição ao risco de carbono resultante das incertezas relacionadas a uma possível transição desordenada do uso de fontes de energia fósseis para energias renováveis. A literatura nacional, ainda embrionária, não identificou relações significativas nas análises carbono-retorno, ao analisar retornos anormais relacionados ao índice ICO2 e em análises das emissões de carbono por escopo. Esta pesquisa apresenta um novo recorte temporal e métodos estatísticos ainda não explorados. Os resultados evidenciaram que há uma relação inversamente proporcional entre o total das emissões de carbono e o retorno acionário, e essa relação oscila na presença de sinalizações das empresas, políticas e regulamentos que ameaçam ser severos, de modo que o risco de carbono se concretize. Essa relação não foi identificada nas investigações por escopo, nas emissões por unidade de receitas ou na variação das emissões, tal como as evidências já presentes na literatura nacional, demonstrando uma análise do mercado na perspectiva do curto prazo e ainda em estágio de evolução. Este estudo contribui para a literatura ao documentar a posição do mercado brasileiro frente à sustentabilidade ambiental.

**Palavras-chave: Carbono, Retorno acionário, Teoria da Sinalização, Políticas e Regulamentações Ambientais.**

## ABSTRACT

This study investigated the relationship between carbon emissions and stock returns in the Brazilian market, using a sample of 87 financial and non-financial companies listed on B3 from 2014 to 2022. Panel data regressions were applied, with fixed time and sector effects to control for heterogeneity among company groups. The international literature presents consistent evidence that the market demands a carbon premium due to exposure to carbon risk, which arises from uncertainties related to a potential disorderly transition from fossil fuel sources to renewable energy. The national literature, still in its early stages, has not identified significant relationships in carbon-return analyses when examining abnormal returns related in the ICO2 index and carbon emissions by scope. This research introduces a new temporal framework and statistical methods not yet explored, applying various tests in the sample. The results indicate an inversely proportional relationship between total carbon emissions and stock returns, with this relationship fluctuating in response to corporate signals, policies, and regulations that threaten to be severe, leading to the materialization of carbon risk. This relationship was not identified in scope-specific analyses, emissions per unit of revenue, or emissions variation, aligning with the existing evidence in the national literature. This finding suggests a short-term market perspective that remains in an evolutionary stage. This study contributes to the literature by documenting the stance of the Brazilian market on environmental sustainability.

**Keywords:** Carbon, Stock Return, Stock Return, Signaling Theory, Environmental Policies and Regulations

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Box Plot de variáveis – com <i>outliers</i> .....	55
---	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Evidências da relação Carbono-Retorno - Estudos Nacionais .....	27
Tabela 2: Evidências da relação Carbono-Retorno - Estudos Internacionais.....	28
Tabela 3: Atividades Econômicas Potencialmente Poluidoras - Lei n. 10.165/2000.....	40
Tabela 4: Definição da Amostra.....	44
Tabela 5: Composição da amostra e observações por ano e setor econômico .....	44
Tabela 6: Descrição das variáveis .....	46
Tabela 7: Equações.....	48
Tabela 8: Correlação dos objetivos específicos e procedimentos metodológicos.....	50
Tabela 9: Matriz de Correlação de Pearson.....	53
Tabela 10: Estatística Descritiva com <i>outliers</i> .....	54
Tabela 11: Estatística Descritiva sem <i>outliers</i> .....	56
Tabela 12: Emissões médias de carbono durante o período 2014 a 2022 .....	57
Tabela 13: Emissões médias de carbono durante o período 2014 a 2022 por setor econômico .....	58
Tabela 14: Emissões Totais de Carbono por nível de poluição – Lei 10.165/2000 .....	59
Tabela 15: Emissões de Carbono Estimadas e Reportadas .....	60
Tabela 16: Regressões comparativas - emissões de CO2 reportadas x estimadas .....	61
Tabela 17: Regressões - nível total de emissões, variações ano a ano, emissões por escopo e emissões por unidade de vendas.....	63
Tabela 18: Regressão Níveis de Poluição Lei n. 10.165 de 2000 .....	69
Tabela 19: Regressões individualizadas - Lei 10.165 de 2000.....	71
Tabela 20: Emissões médias de carbono por setor pré e pós 2015 - em toneladas .....	74
Tabela 21: Emissões médias de carbono por setor pré e pós 2015 - em toneladas - empresas que divulgaram emissões em todo o período de 2014 a 2022.....	75
Tabela 22: Resultados da regressão - Acordo de Paris.....	76
Tabela 23: Resultados da regressão - Acordo de Paris - Painel Balanceado 2014-2022 .....	77
Tabela 24: Resultados da regressão - Renovabio .....	79

## LISTA DE ABREVIATURAS

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

BGS - Brown-Green-Score

CAPEX - Capital Expenditures

CAPM - Capital Asset Pricing Model

CDP - Carbon Disclosure Project

CNPE - Conselho Nacional de Política Energética

CNPE - Conselho Nacional de Política Energética

COPs - Conferência das Partes

ECMWF - European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

ESG - Environmental, Social, and Governance

GEE - Gases de Efeito Estufa

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IFRS - International Financial Reporting Standards Foundation

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

ISE - Índice de Sustentabilidade Empresarial

ISSB - International Sustainability Standards Board

NDC - Contribuições Nacionalmente Determinadas

ONU - Organização das Nações Unidas

PIB - Produto Interno Bruto

ROE - Retorno sobre o Patrimônio Líquido

UNFCCC - Comitê Intergovernamental de Negociação para a Convenção-Quadro das Nações

Unidas sobre a Mudança do Clima

WBCSD - World Business Council for Sustainable Development

WRI - World Resources Institute

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Contextualização	14
1.2 Objetivos	18
1.2.1 Objetivo Geral	18
1.2.2 Objetivos Específicos	19
1.3 Justificativa e Contribuições	19
2. REFERENCIAL TEÓRICO E DESENVOLVIMENTO DAS HIPÓTESES	22
2.1 Teoria da Sinalização	22
2.2 Evidências sobre as emissões de Carbono e Retorno das Ações	25
2.3 Legislações e regulamentações ambientais	37
3. METODOLOGIA	43
3.1 Tipo de pesquisa	43
3.2 Amostra e Fonte dos Dados	44
3.3 Variáveis Analisadas	45
3.4 Método Estatístico	47
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
4.1 Estatísticas Descritivas	52
4.2 Evidências da Teoria da Sinalização	59
4.3 Primeira hipótese – Emissões de carbono e o retorno acionário	63
4.4 Segunda hipótese – O efeito das políticas e regulamentações de carbono nos retornos acionários	74
5. CONCLUSÕES	82
REFERÊNCIAS	85

## 1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo, apresenta-se o panorama da intensificação das questões climáticas que, associado às políticas globais de descarbonização, se tornou uma questão relevante para o ambiente organizacional, influenciando as estratégias empresariais em um contexto globalizado, mas em consonância com as peculiaridades de cada país. A contextualização do problema desta pesquisa emerge da relação entre as emissões de carbono pelas empresas e o retorno das ações, uma dinâmica em processo de transformação à medida que os marcos regulatórios têm moldado a agenda ambiental. Na sequência, é apresentado o estágio atual da literatura, nacional e internacional, de modo a estabelecer o problema de pesquisa, os objetivos, as justificativas e as contribuições deste estudo. Por fim, descreve-se brevemente a metodologia utilizada e os principais resultados alcançados.

### 1.1 Contextualização

A Revolução Industrial promoveu expressivo crescimento econômico e intensificou o uso dos recursos naturais, suscitando a necessidade de diretrizes para a sua preservação. Nesse sentido, a cooperação entre países para estabelecer critérios e princípios comuns para a conservação da natureza ocorreu especialmente a partir da convenção seminal de Estocolmo, em 1972. Posteriormente, em 1987, o relatório Brundtland, “Nosso Futuro Comum”, elaborado pela Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento consolidou o conceito de desenvolvimento sustentável como o uso equilibrado dos recursos naturais em benefício das gerações presentes e futuras. Desde então, outras conferências internacionais têm sido realizadas, resultando em metas importantes assumidas pelos governos por meio de acordos internacionais, com intermediação da Organização das Nações Unidas (ONU), que é uma das protagonistas nos debates entre os líderes das nações (Nossa et al., 2017).

Dentre os eventos de ordem climática, destaca-se a Conferência das Partes (COPs). Esta é uma convenção anual da ONU, iniciada em 1995, promovida pelo Comitê Intergovernamental de Negociação para a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC), que reúne os países membros (Lamenza et al., 2017). Uma das convenções com reflexos significativos ocorrida nos últimos anos foi a COP21, que culminou no Acordo de Paris. No contexto brasileiro, segundo o Ministério do Meio Ambiente (2020), tal acordo, realizado em 2015, com ratificações nos anos seguintes pelo Brasil, trouxe metas de

descarbonização documentadas nas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC) e aprovadas pelo Congresso Nacional em setembro de 2016.

Outra atuação do governo brasileiro no processo de descarbonização, diretamente associada às empresas, foi a implementação da política nacional de biocombustíveis, por meio da Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, intitulada de *RenovaBio*. Os desdobramentos dessa lei resultaram na instituição de comitês de regulação e na definição de metas anuais, individuais e compulsórias para a redução de emissões de gases de efeito estufa por empresas que atuam na comercialização de combustíveis (Brasil, 2017b; Lazaro & Thomaz, 2021). Assim, essas medidas são iniciativas políticas para mitigar os impactos ambientais, monitorados principalmente por meio da variação da temperatura média global, um fator que desencadeia outros processos de degradação ambiental, como as queimadas frequentes e a redução dos estoques de matéria orgânica, que levam à liberação de carbono na atmosfera (*Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC, 2022*).

A temperatura média global, em 2023, se aproximou do limite de aumento de 1,5° graus Celsius por década, estabelecido pelo Acordo de Paris em 2015, conforme apontado pela *World Meteorological Organization* (2024). Esse dado evidencia a magnitude dos problemas ambientais enfrentados pela sociedade contemporânea. Jung et al. (2014) destacam que a inação no combate às alterações climáticas pode acarretar um custo social significativamente maior, estimado entre 5% e 20% do PIB global, em comparação com o custo de reestruturação das práticas insustentáveis de obtenção de energias e exploração das atividades econômicas. Bounou e Yatié (2022) documentam que os riscos físicos, tais como as cheias, as secas, as precipitações extremas e o aquecimento global afetam os ativos produtivos das empresas e, conseqüentemente, o desempenho delas. Nessas circunstâncias, uma questão central dos riscos climáticos surge da maneira com que as ações necessárias de mitigação desses riscos serão individualizadas e percebidas pelos investidores, analistas de mercado, seja pela consciência de carbono ou pelo risco inerente.

É nesse contexto que as questões climáticas emergem como uma prioridade crescente para as empresas, à medida que os problemas ambientais têm se intensificado ao longo dos anos e políticas globais são implementadas para enfrentá-los, impactando diretamente as estratégias empresariais (Paglia, 2021; Bolton & Kacperczyk, 2021, 2023). Assim, considerando que as discussões nas conferências climáticas internacionais resultam em acordos entre países

refletidos em metas governamentais, é esperado que essas políticas influenciem a relação entre as empresas e seus *stakeholders*. Nesse sentido, a literatura internacional já documentou relações significativas entre as emissões de carbono e o retorno das ações, evidenciando que o mercado já precifica as informações disponíveis sobre emissões de carbono (e.g. Garvey et al., 2018; Bounou & Yatié, 2022; Bolton & Kacperczyk, 2021, 2023).

Na pesquisa de Bolton e Kacperczyk (2023), por exemplo, eles desenvolveram um estudo global em que encontraram um prêmio de risco associado à transição de fontes de energias fósseis para energias limpas pelas empresas. Esses autores identificaram que as emissões de carbono afetaram as decisões de investimento na Ásia, Europa e América do Norte, com variações temporais, geográficas e de níveis socioeconômicos, diante do risco envolvido dos países adotarem políticas ambientais mais severas.

A literatura nacional (e.g. Barbosa et al., 2013; Souza et al., 2018; Lazaro & Thomaz, 2021; Prates et al., 2021; Moutinho & Silva, 2024; Santos et al., 2024) tem avançado nas discussões da relação entre as emissões de carbono e o mercado. Recentemente, Moutinho e Silva (2024) publicaram um estudo em que analisaram a relação entre o reporte de carbono por escopo e o retorno acionário de 86 empresas brasileiras, no período de 2010 a 2022. Essa pesquisa evidenciou que o retorno das ações não reflete as emissões de carbono por escopo no mercado brasileiro.

É relevante destacar que o *disclosure* das emissões de carbono no Brasil ainda é voluntário para a maioria dos setores. E essa discricionariedade abre margem para que as empresas divulguem tais informações de acordo com a oportunidade e a conveniência. Assim, essa conduta pode resultar no gerenciamento das informações divulgadas, o que pode influenciar o mercado, sob a ótica da teoria da Sinalização. A Teoria da Sinalização, conforme Prates et al. (2021), preconiza que empresas divulgam suas melhores informações, diante da assimetria informacional, para influenciar a percepção do mercado.

Por outro lado, as empresas do setor de combustíveis são obrigadas a cumprir metas anuais de redução de carbono no Brasil, conforme a Lei 13.576/17. Essas metas de descarbonização são estabelecidas pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), segundo determinação do Ministério de Minas e Energia (2023), com previsão de penalizações para as empresas que não as cumprirem. Um dos principais objetivos da legislação é descarbonizar por meio da

expansão da produção de biocombustíveis. Para isso, as empresas podem alcançar suas respectivas metas por meio da redução de carbono, aumentando a eficiência energética, produção ou aquisição de biocombustíveis, ou ainda pela compra de créditos de carbono. Desse modo, o cumprimento dessas metas impostas pode representar passivos, seja remodelando a produção, aumentando a eficiência em carbono ou na aquisição de créditos de carbono. Consequentemente, a relação entre as emissões de carbono e o retorno acionário pode variar significativamente entre os diversos setores da economia.

A partir de 2026, todas as empresas brasileiras serão obrigadas a divulgar suas emissões de carbono. Isso ocorrerá com a adoção, no Brasil, das normas IFRS S1 - Requisitos Gerais de Divulgação de Informações Financeiras Relacionadas à Sustentabilidade e IFRS S2 - Divulgações Relacionadas ao Clima, publicadas pelo *International Sustainability Standards Board* (ISSB). Essas normas também exigem que as empresas forneçam informações financeiras detalhadas sobre os riscos e oportunidades relacionados à sustentabilidade e ao clima que afetam suas operações (Minardi, 2023; ISSB, 2024). Desse modo, conclui-se que os normativos acerca da sustentabilidade ambiental tendem à harmonização internacional, reduzindo-se a assimetria informacional. No entanto, dado o estágio inicial de desenvolvimento da legislação, é possível que os mercados assimilem essas informações de forma heterogênea.

Esta pesquisa difere da literatura preexistente porque introduz uma abordagem metodológica distinta, incluindo novas variáveis no bojo das análises e uma perspectiva teórica. Em primeiro lugar, propõem-se as análises de todas as informações disponíveis de emissões de carbono na base de dados *Refinitiv Eikon*®, considerando que o estudo de Moutinho e Silva (2024) restringiu a amostra aos dados reportados pelas próprias empresas e considerou as emissões de carbono individualizadas por escopo, sem avaliar a relação das emissões totais e as pesquisas internacionais utilizaram outras fontes de dados, com quantitativos médios de emissões de carbono distintos. Em segundo lugar, tendo em vista que os mercados absorvem informações de maneiras diversas e possuem características inerentes a cada país, esta pesquisa adota os cinco fatores de Fama e French como variáveis de controle do retorno acionário (Risco, Tamanho; *Book-to-Market*; Lucratividade e Investimento) e inclui novas variáveis típicas do mercado brasileiro, como a implementação da Renovabio. Conforme Maciel et al. (2021) demonstraram, o modelo de cinco fatores apresenta melhor desempenho na precificação de ativos no mercado brasileiro. E em terceiro plano, utiliza-se a Teoria da Sinalização como pano de fundo das análises das emissões de carbono reportadas pelas empresas. Portanto, os estudos

locais ganham importância à medida que inserem variáveis compatíveis com o contexto no qual estão inseridos.

Diante do exposto, este trabalho busca fornecer evidências empíricas sobre os efeitos das emissões de carbono no retorno das ações, considerando as especificidades do mercado brasileiro, sob a ótica da Teoria da Sinalização, propondo-se a responder à seguinte questão de pesquisa: **Qual é a relação entre as emissões de carbono e o retorno das ações das empresas brasileiras listadas na Brasil, Bolsa, Balcão (B3)?** Para a consecução desta pesquisa, analisou-se os dados de 87 empresas, por meio de regressões para dados em painel com efeitos fixos de tempo e setor, compreendendo o período de 2014 a 2022. Destaca-se que o período de 2023 não foi utilizado, pois, na data de coleta dos dados para esta pesquisa, havia poucas informações disponíveis das emissões de carbono na plataforma utilizada.

Os resultados deste estudo indicam que o mercado brasileiro penaliza os retornos acionários de empresas com níveis elevados de poluição em uma perspectiva de curto prazo, moderadamente. No entanto, considera a heterogeneidade entre as classes de empresas mais e menos poluentes. Ainda, essa relação aparece somente na análise das emissões totais. O escopo 3 é o único que apresenta uma relação estatisticamente significativa, mas fraca. Não foram encontradas evidências significativas para as variações das emissões de carbono ou eficiência de carbono, que representa a quantidade de carbono utilizada para a geração de receitas, ou seja, por unidade de vendas. Esse resultado sugere que o mercado brasileiro não avalia, no longo prazo, as informações disponíveis sobre carbono, permanecendo suscetível às sinalizações das empresas. Adicionalmente, foram encontradas evidências empíricas de que o investidor é influenciado pelas políticas e regulamentações de carbono. Entretanto, essa percepção não se mantém no longo prazo.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral desta pesquisa é investigar a relação entre as emissões de carbono das empresas listadas na B3 e o retorno acionário dessas entidades.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

São propostos os seguintes objetivos específicos para a condução desta pesquisa:

1. Investigar, de forma independente, a relação entre as emissões de carbono, totais, por unidade de vendas, variações anuais e por escopos, das empresas brasileiras e o retorno de suas ações, sob a perspectiva da Teoria da Sinalização;
2. Analisar a influência do nível de poluição no retorno das ações, por meio da segregação da amostra em grupos de empresas, conforme a classificação do nível de poluição estabelecido pela Lei 10.165, de 27 de dezembro de 2000.
3. Analisar a influência do Acordo de Paris no retorno acionário.
4. Analisar a influência da Renovabio no retorno acionário.

### 1.3 Justificativa e Contribuições

Esta pesquisa se justifica pela relevância do processo de descarbonização no contexto da sustentabilidade ambiental e pela sua contribuição em termos teóricos e práticos. Sob as lentes da Teoria da Sinalização, este estudo agrega evidências acerca dos fenômenos relacionados à divulgação das emissões de gases de efeito estufa, com foco no carbono e precificação de ativos, além de levantar informações quantitativas que podem subsidiar estratégias de mitigação dos impactos ambientais associados a essas emissões.

Destaca-se que os problemas climáticos não são mais uma preocupação exclusiva das gerações futuras, mas sim uma questão urgente para a geração atual. Essa constatação se dá a partir das projeções sobre o aumento da temperatura global monitorada por entidades como o IPCC e o *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) e pelas consequências ambientais mencionadas por essas entidades e já observadas (IPCC, 2022; ECMWF, 2023).

Outro aspecto relevante que reforça a emergência do tema é a persistência da temática sobre sustentabilidade ambiental no cenário mundial. A *International Financial Reporting Standards Foundation* (IFRS) emitiu, em junho de 2023, os primeiros padrões de relatórios de sustentabilidade ambiental (IFRS S1 e IFRS S2), visando proporcionar maior transparência, capacidade informacional e comparabilidade das informações sobre sustentabilidade, bem como os riscos e oportunidades especificamente ambientais. A necessidade dessa padronização

sinaliza que ainda existem divergências nas divulgações sobre sustentabilidade ambiental (Minardi, 2023; ISSB, 2024), apresentando-se como uma lacuna para análise a partir da Teoria da Sinalização.

Souza (2016) menciona que os riscos advindos das mudanças climáticas exigem celeridade nas ações, iniciativas e estratégias, bem como na alocação de recursos tanto por parte dos governos quanto das empresas para combatê-los. De acordo com o autor, os impactos decorrentes desse fenômeno, já evidentes em diversos países, são graves e possuem efeitos econômicos e sociais ainda não totalmente mensurados. Na visão de Jung et al. (2014), caso não haja interferência no *modus operandi* das atividades antrópicas, o custo social dessa decisão pode chegar a 20% do PIB global.

Nesse contexto, o desafio reside na conciliação de interesses diversos (indivíduos, governos, empresas). Para as empresas, a descarbonização vai de encontro a um de seus principais objetivos, a geração de valor econômico, pois implica revisão de processos operacionais que visem a redução das emissões de carbono. Todavia, a individualização às entidades dos riscos e prejuízos decorrentes dos impactos ambientais, como aqueles estimados por Jung et al. (2014), ainda não é muito clara.

Destaca-se que as organizações são pressionadas por diferentes partes interessadas, como governos, clientes e investidores, a se tornarem mais sustentáveis. Dessa forma, pesquisas mais acuradas sobre o tema são essenciais, não apenas para contribuir com a literatura existente, mas também para servir como um termômetro que demonstre as reações geradas pelas movimentações globais no combate às mudanças climáticas e compreensão dos fenômenos.

Observa-se ainda que há inconsistências nos achados na literatura e escassez de pesquisas que exploram a relação entre as emissões de carbono e o retorno acionário no mercado brasileiro. A pesquisa de Moutinho e Silva (2024), por exemplo, utilizou variáveis similares àquelas dos estudos preexistentes internacionais e não encontrou evidências significativas da relação carbono-retorno. Uma ampla literatura, por outro lado, fornece indícios de interações positivas e significativas entre essas emissões de carbono e o mercado, como se verifica nos trabalhos de Jung et al. (2014), Garvey et al. (2018) e Bolton e Kacperczyk (2021, 2023). Já Gørgen et al. (2020) não encontrou indícios de um prêmio de risco de carbono, enquanto Bounou e Yatié (2022) identificaram uma relação negativa entre as emissões de carbono e o retorno das ações.

Ambos utilizaram uma amostra com abrangência internacional. Starks (2023) argumenta que tais incoerências podem advir da complexidade e dos desafios inerentes à mensuração dos impactos ambientais. Nesse sentido, o avanço das pesquisas sobre o tema contribui para a compreensão do fenômeno aqui estudado.

Em suma, esta pesquisa apresenta contribuições acadêmicas, práticas e sociais, ao aprofundar a compreensão da relação entre emissões de carbono e retorno acionário: auxilia os investidores em suas decisões, alinhando-se aos objetivos da contabilidade; subsidia os governos no estabelecimento de políticas públicas para a prevenção e mitigação de danos ambientais, bem como monitoramento e eficácia delas; e oferece evidências empíricas relevantes sobre a descarbonização, ampliando o debate acadêmico e contribuindo para a sociedade ao tratar de um problema social.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO E DESENVOLVIMENTO DAS HIPÓTESES**

Neste capítulo, aborda-se a Teoria da Sinalização, que serviu de base para as análises dos resultados. Na sequência, nos tópicos 2.2 e 2.3, são discutidas as pesquisas nacionais e internacionais que exploram a relação risco-retorno relacionada direta ou indiretamente às emissões de carbono, de modo a fundamentar as hipóteses de pesquisa.

### **2.1 Teoria da Sinalização**

A Teoria da Sinalização cabe sua aplicação em mercados que apresentam assimetria informacional. Ela pode ser compreendida como um mecanismo pelo qual os gestores das empresas regulam a informação divulgada ao mercado. O objetivo é influenciar as decisões dos agentes de mercado, uma vez que os gestores possuem informações mais detalhadas sobre a empresa. Assim, a sinalização funciona como uma espécie de alavanca que os gestores movimentam conforme desejam moldar a percepção do mercado sobre a empresa (Lopes et al., 2017; Prates et al., 2021).

Preliminarmente desenvolvida por Akerlof em 1970, a Teoria da Sinalização representa um importante instrumento de redução de assimetria informacional, atuando como um meio de comunicação entre a empresa e os investidores externos, conforme menciona Prates et al. (2021). Além disso, os autores supracitados argumentam que essas sinalizações também contribuem para a melhoria da credibilidade da empresa, pois ao divulgarem suas informações privilegiadas, elas se tornam mais transparentes. Para Damácio et al. (2010), a Teoria da Sinalização se aplica ao mercado por meio de sinais capazes de alterar crenças, em que os custos de sinalização variam entre as empresas que sinalizam, já que o objetivo é distinguir um produto/serviço ou a empresa em relação aos (às) demais do mercado.

Em linha de raciocínio semelhante, Lopes et al. (2017) relacionam a Teoria da Sinalização à reputação da empresa, destacando que esta pode proporcionar vários benefícios. Os autores citam que a reputação positiva pode melhorar o desempenho empresarial, aumentar o valor agregado e o valor da empresa, além de gerar respostas favoráveis dos investidores. Ademais, esses autores enfatizam que as sinalizações também podem funcionar como uma estratégia eficaz para mitigar conflitos de interesse.

Ainda nessa linha, Prates et al. (2021) realizaram uma pesquisa concentrando suas análises na relação entre o custo de capital e a conscientização sobre carbono. Esta última variável correspondeu a uma *dummy* mensurada a partir das respostas das empresas ao questionário *Carbon Disclosure Project (CDP)*. Os autores constataram que há benefícios na redução do custo de capital para empresas que divulgam seus inventários de carbono, inclusive para aquelas com alto potencial de poluição. Assim, tais resultados permitem inferir que os credores avaliam as informações acerca dos inventários de carbono, corroborando a Teoria da Sinalização. É importante destacar que o conceito de “consciência de carbono” remete a cinco componentes, conforme explica Jung et al. (2014), quais sejam: o conhecimento ambiental, valores ambientais, atitudes ambientais, vontade de agir e comportamento real. Portanto, representa valores e atitudes proativas, mas não necessariamente já integradas sistematicamente na gestão de riscos da empresa.

Diante do contexto retratado, propõe-se que a Teoria da Sinalização pode ser utilizada para estabelecer uma conexão entre as práticas empresariais e as reações do mercado em relação aos esforços da empresa na preservação do meio ambiente. Esta abordagem é relevante, dado que as divulgações das emissões de carbono ainda não são obrigatórias para todos os setores no Brasil; embora a legislação atual, por meio da Lei 13.576/17, exija indiretamente que as empresas do setor de combustíveis monitorem suas emissões de carbono no país para o cumprimento das metas de descarbonização. Desse modo, os inventários de carbono no Brasil ainda representam, para a maioria das empresas, uma divulgação voluntária. Nesse contexto, sugere-se que o *disclosure* das emissões de carbono pode representar sinalizações ao mercado sobre o futuro das organizações, com vistas à obtenção de benefícios econômicos.

As sinalizações, por si só, não consistem em um problema. Todavia, pode-se perguntar quais empresas estão, de fato, mais comprometidas com a descarbonização. Conforme explica Bolton e Kacperczyk (2023), diante da magnitude dos problemas climáticos, é necessário reduzir as emissões de gases de efeito estufa a zero até 2050-2060 e para atingir essa meta, a taxa de redução anual de carbono deveria ser equivalente à redução ocorrida em 2020 por causa da pandemia de Covid-19. Isso implica necessário envolvimento principalmente dos setores que mais poluem.

Os dados apresentados, em conjunto com a crescente demanda ambiental por parte dos investidores, observada por Gillan et al. (2023) por meio do aumento de interesse em ações

voltadas à sustentabilidade, configuram um alerta para o fenômeno do *greenwashing*. Yu et al. (2020) explicam que esse conceito é caracterizado por práticas de divulgação de informações com aparência sustentável, mas que, na realidade, não refletem ações efetivas em prol da sustentabilidade. Assim, o caráter voluntário da divulgação, aliado a dados não auditáveis, favorece o *greenwashing*. Yu et al. (2020) documentam três estratégias de *greenwashing*: a manipulação das informações divulgadas, a divulgação seletiva e a divulgação a nível de produtos, por meio de eco-rótulos. Em todos os casos, há a intenção de ocultar, enganar ou ofuscar a realidade.

No âmbito da Teoria da Sinalização, diante da assimetria informacional, as informações divulgadas ao mercado devem ser críveis e confiáveis, para que cumpram o objetivo da empresa e para mitigar problemas como a seleção adversa e o risco moral. Nesse contexto, os participantes do mercado fornecem validações adicionais às informações apresentadas, que funcionam como garantias (Mota et al., 2014). Aplicando esse conceito à questão das emissões de carbono, além de reportar os volumes emitidos, as empresas podem divulgar informações complementares que demonstrem seu compromisso com ações ambientais, como a substituição de uma frota de veículos tradicionais por veículos elétricos. Contudo, apesar da veracidade da informação, esse cenário ilustrado configuraria o *greenwashing* caso a empresa em questão fosse altamente poluidora e a substituição da frota não resultasse em um impacto significativo na redução de suas emissões de carbono. Assim, é possível que as divulgações das emissões de carbono reflitam as estratégias de manipulação, seleção das informações divulgadas e/ou *greenwashing* a nível produto, já que essas informações não são auditadas, embora exista padrões a serem seguidos para as emissões de carbono.

As instituições *World Resources Institute* (WRI) e *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) desenvolveram, no âmbito do *Greenhouse Gas Protocol* (*GHG Protocol*), padrões de reporte internacionalmente reconhecidos para medir e gerenciar as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). Esses padrões são classificados em três escopos: Escopo 1, Escopo 2 e Escopo 3. As emissões do escopo 1 são as emissões diretas, anuais, de gases de efeito estufa provenientes de fontes que são de propriedade ou controladas pela própria empresa e fontes provenientes de combustíveis fósseis, tais como veículos próprios, equipamentos industriais e processos de combustão. Já o escopo 2, abrange as emissões indiretas de gases de efeito estufa resultantes da geração de eletricidade, vapor, calor e refrigeração comprados pela empresa; embora essas emissões ocorram na instalação do

fornecedor, são atribuídas à empresa que consome a energia. Por fim, o escopo 3 inclui todas as outras emissões indiretas, geradas pelas operações da empresa, que ocorrem em toda a cadeia de valor, como transporte e distribuição, resíduos gerados nas operações, viagens de negócios, entre outras atividades não controladas diretamente pela empresa.

Cabe destacar que as divulgações no âmbito do escopo 3, além de terem maior complexidade em sua mensuração, sinalizam que aquele quantitativo de emissões não é causado pela empresa, mas sim decorrente de suas atividades (Mejia & Kajikawa, 2024). Dessa forma, a mensagem transmitida por meio de uma divulgação maior no escopo 3 pode sinalizar que a empresa demonstra consciência sobre o risco de carbono, mas tem responsabilidades limitadas, pois seu quantitativo não depende dela. Stenzel e Waichaman (2023) mencionam que os principais desafios na mensuração das emissões no escopo 3 permeiam questões legais e regulatórias, pois não há imposição legal para divulgação de informações operacionais sobre a cadeia de valor e existem dificuldades no compartilhamento de dados confidenciais interorganizacionais, o que remete a uma questão de confiança na exposição de informações privadas. Nessa perspectiva, é possível que haja menor credibilidade ou penalização do investidor acerca das emissões de carbono no escopo 3, seja pela dificuldade na validação ou qualidade das informações, seja pelo *accountability*, em que a empresa não seria responsabilizada por aquilo que ela não controla. Assim, a Teoria da Sinalização foi utilizada como pano de fundo para a investigação do problema desta pesquisa.

## **2.2 Evidências sobre as emissões de Carbono e Retorno das Ações**

Existem diversas pesquisas no Brasil que estudaram as emissões de carbono. Entretanto, essas análises geralmente são realizadas de forma indireta, utilizando índices como o Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE), que inclui o atributo de emissões de carbono, entre outros. Além disso, são comuns estudos de eventos e de *disclosure* relacionados à temática dos créditos de carbono, bem como análises de relatórios de sustentabilidade (Ribeiro, 2005; Martins et al., 2015; Pletsch et al., 2015; Serra et al., 2017; Nossa et al., 2017; Gomes et al., 2017; Lopes et al., 2017; Alves & Calado, 2019; Silva, 2022). Destaca-se que muitos desses trabalhos estão voltados para uma perspectiva interna da empresa, buscando, por exemplo, relacionar a sustentabilidade ambiental com o desempenho econômico-financeiro. Recentemente, Moutinho e Silva (2024) introduziram o estudo da relação direta retorno-carbono no Brasil, apresentando uma importante contribuição para a literatura nacional.

Antes de aprofundar nas pesquisas, é importante destacar a metodologia de cálculo do índice ICO2 da B3, utilizado nas pesquisas de Barbosa et al. (2013) e Souza et al. (2018). De acordo com a B3 (2023), o primeiro critério para uma empresa participar do ICO2 é pertencer à carteira IBrX 100, que é um indicador de desempenho médio dos 100 ativos de maior negociabilidade na B3. Além disso, as empresas que aderirem ao ICO2 devem reportar seus inventários anuais de gases de efeito estufa em todos os escopos (1, 2 e 3) e adotarem práticas de gestão eficiente dos GEE. O ICO2 contempla outros gases de efeito estufa, além do dióxido de carbono. O coeficiente de GEE é representado pela emissão total de GEE no ano  $t$ , ponderada pela receita bruta no mesmo ano. Assim, é relevante observar que essa metodologia pode não abarcar, em determinado período, necessariamente as empresas mais poluidoras.

Na Tabela 1, sintetizam-se os estudos relevantes para as análises relacionadas aos objetivos desta pesquisa, no contexto nacional, destacando os autores, a metodologia, e os principais resultados.

Tabela 1: Evidências da relação Carbono-Retorno - Estudos Nacionais

Autores	Objetivo da pesquisa	Período de análise	Metodologia	Resultados
Barbosa et al. (2013)	Investigar a relação entre retorno das ações e a participação do índice ICO2.	01/11/2010 a 30/12/2010	Estudo de eventos para verificação de retornos anormais, considerando a janela temporal de 31 dias antes e 28 dias após o evento.	Não foram verificados retornos anormais decorrentes da inserção da empresa no índice ICO2, contudo, foi constatado maior variabilidade nos retornos para algumas empresas e maior estabilidade para outras.
Souza et al. (2018)	Investigar a relação entre a inserção no ICO2 com o retorno e sensibilidade das ações ao risco de mercado.	(1) 02/12/2007 a 02/12/2013 (2) 2011-2013	Foi feito um estudo de eventos para análise do período pré e pós ingresso no índice (36 meses antes e 36 meses após); e outro que avaliou o risco e retorno de empresas participantes do Índice em comparação àquelas que não fazem parte (36 meses após a vigência da carteira 02/12/2010).	Ingressar no índice ICO2 não influencia o retorno das ações, mas influencia significativamente reduzindo a sensibilidade dos papéis ao risco de mercado.
Prates et al. (2021)	Investigar se existem benefícios às empresas em divulgarem seus inventários de carbono por meio do questionário do Carbon Disclosure Project (CDP).	2012-2017	Regressão para dados em painel, utilizando o modelo do Custo Médio Ponderado do Capital (CAPM), emissões brutas de carbono, ponderadas pelas receitas e <i>dummy</i> para "consciência de carbono" medida pela resposta (ou não) do questionário CDP, e outras variáveis de controle.	Com base na teoria da Sinalização, foi constatado que as empresas gozam de menores custo de capital quando demonstram consciência acerca das emissões de carbono ao responderem ao questionário CDP.
Moutinho e Silva (2024)	Investigar a relação entre o retorno acionário e as emissões de carbono.	2010-2022	Análise das emissões de carbono de 86 empresas brasileiras por meio de regressão para dados em painel, com efeitos fixos de tempo e setor. As variáveis de controle utilizadas foram: Tamanho, Alavancagem, Retorno sobre o Patrimônio Líquido, <i>Book-to-Market</i> , Ativo Imobilizado, <i>Capital Expenditures</i> , Momento e Volatilidade.	Não foram encontradas relações significativas entre as emissões de carbono e o retorno acionário.
Santos et al. (2024)	Avaliar como a folga financeira influencia o <i>value-relevance</i> dos gastos ambientais.	2009-2018	Modelo de Ohlson adaptado.	Os gastos ambientais sinalizam custos econômicos aos investidores, contribuindo para redução do valor da firma. De acordo com a pesquisa, a folga financeira apresenta um efeito moderador importante na exposição dos gastos ambientais, pois dado que esses gastos afetam negativamente o valor da firma, estes são expostos quando a situação financeira da entidade for compatível com tais dispêndios.

Na Tabela 2, apresentam-se os estudos internacionais que correlacionam as emissões de carbono com os retornos financeiros e/ou os riscos associados a essas emissões.

**Tabela 2: Evidências da relação Carbono-Retorno - Estudos Internacionais**

<b>Autores</b>	<b>Objetivo da pesquisa</b>	<b>Período de análise</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Resultados</b>
Jung et al. (2014)	Analisar no contexto australiano a relação entre o perfil histórico de emissões de carbono das empresas e o custo da dívida.	2009-2013	Regressões para dados em painel, utilizando <i>dummy</i> para indicação de resposta ao questionário CDP e emissões de carbono do escopo 1, ponderadas pelas receitas e custo da dívida.	A consciência de carbono mitiga as penalizações relacionadas ao custo da dívida e empresas que não optam por responder ao questionário CPD experimentam maiores custos da dívida.
Garvey et al. (2018)	Analisar a proporção das emissões de carbono ponderadas pelas vendas como forma de seleção de ações no mercado.	2011-2015	Análise por regressões das proporções de emissão de carbono nos escopos 1 e 2, ponderados pelas vendas. Essa medida é uma proxy da eficiência de carbono que indica que uma empresa é mais eficiente ao gerar mais receitas com a menor taxa de carbono.	A eficiência de carbono reflete maior desempenho financeiro futuro tanto sob a perspectiva interna da empresa, por meio de maiores retornos sobre os ativos (ROA), quanto externamente, em relação aos investidores, evidenciando retornos positivos.
Görge et al. (2020)	Análise da relação entre poluição e o retorno das ações, bem como o risco associado às altas emissões de carbono no contexto global.	2010-2017	Regressões em painel com análises da exposição ao risco de carbono das empresas analisadas, por meio da segregação das empresas em tercís, conforme o risco a que estão expostas e a capitalização das ações foram agregação em decis com base em seus betas.	Empresas mais poluentes gozam de maiores retornos, contudo, se surpreendem o mercado com elevação do nível BGS, estas são penalizadas com impactos negativos nos retornos. Além disso, não foram constatadas relações significativas entre o risco de carbono e o retorno das ações, entretanto foi observado redução no score BGS ao longo do tempo, evidenciando que as empresas estão se tornando mais sustentáveis.
Bolton e Kacperczyk (2021)	Análise da relação entre o retorno das ações e as emissões de carbono no contexto estadunidense.	2005-2017	Foram realizadas diversas regressões tais como regressão de retornos transversais; <i>dummy</i> interativa para o Acordo de Paris; regressão de análise do prêmio de risco.	Empresas com maiores emissões de carbono apresentam retornos mais elevados em todos os escopos e, recentemente, foi identificado um prêmio de risco mais significativo. Isso sugere que a internalização dos riscos relacionados ao carbono pelos investidores também é um fenômeno recente.

Autores	Objetivo da pesquisa	Período de análise	Metodologia	Resultados
Boungou e Yatié (2022)	Análise se os índices do mercado de ações global são afetados pelas mudanças climáticas.	2020-2022	Utilizaram regressão em painel com efeitos fixos para análise da relação entre os retornos acionários semanais e a preocupação da sociedade com os eventos climáticos, mensurada por um proxy que mediu a intensidade das pesquisas no Google sobre termos climáticos ao redor do mundo.	Os resultados da pesquisa revelaram que existe uma relação negativa e estatisticamente significativa entre o retorno das ações e preocupação ou ansiedade da população com eventos climáticos. Ao considerar outras proxies para as mudanças climáticas, como o nível de emissões de CO <sub>2</sub> , o resultado permaneceu inalterado.
Bolton e Kacperczyk (2023)	Analisar o risco da transição do uso de fontes de energias fósseis para energias limpas no contexto global.	2005-2018	Regressões para dados em painel, com efeitos fixos, utilizando variáveis como os retornos das ações e seus determinantes, escopos 1, 2 e 3 do <i>GHG Protocol</i> , dentre outras.	Diversos resultados foram encontrados, entre eles: maior prêmio de risco para altos índices de emissão de carbono, observando-se variações nas análises de curto e longo prazo, conforme o nível de desenvolvimento do país; maiores retornos das ações para empresas com alto nível de poluição.

A partir das Tabelas 1 e 2, detalha-se a seguir os aspectos metodológicos e os resultados encontrados pelas pesquisas elencadas, nacionais e internacionais, visando contribuir para a análise dos resultados desta pesquisa.

O estudo de Barbosa et al. (2013) foi realizado logo após o lançamento da carteira ICO<sub>2</sub> pela B3. Os autores realizaram um estudo de eventos com 28 empresas que integravam esse índice, utilizando a Teoria de Mercado Eficiente, com o objetivo de investigar a existência de retornos anormais das ações após o ingresso dessas empresas no ICO<sub>2</sub>. A janela de estudo abrangeu 31 dias antes e 28 dias após o lançamento do ICO<sub>2</sub>. Os resultados não identificaram maiores retornos com a inserção dessas empresas no ICO<sub>2</sub>; no entanto, observou-se comportamentos distintos na variabilidade desses retornos entre as empresas. Para algumas delas, houve maior estabilidade nos retornos.

Souza et al. (2018) realizaram um estudo cujo objetivo foi analisar como a decisão das empresas de fazer parte do ICO<sub>2</sub> estava relacionada com o retorno das ações e sua sensibilidade ao risco. As análises se deram em dois eixos, considerando janelas temporais de 36 meses. No primeiro

eixo, foi verificada a relação risco-retorno das empresas integrantes do índice ICO2 da B3, comparando-as com empresas não integrantes desse índice (2011-2013 – 36 meses após a criação da primeira carteira ICO2). No segundo eixo, foi investigado se existiam diferenças significativas nas empresas antes e depois de integrarem o ICO2 (02/12/2010 x 02/12/2013 – 36 meses antes e 36 meses após a primeira carteira ICO2, que foi 02/12/2010). A metodologia adotada foi a técnica estatística de regressão para dados em painel, empregando dados do ICO2 e das demonstrações contábeis. Para as análises de risco-retorno, os autores utilizaram o modelo *Capital Asset Pricing Model* (CAPM). Os resultados indicaram que não há diferença significativa nos retornos das ações entre estar ou não na composição do ICO2; entretanto, as empresas pertencentes ao índice mostraram-se menos sensíveis aos riscos de mercado, corroborando os resultados da pesquisa de Barbosa et al. (2013).

Alinhando-se aos resultados obtidos por Souza et al. (2018) e Barbosa et al. (2013), a pesquisa conduzida por Prates et al. (2021) documentou uma redução do custo do capital das empresas que relatam seus inventários de carbono no *Carbon Disclosure Project* (CDP) - *dummy* utilizada para “Consciência de Carbono”. A pesquisa analisou 27 empresas que responderam ao questionário CDP no período 2012-2017 por meio de regressões para dados em painel. É relevante destacar que a pesquisa demonstrou que altas emissões de carbono não implicam necessariamente maiores custos de capital. Para a amostra analisada, mesmo as empresas poluentes que demonstraram consciência sobre suas emissões de carbono desfrutaram de benefícios na redução do custo de capital.

A pesquisa de Moutinho e Silva (2024) analisou a relação entre as emissões de carbono divulgadas por escopo e o retorno acionário de 86 empresas brasileiras no período de 2010 a 2022, utilizando regressão para dados em painel com efeitos fixos de tempo e setor. Os resultados não identificaram uma relação significativa entre as emissões de carbono por escopo e o retorno acionário. Para aprofundar a análise, os autores também analisaram a intensidade das emissões de carbono, as empresas pertencentes ao Índice de Carbono Eficiente (ICO2) e o efeito do Acordo de Paris, sendo este último analisado por meio do modelo estatístico *Difference-in-Differences* – *Diff-in-Diff*. No modelo econométrico, foram utilizadas as seguintes variáveis de controle: tamanho, alavancagem, retorno sobre o patrimônio Líquido (ROE), *Book-to-Market*, Ativo Imobilizado, *Capital Expenditures* (CAPEX), Momento e Volatilidade, como em Bolton e Kacperczyk (2021, 2023). Além disso, para o tratamento de dados discrepantes, aplicou-se a winsorização a 2,5%.

Outra vertente de estudo, realizada por Santos et al. (2024), apresenta-se relevante para esta pesquisa, explorando uma perspectiva distinta: a relação dos gastos ambientais (ponderados pela receita) com o *value-relevance*. Essa relação é importante, pois os gastos ambientais podem sinalizar investimentos em proteção contra riscos ambientais, os quais podem resultar em benefícios ou custos econômicos futuramente, refletindo estratégias relacionadas ao risco ambiental. Outro ponto relevante neste trabalho é que tais gastos dependem de folga financeira para sua realização. Assim, as empresas que optam por efetivá-los, o fazem ao prever benefícios econômicos futuros, evidenciando um aspecto de "valor" e não de "valores". Do ponto de vista do controle da empresa, essas ações não se configuram como "caridade corporativa", como denominam os autores. Nessa esteira, o estudo de Santos et al., (2024) utilizou o modelo de Ohlson e concentrou suas análises no período de 2009 a 2018, examinando 52 empresas com o objetivo de investigar o efeito da folga financeira no *value-relevance* dos gastos ambientais na perspectiva dos investidores. Os resultados demonstraram que os gastos ambientais são expostos conforme a conveniência da folga financeira, validando a Teoria dos *Shareholders*, na qual as demandas dos *stakeholders* são atendidas somente após a satisfação das necessidades dos *shareholders*. Em suma, as conclusões desses autores foram no sentido de que os gastos ambientais contribuem para a redução do valor da firma; contudo, os gastos ambientais, quando atrelados à folga financeira, explicam um aumento no valor da firma.

Depreende-se, a partir da pesquisa de Santos et al. (2024), que os dispêndios ambientais são considerados oportunos pelas empresas somente quando há disponibilidade de recursos financeiros. Entretanto, na escassez desses recursos, a avaliação dos investidores torna-se negativa. Essa constatação permite inferir, de maneira indireta, as preferências dos investidores ao avaliarem os gastos ambientais, indicando uma reação desfavorável em períodos de baixa disponibilidade financeira. Essa perspectiva evidencia uma priorização na aplicação dos recursos em termos de "valor" econômico, em detrimento de "valores" sustentáveis, conforme definido por Starks (2023).

No âmbito internacional, a pesquisa conduzida por Jung et al. (2014) empregou regressões de Mínimos Quadrados Ordinários para analisar a exposição ao risco de carbono, comparando empresas que divulgam suas emissões com aquelas que não o fazem, em uma amostra de 78 empresas australianas de oito setores industriais no período de 2009 a 2013. Os autores constataram um aumento significativo no risco percebido pelo mercado, bem como no custo da

dívida para empresas que não respondem ao questionário *Carbon Disclosure Project* (CDP) (utilizado como *proxy* para conscientização ambiental), indicando que o mercado reage à conscientização das empresas sobre questões relacionadas ao carbono. Além disso, os autores observaram que esses resultados refletem reações com base em dados históricos e projeções relacionadas ao perfil de risco das empresas. A pesquisa destaca que o contexto australiano é caracterizado pelo relato obrigatório de emissões de CO<sub>2</sub> e por um controle operacional efetivo. Além disso, a Austrália apresenta um ambiente com regulamentações mais fortes e alta pressão social para que as empresas integrem esforços de redução de carbono em suas estratégias.

Garvey et al. (2018) analisaram 6.400 empresas no âmbito global entre 2011 e 2015 e documentaram que o carbono é um insumo empregado na produção tal como o capital e o trabalho, com base dos dados obtidos do *MSCI ESG Manager*. Além disso, identificaram que empresas mais eficientes no uso do carbono tendem a obterem melhor desempenho e melhores retornos acionários. Conforme os autores, esses resultados se mantiveram consistentes após a exclusão de empresas mais intensivas em carbono. Os autores ressaltam que a falta de padrões consistentes para medir e reportar as emissões podem ter efeito limitador sobre os resultados.

A pesquisa de Görden et al. (2020) abrangeu 1.657 empresas no período de 2010-2017, globalmente, classificando-as como "verdes" ou "marrons", correspondendo a empresas ambientalmente conscientes *versus* altamente poluidoras. O estudo em questão encontrou evidências de maiores retornos associados a empresas potencialmente mais poluidoras, e que esses retornos decrescem à medida que as empresas "marrons" se tornam menos poluidoras. Ressalta-se, todavia, que não foram identificadas evidências de um prêmio de risco associado a altas emissões de carbono. Além disso, foi documentado que as empresas "verdes" se envolvem na descarbonização de forma mais intensa do que as empresas "marrons".

É relevante destacar que a metodologia utilizada no estudo de Görden et al. (2020) difere significativamente daquela utilizada pelos demais autores mencionados nesta pesquisa. A pesquisa de Görden et al. (2020) efetuou uma segregação das empresas de acordo com a exposição destas ao risco de carbono, classificando-as em tercís com base nesse risco. Essa métrica foi criada por esses autores a partir de *subscores* do *Environmental, Social, and Governance* (ESG) e foi denominada Brown-Green-Score (BGS), em que os tercís extremos foram nomeados marrons e verdes, refletindo uma combinação de informações sobre a cadeia de valor, percepção pública e adaptabilidade das empresas. Quanto ao retorno das ações, estas

também foram agrupadas previamente em decis, conforme seus betas. Os autores também incorporaram os fatores de Fama e French, considerados variáveis tradicionais em modelos de precificação de ativos.

Bolton e Kacperczyk (2021), ao analisarem a relação entre as emissões de carbono e o retorno acionário no contexto estadunidense, identificaram a existência de um prêmio de risco de carbono na análise de 3.421 empresas no período de 2005 a 2017, mesmo ao considerarem subperíodos, emissões por escopo e variações nas emissões totais ano a ano. Contudo, não foi identificado um prêmio de carbono para emissões por unidade de vendas, em divergência com a pesquisa de Garvey et al. (2018). Ou seja, o mercado exige maiores retornos de empresas mais poluentes, apesar do ceticismo relacionado à posição política do governo Trump, que se opôs às regulamentações sobre emissões de carbono, conforme mencionam os autores.

Boungou e Yatié (2022) analisaram, em uma amostra de 97 países, inclusive o Brasil, no período de 2020 a 2022, se os retornos acionários semanais são afetados pelas preocupações com as mudanças climáticas, mensuradas por meio de uma proxy representada pela intensidade de pesquisas no Google sobre termos relacionados a mudanças climáticas, tais como “aumento da temperatura”, “aquecimento global”, “níveis do mar”, “mudanças climáticas”. Os resultados da pesquisa demonstraram que os maiores impactos são observados em países menos poluentes em comparação aos mais poluentes e que os índices de mercados de ações ao redor do mundo respondem negativamente às mudanças climáticas.

A pesquisa de Bolton e Kacperczyk (2023) analisou uma amostra de 14.400 empresas, em 77 países no período de 2005 a 2018. O foco da pesquisa foi investigar como os retornos das ações já refletem [ou não] o risco de transição de carbono no curto e longo prazo. Utilizando essa amostra global, os autores puderam segregá-la de maneiras distintas (regiões geográficas, tipos de indústrias, desenvolvimento econômico dos países), obtendo diversos resultados, incluindo: um alto prêmio de risco associado às emissões de carbono, não apenas nos países mais desenvolvidos e/ou setores específicos, mas também nas emissões indiretas relacionadas ao Escopo 3; o prêmio de risco do carbono foi ainda maior após o Acordo de Paris, sinalizando a reação crescente do mercado em termos de necessidade de investimento em sustentabilidade ambiental para combater as mudanças climáticas.

Os achados da pesquisa de Bolton e Kacperczyk (2023) conduzem à inferência de que as pressões concretas para que as empresas adotem práticas ambientalmente mais sustentáveis são relativamente recentes. Por meio dessa pesquisa, infere-se que o Acordo de Paris em 2015 representa um marco na mudança de crença dos investidores sobre os impactos das políticas climáticas. Consequentemente, é possível que o mercado ainda esteja assimilando essas informações. Starks (2023) também menciona que diferenças nacionais e regionais influenciam as políticas e ações governamentais atinentes ao meio ambiente. Bolton e Kacperczyk (2023) cita o Brasil em seu estudo internacional, conjecturando que o país, na condição de grande exportador de *commodities*, tende a se opor mais fortemente às políticas de limitações severas de emissão de carbono, tendo em vista o impacto econômico-financeiro e por ser um país em desenvolvimento, levando os investidores a perceberem tal cenário com de menor risco de transição.

Diante dos resultados das pesquisas elencadas anteriormente, vale destacar que Cornell e Damodaran (2020) empreenderam uma discussão teórico-crítica acerca do aumento do volume de negociações em investimentos sustentáveis e, diante dessas tendências, as empresas são pressionadas a se adequarem. A crítica desenvolvida pelos autores se baseia no questionamento se, de fato, as empresas são mais sustentáveis ou se elas apenas se parecem como tal, tendo em vista a superficialidade das abordagens sustentáveis. Esses autores explicam que os investimentos sustentáveis (ambiental, social e governança) se justificam à medida que eles proporcionem maiores retornos à empresa e aos investidores. Assim, do ponto de vista de Cornell e Damodaran (2020), essa ideia é incompatível com maiores retornos econômicos, uma vez que os fatores impulsionadores de valor às empresas não compreendem estratégias sustentáveis. Com base nessa discussão e no pilar ambiental, é possível que reconfigurações das operações empresariais para a utilização de fontes de energia limpa ou eficiências nos processos produtivos, por exemplo, possam ir na direção oposta ao aumento de retornos, ao menos antes que o risco de carbono se materialize de fato.

Ressalta-se que inconsistências nas pesquisas acerca das dimensões da sustentabilidade podem advir, além da falta de delimitação clara desses conceitos nas pesquisas empíricas, como pontua Starks (2023), de vieses de seleção nas pesquisas atuais ou de diferentes estágios do desenvolvimento das estratégias sustentáveis, os quais evidenciam a complexidade e os desafios envolvidos na mensuração e na avaliação dos impactos da sustentabilidade nas empresas. Nesse sentido, uma questão relevante ressaltada no estudo de Cornell e Damodaran

(2020) é que os impulsionadores que geram valor às empresas vêm de fluxos de caixa esperados ao longo do tempo, descontados a uma taxa de desconto, ajustada pelo risco. Ou seja, o valor da empresa deriva dos benefícios financeiros que ela pode gerar no futuro, contemplados nos fluxos de caixa esperados, os quais refletem o valor da empresa, que por sua vez reflete o retorno das ações. Tal fato leva os autores a deduzirem que essa estrutura não abarca retornos no curto prazo.

Conseqüentemente, fundamentando-se nas ideias de Cornell e Damodaran (2020), o layout dos estudos que analisam a temática climática, tal como os estudos de eventos, pode não captar adequadamente as relações com os retornos, tendo em vista as janelas temporais, geralmente avaliadas no curto prazo, desse tipo de estudo. Cabe ressaltar que os estudos de eventos geralmente buscam captar retornos anormais frente aos eventos estudados, o que reflete especulações, em direção oposta à geração de valor de longo prazo.

Cornell e Damodaran (2020) mencionam, em sua pesquisa, a declaração da Business Roundtable de 2019, assinada por CEOs de grandes empresas, como a BlackRock. O documento afirmava, de forma concessiva, que, embora as empresas atendam a seus próprios interesses corporativos, elas também se comprometem com os interesses de seus *stakeholders*. Tal posicionamento converge com os achados de Santos et al. (2024), mencionados anteriormente, que documentaram que os interesses dos *stakeholders* são atendidos condicionalmente à existência de folga financeira e ao cumprimento das demandas dos *shareholders*. Assim, pode-se inferir que as empresas atenderão aos requisitos sustentáveis quando isto for economicamente vantajoso.

Dessa forma, ao relacionar essa discussão com os impulsionadores de valor estudados por Cornell e Damodaran (2020), os autores descrevem três cenários nos quais as empresas seriam incentivadas a adotar práticas de responsabilidade social. Esses cenários são denominados como Ciclo Virtuoso, Cenário Punitivo e Mundo Distópico. No Ciclo Virtuoso, os clientes privilegiariam os produtos de determinada empresa em detrimento da concorrência devido à sua missão social. Como resultado, a empresa ampliaria sua participação no mercado. Embora, no curto prazo, os custos para atender aos critérios de sustentabilidade sejam elevados, a estrutura de custos se adaptaria no longo prazo e a empresa obteria maiores receitas, acesso aos melhores fornecedores, resultando em produtos de melhor qualidade, menores custos de capital e redução dos riscos de escândalos e catástrofes. Contudo, essa estrutura não se aplica a

qualquer tipo de empresa, por exemplo, empresas grandes com nichos diversos, como é o caso de muitas empresas brasileiras de capital aberto.

No Cenário Punitivo, por outro lado, observa-se o inverso da estrutura apresentada no Ciclo Virtuoso, conforme Cornell e Damodaran (2020). Nesse contexto, os clientes se recusam a adquirir produtos de empresas com má reputação em sustentabilidade, mesmo que ofereçam preços mais baixos. Como consequência, essas empresas enfrentam despesas operacionais elevadas, maiores custos de capital, maior exposição a riscos e menor interesse por parte dos investidores, que reduzem ou até mesmo evitam incluir suas ações em suas carteiras. Quando esses riscos se concretizam, as punições podem vir de diversas direções, resultando em sanções severas. Um exemplo nacional é o rompimento da barragem da Vale em Brumadinho e na Mina do Córrego do Feijão, em Mariana – MG.

Por fim, no Mundo Distópico, Cornell e Damodaran (2020) descrevem um cenário em que empresas sustentáveis não obtêm benefícios, enquanto aquelas que não seguem os princípios ESG são recompensadas. Nesse contexto, essas empresas não adotam práticas socialmente responsáveis e, ainda assim, seus produtos continuam sendo adquiridos pelos consumidores, os investidores mantêm a compra de suas ações e os credores não as penalizam com altos custos de capital. Isso ocorre porque essas empresas apresentam alto desempenho no preço de suas ações e são altamente rentáveis, influenciando as decisões de seus *shareholders* e *stakeholders*. Nessa perspectiva, Bolton e Kacperczyk (2023) citam as chamadas "ações do pecado", como é o caso das indústrias de álcool e tabaco.

Por fim, considerando os cenários descritos por Cornell e Damodaran (2020) e as evidências das pesquisas sobre o mercado brasileiro, é possível que ainda haja ambiguidades nos resultados sobre a relação entre as emissões de carbono e o retorno acionário, dado o estágio inicial dos estudos e as particularidades do mercado nacional. Desse modo, espera-se que os resultados variem entre os diferentes setores da B3, uns caracterizados por alta concentração de mercado e outros mais pulverizados.

Com base nas evidências já encontradas na literatura da relação risco-retorno, a primeira hipótese deste estudo é enunciada da seguinte forma, considerando que os investidores ainda estão assimilando as informações disponíveis de carbono para comporem suas carteiras:

## **H1: As emissões de carbono afetam o retorno acionário.**

No tópico 2.3 apresentado a seguir analisam-se as principais legislações e regulamentações ambientais relacionadas às emissões de carbono, com o objetivo de aprofundar a análise e investigar se os investidores, ao avaliar as emissões de carbono, fazem distinções em suas decisões acerca das imposições legais inerentes aos setores mais poluentes.

### **2.3 Legislações e regulamentações ambientais**

Os investidores e analistas de mercado são motivados em suas decisões de investimento sob duas perspectivas, conforme Starks (2023): fatores pecuniários e não-pecuniários. A autora menciona que essa divisão está relacionada a “valor” e a “valores”. Os incentivos de "valor" estão associados às preferências de risco-retorno, visando vantagens financeiras, enquanto os relacionados a "valores" dizem respeito a princípios individuais de cada sujeito. Portanto, a composição dos investimentos pode cruzar esses dois polos, com diferentes pesos e prioridades. Nessa perspectiva, pode-se inferir que as emissões de carbono podem levar a duas possíveis reações do mercado: uma relacionada ao prêmio de risco associado às emissões de carbono e outra à preferência por investimentos que valorizem empresas comprometidas com a redução das emissões de carbono em razão da consciência de carbono.

Graham (2022) documenta em sua pesquisa que os aspectos culturais afetam de maneira distinta as reações dos participantes do mercado diante de emergências ambientais. O autor destaca que executivos europeus, por exemplo, tendem a dar maior importância às questões ambientais do que os executivos norte-americanos. Assim, pode-se inferir que as motivações de investimentos relacionadas à consciência de carbono podem flutuar de acordo com a cultura, o tempo e com as mudanças de crenças. Por outro lado, a busca por retornos (variação de preço) de investimentos pode estar mais suscetível a incentivos externos, tal como imposições legais e regulamentares.

Compreender as políticas internacionais relacionadas às alterações climáticas é relevante para avaliar como elas impactam as empresas a nível país, especialmente no que se refere aos riscos associados às emissões de carbono. Garvey et al. (2018) documentaram que o carbono, assim como o capital e o trabalho, é um insumo para a produção. Jung et al. (2014) destacam que a exposição ao risco de carbono varia não apenas entre os diferentes setores, mas também entre

as empresas dentro de um mesmo setor. De todo modo, sugere-se que, quanto maior a dependência de uma empresa desse recurso para a formação de suas receitas, maior será a sua exposição aos riscos de regulamentações do carbono. Este tópico oferece um histórico superficial da evolução das discussões globais sobre o assunto e analisa as legislações relevantes já em vigor no Brasil, de modo a fundamentar a hipótese enunciada ao final desta seção.

A Conferência de Estocolmo, realizada em 1972 na capital da Suécia, representou um marco importante na história das conferências mundiais sobre o clima global, ao estabelecer diretrizes e princípios para a utilização dos recursos naturais. Paglia (2021) explica que a culminação do evento teve suas origens na influência da diplomacia Sueca na ONU, bem como sua representatividade no design administrativo e levantamentos intelectuais preliminares. O autor menciona que a união de esforços diplomáticos e científicos levou ao atual estágio de governança ambiental global. Cabe ressaltar a posição socioeconômica da Suécia à época, enquanto membra da União Europeia, com intenções de combinar esforços mundiais no combate aos problemas ambientais, e em segundo plano, a expansão de seu conhecimento científico por meio de diversas abordagens científicas e não-científicas.

As abordagens não-científicas foram potencialmente estratégicas, pois corresponderam a mobilizações sociais a partir de críticas à própria ciência e às tecnologias modernas, que eram apontadas como prejudiciais ao meio ambiente (Plagia, 2021). Mais tarde, essa mobilização social tornou-se um dos aspectos que pode potencialmente promover forças em direção à incorporação pelo mercado de medidas ambientalmente mais sustentáveis pelas empresas e pelos governos e sociedade, como menciona Bolton e Kacperczyk (2023). Nesse sentido, os países que exercem maior influência na formação das políticas ambientais podem apresentar um nível mais elevado de consciência ambiental por parte de sua população, bem como maior nível de *enforcement*.

A nova dimensão das relações internacionais documentada por Plagia (2021) sugere os primeiros movimentos da política ambiental internacional, denotando as participações dos países e suas influências na estruturação de metas, bem como o cumprimento delas. Esse entendimento é relevante para constatações sobre como essas movimentações podem afetar as estratégias empresariais, uma vez que sinalizam às empresas e seus stakeholders a capacidade

de seus países em participar das definições das metas globais, assim como a forma como a formulação de legislações ambientais, mais ou menos severas, podem impactar os negócios.

Outro marco importante na história da evolução das discussões mundiais sobre o clima foi a criação, pela ONU, do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), que é uma organização que promove pesquisas científicas e divulga relatórios atinentes às mudanças climáticas em todo o mundo. Conforme mencionado no sítio da instituição, o IPCC fornece aos pesquisadores direcionamentos para as análises das emissões de gases de efeito estufa e consolida os acordos firmados entre os países membros (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, 2023).

Nessa trilha, seguiram-se outras conferências que resultaram em acordos mundiais significativos. Apresenta-se nessa linha as conferências Rio-92, também conhecida como ECO-92; a primeira COP de Berlim, Alemanha, em 1995; e as COPs subsequentes (Nossa et al., 2017). Dentre esses eventos mundiais climáticos, as COPs são convenções anuais da ONU, assim denominadas a partir de 1995, e promovidas pelo UNFCCC, que reúne os países membros (Lamenza et al., 2017).

A COP21 gerou repercussão mundial nos anos subsequentes e culminou no Acordo de Paris. Nesse contexto, foram aprovadas as NDCs, que documentam as metas de descarbonização assumidas pelo governo brasileiro (Ministério do Meio Ambiente, 2020). Portanto, os caminhos em direção à sustentabilidade ambiental são delineados pelo empenho dos governos em transformar os acordos oriundos dessas convenções em regulamentações que exijam baixas emissões de carbono.

No contexto brasileiro, as políticas ambientais adotadas no país resultaram em normas e regulamentações importantes, como a Lei nº 10.165, de 27 de dezembro de 2000, o acordo de Paris, que foi reconhecido como tratado de direitos humanos pelo Supremo Tribunal Federal (STF) em 2022, e a Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, que instituiu a política nacional de Biocombustíveis (Renovabio), além do Mercado de Créditos de Carbono, ainda em evolução.

A Lei nº 10.165/2000 representa um dos primeiros passos para diferenciar atividades econômicas com base no impacto ambiental, em conformidade com a Política Nacional do Meio

Ambiente. Ela classifica as atividades potencialmente poluidoras em cinco níveis, ordenados do mais poluente ao menos poluente na seguinte ordem: “AAalto”, “Alto”, “MMédio”, “Médio”, “Pequeno”. Essa classificação auxilia o estabelecimento de critérios para a fiscalização e o licenciamento ambiental, além de determinar a cobrança da Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental (TCFA), tributo cobrado para controle e fiscalização pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Na Tabela 3, apresenta-se uma síntese das atividades econômicas por classificação:

**Tabela 3: Atividades Econômicas Potencialmente Poluidoras - Lei n. 10.165/2000**

<b>Atividade econômica</b>	<b>Nível de Poluição</b>
Extração e Tratamento de Minerais Indústria Metalúrgica	AAalto
Indústria de Papel e Celulose Indústria de Couros e Peles Indústria Química Transporte, Terminais, Depósitos e Comércio	Alto
Indústria de Produtos Minerais Não Metálicos Indústria Mecânica Indústria de material Elétrico, Eletrônico e Comunicações Indústria de Material de Transporte	MMédio
Indústria de Madeira Indústria Têxtil, de Vestuário, Calçados e Artefatos de Tecidos Indústria do Fumo Indústria de Produtos Alimentares e Bebidas Serviços de Utilidade Uso de Recursos Naturais	Médio
Indústria de Borracha Indústria de Produtos de Matéria Plástica. Indústrias Diversas Turismo	Pequeno

A partir da Tabela 3, observa-se que não há classificação para todas atividades econômicas, segregando os setores que mais poluem em cinco categorias, o que denota o foco das políticas ambientais em setores específicos. Nessas atividades, predominam aquelas relacionadas à utilização de recursos naturais de forma direta.

Enquanto a Lei nº 10.165/2000 teve um objetivo de mapear as atividades de maior impacto ambiental para taxação, os normativos que sucederam o Acordo de Paris, celebrado em dezembro de 2015, tiveram como objetivo pressionar as empresas a modificarem suas estratégias operacionais com vistas à redução dos níveis de poluição. O Decreto n. 9.073, de 5

de junho de 2017, ratificou o Acordo de Paris no Brasil e a NDC do país, atualizada em 2023, se comprometeu com a redução das emissões de gases de efeito estufa em 48% até 2025 e 53% até 2030, em comparação com os níveis de 2005, além estabelecer a meta de neutralidade até 2050 (Brasil, 2017a; Ministério do Meio Ambiente, 2023). É importante destacar que a NDC original é de 2016 e foi atualizada três vezes por diferentes governos, os quais ajustaram as metas. Essa constatação é relevante para a análise da severidade de possíveis legislações ao longo do tempo e conforme políticas de diferentes governos.

A sanção da Lei 13.576/2017 consistiu em um dos desdobramentos do Acordo de Paris. Essa lei instituiu a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e estabeleceu metas anuais, compulsórias e individualizadas, para a redução das emissões de gases de efeito estufa para empresas do setor de combustíveis. Ressalta-se que a vigência dessa lei modifica o aparato normativo brasileiro ao sair do campo do reconhecimento da importância das questões ambientais e levantamento de informações para o campo da ação, impondo metas direcionadas às empresas desse setor.

De acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP (2024), as metas de descarbonização são estabelecidas pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) para um período de no mínimo 10 anos, conforme o Decreto nº 9.888, de 27 de junho de 2019. A norma também prevê a criação do comitê Renovabio, no âmbito do Ministério de Minas e Energia, e penalizações para infrações, que não exime a empresa de cumprir a meta a ela determinada nos períodos subsequentes. De acordo com os dados apresentados pela ANP, considerando o total de 163 distribuidores de combustíveis monitorados pela agência em 2024, 97 deles cumpriram suas respectivas metas, cinco não cumpriram integralmente e 61 não apresentaram suas certificações. Esses dados demonstram que cerca de 37% das empresas não reportou seus certificados de descarbonização ao governo.

A pesquisa de Lazaro e Thomaz (2021) examinou o processo de audiência pública na pré-aprovação da RenovaBio. Esses autores evidenciaram uma participação predominante de empresas e associações do setor de energia e biocombustíveis nas consultas e audiências públicas relacionadas à aprovação da lei, entretanto, houve baixa participação de outros *stakeholders*, o que pode significar baixa consciência de carbono por pessoas e entidades que não são o alvo dessa legislação. Eles também destacaram a rápida aprovação no Congresso, que ocorreu em 28 dias, contrastando com o tempo médio de aprovação de projetos de lei de

natureza similar. Essas constatações podem sugerir uma imposição e interesse unilateral na consecução da norma pelo governo e a urgência de sua aprovação em cumprimento ao Acordo de Paris, além de criar um ambiente de incertezas para o mercado. Os autores também destacam que as metas foram revisadas e reduzidas em cerca de 50% em 2020, o que pode ser reflexo das prioridades políticas de governos distintos, falhas para elaboração das metas, ou pressão das empresas do ramo para a modificação dos parâmetros.

A pesquisa de Monasterolo e Angelis (2020) buscou evidências empíricas acerca da reação do mercado global ao Acordo de Paris. Os autores segregaram uma amostra em duas classes de ativos, considerando baixa e alta intensidade de emissões de carbono e evidenciaram que, após o Acordo, houve alterações no perfil de risco-retorno das empresas, de modo que os índices de baixo carbono tornaram-se menos arriscados e, conseqüentemente, obteve-se melhora na performance geral, tornando-os mais atraentes para oportunidades de investimento. Esse efeito foi observado de forma mais moderada para as ações intensivas em carbono, mas sem que houvesse penalização dos ativos intensivos em carbono

Jung et al. (2014) argumentam que o risco de carbono percebido pelos investidores e analistas provavelmente está associado não só com o nível dos sistemas regulatórios, mas também com o monitoramento e a fiscalização que se seguem após a vigência dos normativos. Nessa perspectiva, a tradução dos acordos firmados em conferências sobre o clima se reflete em metas de descarbonização atribuídas às empresas, que variam em intensidade conforme as posições políticas adotadas por cada governo. Essas diretrizes podem influenciar as decisões dos investidores na composição de suas carteiras, impactando os retornos exigidos. Assim, considerando que a legislação brasileira tem avançado em direção à descarbonização, é esperado que investidores e analistas, em média, considerem o aparato normativo, penalizando os setores mais expostos à legislação. Diante disso, a segunda hipótese desta pesquisa é enunciada da seguinte forma:

**H2: Políticas e regulamentações relacionadas ao carbono afetam o retorno acionário.**

### **3. METODOLOGIA**

Neste capítulo, são descritos os procedimentos metodológicos adotados neste estudo, incluindo: a caracterização da pesquisa e da amostra, bem como os procedimentos de coleta de dados, as variáveis do estudo e os modelos estatísticos.

#### **3.1 Tipo de pesquisa**

Esta pesquisa se delinea a partir das concepções de pesquisas propostas por Martins e Theóphilo (2016). Este estudo se apresenta com uma abordagem empírico-positivista, pois busca relações a partir de evidências observáveis na realidade que foram submetidas a um método (estatístico), visando estabelecer induções sob as lentes de uma teoria (Teoria da Sinalização). Ressalta-se que os resultados desse trabalho não podem ser generalizáveis em função de sua amostra não-probabilística; contudo, a contribuição desta pesquisa para a literatura pode, a partir de consistências em resultados de pesquisas posteriores, produzir resultados generalizáveis futuramente, sob a ótica do empirismo.

No que diz respeito às estratégias de pesquisa, este estudo se caracteriza como documental. Martins e Theóphilo (2016) explicam que esse tipo de pesquisa é caracterizado pelo uso de dados, informações e evidências provenientes de fontes primárias. Além disso, outro atributo que leva a essa definição é que este trabalho colhe dados contábeis e informações atinentes às emissões de carbono das empresas objeto de estudo.

Por fim, esta pesquisa adota um enfoque quantitativo de alcance correlacional. De acordo com Sampiere et al. (2013), esse enfoque se distingue por um conjunto de processos sequenciais e comprobatórios que são executados de forma ordenada. Este processo é caracterizado pela formulação do problema de pesquisa, revisão da literatura e construção de um marco teórico. Busca-se, então, evidências acerca do problema de pesquisa estudado nas etapas subsequentes, que consistem na coleta de dados numéricos fundamentada na medição do fenômeno estudado, sobre os quais são aplicadas técnicas estatísticas. A classificação correlacional, conforme afirma Sampiere et al. (2013), tem como finalidade conhecer o grau de associação entre um grupo de variáveis.

### 3.2 Amostra e Fonte dos Dados

A amostra final deste estudo foi composta por 87 empresas, não financeiras e financeiras, que divulgaram suas emissões de gases de efeito estufa no período que compreende 2014 a 2022, listadas na B3, que não estão sob regime de recuperação judicial, conforme detalhado na Tabela 4 a seguir. Os dados foram obtidos por meio da plataforma *Refinitiv*. Ressalta-se que o período e as empresas foram selecionados em razão da maior disponibilidade de dados das emissões de carbono na plataforma supracitada. Cabe destacar que as informações contidas nessa base de dados referente às emissões de carbono seguem o Protocolo de Gases de Efeito Estufa (GHG Protocol).

**Tabela 4: Definição da Amostra**

<b>Composição da amostra</b>	<b>Total</b>
Empresas listadas na B3 com dados das emissões de carbono na base <i>Refinitiv</i>	105
(-) Empresas em recuperação judicial	-2
(-) Empresas com dados faltantes	-16
<b>Amostra Final</b>	<b>87</b>

A Tabela 5 apresenta a composição da amostra, distribuída por setor econômico, assim como a quantidade de observações da principal variável de interesse - as emissões totais de carbono - ao longo do período do estudo, de 2014 a 2022.

**Tabela 5: Composição da amostra e observações por ano e setor econômico**

<b>Setor Econômico</b>	N. de empresas por setor econômico	N. de <b>observações</b> por setor econômico e ano 2014-2022									
		<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>Total</b>
Materiais e Energia	9	4	6	6	4	7	9	9	9	7	<b>61</b>
Materiais básicos - químicos, madeira e papel	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	<b>32</b>
Setor Industrial	13	5	6	6	7	7	11	12	13	12	<b>79</b>
Bens de Consumo cíclico	15	4	4	2	3	3	8	13	15	13	<b>65</b>
Bens de Consumo não cíclico	11	5	5	7	9	10	11	11	11	10	<b>79</b>
Serviços de saúde, imobiliário, tecnologia e comunicação	9	4	4	4	6	6	6	8	9	8	<b>55</b>
Financeiro	11	4	5	6	6	6	7	11	10	11	<b>66</b>
Utilidades	15	9	9	9	11	11	12	15	15	11	<b>102</b>
<b>Total</b>	<b>87</b>	<b>38</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>49</b>	<b>54</b>	<b>68</b>	<b>83</b>	<b>86</b>	<b>76</b>	<b>539</b>

Destaca-se que foi utilizada a classificação do setor econômico da base *Refinitiv- GICS Sector Name* - e que o total de observações disponível por variável e por ano não constitui um painel balanceado, pois nem todas as empresas divulgaram informações em todos os períodos. Os setores representados por “serviços de saúde, imobiliário e tecnologia” e “Materiais e Energia” tiveram agregações, conforme nomenclaturas na Tabela 5, para obtenção de maior número de observações por setor e ano e, conseqüentemente, para a redução da quantidade de *dummies*. Gujarati e Porter (2011) explicam que o excesso de *dummies* acarreta a perda de graus de liberdade e pode prejudicar a quantidade de informações suficientes para uma análise estatística significativa, especialmente em modelos de efeitos fixos bidirecionais, que permitem efeitos nos indivíduos e no tempo.

Hair et al. (2009) também explicam que o número de observações por variável deve ser de no mínimo cinco observações por variável, portanto, a quebra dessa pressuposição leva à perda de graus de liberdade e torna os resultados estritos à amostra da pesquisa. Como pode-se observar na Tabela 5, mesmo após a agregação de setores por similaridades em termos de nível de poluição, ainda permaneceram setores com poucas observações, principalmente nos anos iniciais da amostra; Cabe esclarecer que não houve agregações no setor de materiais químicos, madeira e papel, que é um dos setores mais poluentes, mas não tanto quanto o setor de materiais e energia, motivo pelo qual optou-se por mantê-lo isolado na amostra.

### **3.3 Variáveis Analisadas**

Neste trabalho, analisam-se as emissões de carbono utilizando diferentes abordagens: emissões brutas, emissões por escopo (1, 2 e 3), emissões ponderadas pelas vendas e variações ano a ano, a fim de atender os objetivos desta pesquisa. Foram empregados os cinco fatores de Fama e French (2015) como variáveis de controle dos retornos das ações.

Cabe destacar que Moreira et al. (2021) salientam que os mercados podem ser impactados por diferentes fatores de risco-retorno em todo o mundo. Maciel et al. (2021) demonstraram que os cinco fatores de Fama e French (2015) apresentam melhor performance no contexto brasileiro, sendo todos estatisticamente significativos, inclusive em diferentes momentos econômicos, para explicar o retorno das ações. Esses fatores são compostos por variáveis que mensuram as dimensões risco sistêmico, tamanho da empresa, *Book-to-Market*, rentabilidade e investimento.

Na Tabela 6, evidenciam-se as variáveis utilizadas nos modelos estatísticos, assim como as definições, relação estatística esperada, tipo de variável, dependente ou independente, e a literatura de base para a inserção nos modelos. Cabe destacar que na seção de resultados foram elaboradas as estatísticas descritivas do conjunto de dados, o que permitiu analisar as características e a dispersão dos dados da amostra, fato relevante para a compreensão dos resultados extraídos dos modelos estatísticos apresentados.

**Tabela 6: Descrição das variáveis**

Variável	Definição	Sinal Esperado	Tipo	Literatura
Retorno das ações	Variação entre o preço da ação no ano t e o preço da ação no ano t-1.	N.A.	Dependente	N.A.
Emissão total de carbono nos escopos 1, 2 e 3	Logaritmo natural das emissões totais de carbono	-	Independente	Boungou e Yatié (2022)
Variação anual do total das emissões de carbono	Razão entre o total de emissões no ano t em relação ao total de emissões no ano t-1, menos 1.	-	Independente	Garvey et al. (2018); Bolton e Kacperczyk (2021; 2023); Moutinho e Silva (2024)
Emissão total de carbono nos escopos 1, 2 e 3 em relação às vendas	Logaritmo natural da razão entre as emissões totais de carbono e o total das vendas.	-	Independente	Garvey et al. (2018); Bolton e Kacperczyk (2021; 2023); Moutinho e Silva (2024)
Emissões de carbono no escopo 1	Logaritmo natural do total de emissões de carbono no escopo 1 ao final do ano t.	-	Independente	Garvey et al. (2018); Bolton e Kacperczyk (2021; 2023); Moutinho e Silva (2024)
Emissões de carbono no escopo 2	Logaritmo natural do total de emissões de carbono no escopo 2 ao final do ano t.	-	Independente	Garvey et al. (2018); Bolton e Kacperczyk (2021; 2023); Moutinho e Silva (2024)
Emissões de carbono no escopo 3	Logaritmo natural do total de emissões de carbono no escopo 3 ao final do ano t.	-	Independente	Garvey et al. (2018); Bolton e Kacperczyk (2021; 2023); Moutinho e Silva (2024)
Renovabio	Atribuição de "1" para os anos 2018-2022 e "0", caso contrário.	-	Independente	Contribuição do estudo
Acordo de Paris	Atribuição de "1" para os anos 2016-2022 e "0", caso contrário.	-	Independente	Monasterolo e Angelis (2020); Bolton e Kacperczyk (2021; 2023); Moutinho e Silva (2024))
Nível de Poluição	<i>Dummies</i> para representar os níveis de poluição: AAlto, Alto, MMédio e Médio.	-	Independente	Contribuição da Pesquisa
Emissões Reportadas	Dummy para representar dados reportados pelas empresas versus estimados pela <i>Refinitiv</i> : Atribuição de "1" para dados reportados e "0" para dados estimados.	-	Independente	Moutinho e Silva (2024)

Variável	Definição	Sinal Esperado	Tipo	Literatura
Risco	Risco sistemático mensurado pelo beta, conforme modelo tradicional do CAPM: $R_{i,t} = \alpha + \beta(R_{m,t} - R_{f,t}) + \varepsilon_t$	+	Controle	Fama e French (2015); Görgen et al. (2020); Maciel et al. (2021)
Tamanho	Logaritmo natural do valor de mercado das firmas	+	Controle	Fama e French (2015); Maciel et al. (2021); Bolton e Kacperczyk (2021; 2023); Moutinho e Silva (2024)
<i>Book-to-Market</i>	Valor contábil da empresa dividido pelo Valor de mercado no final do ano t-1	+	Controle	Fama e French (2015); Maciel et al. (2021); Bolton e Kacperczyk (2021; 2023); Moutinho e Silva (2024)
Investimento	Razão entre o total de ativos no ano t-1 em relação ao total do ativo no tempo t-2, menos 1	+	Controle	Fama e French (2015); Görgen et al. (2020); Maciel et al. (2021);
Retorno sobre o Patrimônio Líquido (ROE)	Razão entre o lucro líquido e o total do patrimônio líquido	+	Controle	Fama e French (2015); Maciel et al. (2021); Bolton e Kacperczyk (2021; 2023); Moutinho e Silva (2024)

Na Tabela 6, incluiu-se a notação do sinal esperado para cada uma das variáveis, indicando se a relação esperada é positiva ou negativa. As variáveis relacionadas às emissões de carbono, totais e suas variações (emissões por escopos, 1, 2 e 3, emissões ponderadas pelas vendas e variação anual) e os níveis de poluição correlacionam-se com a primeira hipótese de pesquisa, que sugere uma relação negativa com os retornos das ações. Já as variáveis Renovabio e Acordo de Paris estão associadas à segunda hipótese de pesquisa, que propõe que regulamentações ambientais impactam negativamente os retornos acionários. No que se refere às variáveis de controle (risco, tamanho, *Book-to-Market*, investimento e ROE), em geral, espera-se uma relação positiva com os retornos acionários. Entretanto, essa relação pode variar entre positiva ou negativa, dependendo da amostra e do contexto analisado, conforme evidenciado nos estudos de Maciel et al. (2021), Fama e French (2015), Bolton e Kacperczyk (2021, 2023) e Moutinho e Silva (2024).

### 3.4 Método Estatístico

A técnica estatística utilizada neste estudo foi o modelo de regressão com dados em painel. Conforme afirma Gujarati e Porter (2011), os dados em painel são estudados na dimensão temporal e espacial. Os autores mencionam que as regressões poderão ser estimadas por *Pooled*,

Efeito Fixos ou Efeitos Aleatórios. A distinção entre cada uma dessas estimações está na análise do intercepto da regressão: nas estimações por *Pooled*, o intercepto dos indivíduos (empresas) não variam nem com o tempo e nem por indivíduos; já nas estimações por Efeitos Fixos, cada indivíduo possui seu próprio intercepto, entretanto, esse é invariante com o tempo; e no modelo de Efeitos Aleatórios, por sua vez, pressupõe-se que o intercepto é uma extração aleatória da amostra, com um valor médio constante que representa a população (Gujarati & Porter, 2011).

Ainda conforme Gujarati e Porter (2011), a escolha de um dos modelos (*Pooled*, Efeitos Fixos ou Efeitos aleatórios) ocorre por meio de testes de Chow, Breusch-Pagan e Hausman. Assim, após a verificação da estrutura mais adequada, procedeu-se com os testes de validações do modelo, os quais foram apresentados nas tabelas de cada regressão. Foram realizados os testes de especificação do modelo (Ramsey RESET); multicolinearidade, avaliada pelo Fator de inflação da variância (VIF); normalidade, por meio do Teste de Doornik-Hansen, heterocedasticidade, verificada pelo teste de Wald e autocorrelação, pelo teste de Wooldridge. Para os casos em que o pressuposto da normalidade não foi atendido, verificou-se a normalidade assintótica, por meio da análise da média dos resíduos, avaliando se esses apresentam média estatisticamente iguais a zero. Conforme explicado por Gujarati (2011), à medida que o tamanho de uma amostra cresce, a distribuição amostral tende à normalidade.

Os modelos estimados nesta pesquisa podem ser descritos por meio das equações a seguir, apresentadas na Tabela 7:

**Tabela 7: Equações**

Número Equação	Equação
Equação 1	$Ret_{it} = \beta_0 + \beta_1 TotCO2_{it} + \beta_2 Dummy\_report + \beta_3 TotCO2_{it} * Dummy\_report + \beta_4 Risc_{it} + \beta_5 Tam_{it} + \beta_6 BTM_{it} + \beta_7 Invest/A_{it} + \beta_8 ROE_{it} + c_i + \varepsilon_{it}$
Equação 2	$Ret_{it} = \beta_0 + \beta_1 Esc3_{it} + \beta_2 Dummy\_report + \beta_3 Esc3_{it} * Dummy\_report + \beta_4 Risc_{it} + \beta_5 Tam_{it} + \beta_6 BTM_{it} + \beta_7 Invest/A_{it} + \beta_8 ROE_{it} + c_i + \varepsilon_{it}$
Equação 3	$Ret_{it} = \beta_0 + \beta_1 TotCO2_{it} + \beta_2 Risc_{it} + \beta_3 Tam_{it} + \beta_4 BTM_{it} + \beta_5 Invest/A_{it} + \beta_6 ROE_{it} + c_i + \varepsilon_{it}$
Equação 4	$Ret_{it} = \beta_0 + \beta_1 VarTotCO2_{it} + \beta_2 Risc_{it} + \beta_3 Tam_{it} + \beta_4 BTM_{it} + \beta_5 Invest/A_{it} + \beta_6 ROE_{it} + c_i + \varepsilon_{it}$
Equação 5	$Ret_{it} = \beta_0 + \beta_1 TotCO2/Vendas_{it} + \beta_2 Risc_{it} + \beta_3 Tam_{it} + \beta_4 BTM_{it} + \beta_5 Invest/A_{it} + \beta_6 ROE_{it} + c_i + \varepsilon_{it}$
Equação 6	$Ret_{it} = \beta_0 + \beta_1 Esc1_{it} + \beta_2 Esc2_{it} + \beta_3 Esc3_{it} + \beta_4 Risc_{it} + \beta_5 TAM_{it} + \beta_6 BTM_{it} + \beta_7 Invest/A_{it} + \beta_8 ROE_{it} + c_i + \varepsilon_{it}$

Número Equação	Equação
Equação 7	$Ret_{it} = \beta_0 + \beta_1 TotCO2_{it} + \beta_2 DummiesNívelPoluição + \beta_3 Risc_{it} + \beta_4 Tam_{it} + \beta_5 BTM_{it} + \beta_6 Invest/A_{it} + \beta_7 ROE_{it} + c_i + \varepsilon_{it}$
Equação 8	$Ret_{it} = \beta_0 + \beta_1 TotCO2_{it} + \beta_2 AcParis + \beta_3 TotCO2_{it} * AcParis + \beta_4 Risc_{it} + \beta_5 Tam_{it} + \beta_6 BTM_{it} + \beta_7 Invest/A_{it} + \beta_8 ROE_{it} + c_i + \varepsilon_{it}$
Equação 9	$Ret_{it} = \beta_0 + \beta_1 TotCO2_{it} + \beta_2 Renovabio + \beta_3 Risc_{it} + \beta_4 Tam_{it} + \beta_5 BTM_{it} + \beta_6 Invest/A_{it} + \beta_7 ROE_{it} + c_i + \varepsilon_{it}$

Em que:

- a) **Ret** é o retorno anual das ações da empresa i no ano t;
- b) **TotCO2** é o total das emissões de carbono brutas logaritmizadas da empresa i no ano t;
- c) **VarTotCO2** é a variação anual das emissões de carbono da empresa i no tempo t, em relação ao tempo t-1;
- d) **TotCO2/Vendas** é o logaritmo natural do total das emissões de carbono brutas da empresa i no ano t, ponderadas pelo total de receitas da empresa i no mesmo ano;
- e) **TotCO2 \* AcParis** é uma *dummy* interativa, representada pela multiplicação do total das emissões de carbono brutas logaritmizadas da empresa i no ano t pela *dummy* do período posterior ao Acordo de Paris;
- f) **DummiesNívelPoluição** é representada por quatro *dummies* que indicam os níveis de poluição: AAalto, Alto, MMédio e Médio. Os setores não classificados com um nível de poluição pela legislação foram representados na categoria de referência;
- g) **Dummy\_report** é uma *dummy* que indica se os dados das emissões de carbono foram reportados (atribuição igual a 1) ou estimados (atribuição igual a 0);
- h) **Esc1** é o total das emissões de carbono no escopo 1, logaritmizadas;
- i) **Esc2** é o total das emissões de carbono no escopo 2, logaritmizadas;
- j) **Esc3** é total das emissões de carbono no escopo 3, logaritmizadas;
- k) **Risc** é a medida de risco mensurada por meio do Beta do modelo tradicional CAPM;
- l) **Tam** é o tamanho da empresa, mensurado pelo logaritmo natural do valor de mercado;
- m) **BTM** é o indicador *Book-to-Market*, mensurado pela razão entre o valor contábil e o valor de mercado no tempo t-1;
- n) **Invest/A** é o investimento, mensurado pela proporção dos ativos totais da empresa i no tempo t-1 em relação ao tempo t-2, menos 1;
- o) **ROE** é o retorno sobre o patrimônio líquido, mensurado pela razão entre o lucro líquido e o total do patrimônio líquido;

- p)  $c_i + \varepsilon_{it}$  é o termo de erro composto do modelo, sendo o primeiro referente ao efeito individual específico não observável e o segundo relativo ao erro usual da regressão.

Na Tabela 8, correlacionam-se os objetivos específicos desta pesquisa com os procedimentos metodológicos que subsidiaram as análises. Os procedimentos e modelos estatísticos relacionados aos objetivos (1) e (2), indicados na Tabela 8, fundamentam a primeira hipótese de pesquisa: as emissões de carbono afetam o retorno acionário. Já aqueles relacionados aos objetivos (3) e (4), contribuem para as análises da segunda hipótese de pesquisa: políticas e regulamentações relacionadas ao carbono afetam o retorno acionário.

**Tabela 8: Correlação dos objetivos específicos e procedimentos metodológicos**

Objetivo	Procedimentos	Equação
		$Ret_{it} = \beta_0 + \beta_1 TotCO2_{it} + \beta_2 Dummy\_report + \beta_3 TotCO2_{it} * Dummy\_report + \beta_4 Risc_{it} + \beta_5 Tam_{it} + \beta_6 BTM_{it} + \beta_7 Invest/A_{it} + \beta_8 ROE_{it} + c_i + \varepsilon_{it} (1)$
	(1) As equações 1 e 2 serviram de base para a investigação da Teoria da Sinalização, ao segregar as emissões reportadas daquelas estimadas.	$Ret_{it} = \beta_0 + \beta_1 Esc3_{it} + \beta_2 Dummy\_report + \beta_3 Esc3_{it} * Dummy\_report + \beta_4 Risc_{it} + \beta_5 Tam_{it} + \beta_6 BTM_{it} + \beta_7 Invest/A_{it} + \beta_8 ROE_{it} + c_i + \varepsilon_{it} (2)$
(1) Investigar, de forma independente, a relação entre as emissões de carbono, totais, por unidade de vendas, variações anuais e por escopos, das empresas brasileiras e o retorno de suas ações, sob a perspectiva da Teoria da Sinalização;	(2) Considerando que não há correlações altas entre os escopos, foi possível analisar os escopos 1, 2 e 3 em conjunto.	$Ret_{it} = \beta_0 + \beta_1 TotCO2_{it} + \beta_2 Risc_{it} + \beta_3 Tam_{it} + \beta_4 BTM_{it} + \beta_5 Invest/A_{it} + \beta_6 ROE_{it} + c_i + \varepsilon_{it} (3)$
	(3) As emissões foram analisadas de quatro maneiras distintas: logaritmo natural das emissões brutas em toneladas; variação das emissões totais ao longo do tempo; emissões brutas ponderadas pelo total das receitas; e emissões por escopo ponderadas pelas vendas.	$Ret_{it} = \beta_0 + \beta_1 VarTotCO2_{it} + \beta_2 Risc_{it} + \beta_3 Tam_{it} + \beta_4 BTM_{it} + \beta_5 Invest/A_{it} + \beta_6 ROE_{it} + c_i + \varepsilon_{it} (4)$
		$Ret_{it} = \beta_0 + \beta_1 TotCO2/Vendas_{it} + \beta_2 Risc_{it} + \beta_3 Tam_{it} + \beta_4 BTM_{it} + \beta_5 Invest/A_{it} + \beta_6 ROE_{it} + c_i + \varepsilon_{it} (5)$
		$Ret_{it} = \beta_0 + \beta_1 Esc1_{it} + \beta_2 Esc2_{it} + \beta_3 Esc3_{it} + \beta_4 Risc_{it} + \beta_5 TAM_{it} + \beta_6 BTM_{it} + \beta_7 Invest/A_{it} + \beta_8 ROE_{it} + c_i + \varepsilon_{it} (6)$

<p>(2) Analisar a influência do nível de poluição no retorno das ações, por meio da segregação da amostra em grupos de empresas, conforme a classificação do nível de poluição estabelecido pela Lei 10.165, de 27 de dezembro de 2000.</p>	<p>(1) Avaliação da influência do nível de poluição nos retornos por meio da construção de <i>dummies</i> para os níveis de poluição (AAalto, Alto, MMédio, Médio, Pequeno).</p> <p>(2) Devido à baixa quantidade de dados, não foi possível criar <i>dummies</i> interativas, em razão da perda de graus de liberdade. Assim, como análise adicional, estimou-se as regressões individualizadas para cada nível de poluição, conforme modelo da Equação n. 3.</p>	$Ret_{it} = \beta_0 + \beta_1 TotCO2_{it} + \beta_2 DummiesNívelPoluição + \beta_3 Risc_{it} + \beta_4 Tam_{it} + \beta_5 BTM_{it} + \beta_6 Invest/A_{it} + \beta_7 ROE_{it} + c_i + \varepsilon_{it} \quad (7)$
<p>(3) Analisar a influência do Acordo de Paris no retorno acionário.</p>	<p>(1) Regressão de retornos das ações, contendo uma <i>dummy</i> de interação entre as emissões totais de carbono*<i>dummy</i> para o período após o acordo de Paris.</p>	$Ret_{it} = \beta_0 + \beta_1 TotCO2_{it} + \beta_2 AcParis + \beta_3 TotCO2_{it} * AcParis + \beta_4 Risc_{it} + \beta_5 Tam_{it} + \beta_6 BTM_{it} + \beta_7 Invest/A_{it} + \beta_8 ROE_{it} + c_i + \varepsilon_{it} \quad (8)$
<p>(4) Analisar a influência da Renovabio no retorno acionário.</p>	<p>(1) Regressão de retornos das ações contendo uma variável <i>dummy</i> para representar o período após a vigência da Renovabio, 2017. Devido à baixa quantidade de empresas do setor de combustíveis fósseis, não foi possível criar <i>dummies</i> interativas, em razão da perda de graus de liberdade.</p>	$Ret_{it} = \beta_0 + \beta_1 TotCO2_{it} + \beta_2 Renovabio + \beta_3 Risc_{it} + \beta_4 Tam_{it} + \beta_5 BTM_{it} + \beta_6 Invest/A_{it} + \beta_7 ROE_{it} + c_i + \varepsilon_{it} \quad (9)$

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Esta seção está organizada em quatro subseções. Na primeira, são apresentadas as estatísticas descritivas da amostra. Na segunda, investiga-se as evidências da Teoria da Sinalização. Na terceira, é discutida a primeira hipótese desta pesquisa, que busca evidências empíricas da relação entre as emissões de carbono e o retorno acionário. Por fim, na quarta subseção, é analisada a segunda hipótese de pesquisa, cuja finalidade é avaliar se as regulamentações de carbono afetam o retorno acionário.

### **4.1 Estatísticas Descritivas**

Na Tabela 9, apresentam-se as correlações de Pearson, considerando as variáveis analisadas neste estudo, bem como os níveis de significância estatística, representados pelo símbolo asterisco. Observa-se baixas correlações entre as variáveis de controle. Em relação às variáveis de interesse, nota-se que há alta correlação entre o total de emissões de carbono e as emissões segregadas por escopo, o que possui sentido lógico, entretanto, essas variáveis foram analisadas em modelos estatísticos distintos. No que tange à correlação entre as emissões por escopos, existem correlações positivas e significativas, porém, abaixo de 80%, conforme critério de análise preliminar de fontes de multicolinearidade apresentado por Gujarati (2011). Adicionalmente, o VIF foi calculado para todas as regressões para a análise da multicolinearidade, sendo seus valores apresentados nas tabelas subsequentes a cada regressão.

Tabela 9: Matriz de Correlação de Pearson

Variable	ret_anual	beta	ln_vm	btm	roe	invest_a	totvarco2	Intotco2	lnTotCO2/ Vendas	lnesc1	lnesc2	lnesc3
<b>ret_anual</b>	<b>1,00</b>											
<b>beta</b>	0,11***	<b>1,00</b>										
<b>ln_vm</b>	0,16***	0,05	<b>1,00</b>									
<b>btm</b>	0,08*	-0,09**	-0,04	<b>1,00</b>								
<b>roe</b>	0,05	-0,07	0,03	-0,06	<b>1,00</b>							
<b>invest_a</b>	-0,10**	-0,03	-0,03	-0,10**	0,01	<b>1,00</b>						
<b>totvarco2</b>	-0,03	-0,05	-0,04	-0,01	0,02	0,20***	<b>1,00</b>					
<b>Intotco2</b>	0,04	-0,11**	0,29***	0,09**	0,07	-0,05	0,07	<b>1,00</b>				
<b>lnTotCO2/ Vendas</b>	-0,01	-0,00	-0,37***	-0,01	-0,00	0,01	0,12**	0,30***	<b>1,00</b>			
<b>lnesc1</b>	0,06	-0,13***	0,22***	0,06	0,05	-0,09**	-0,08*	0,84***	0,29***	<b>1,00</b>		
<b>lnesc2</b>	0,00	-0,15***	0,33***	0,26***	0,02	-0,16***	-0,01	0,68***	0,11***	0,62***	<b>1,00</b>	
<b>lnesc3</b>	0,02	-0,16***	0,33***	0,04	0,08*	0,00	0,12**	0,85***	0,16***	0,55***	0,51***	<b>1,00</b>

Na Tabela 10, apresentam-se as estatísticas descritivas, considerando os *outliers* na amostra.

**Tabela 10: Estatística Descritiva com *outliers***

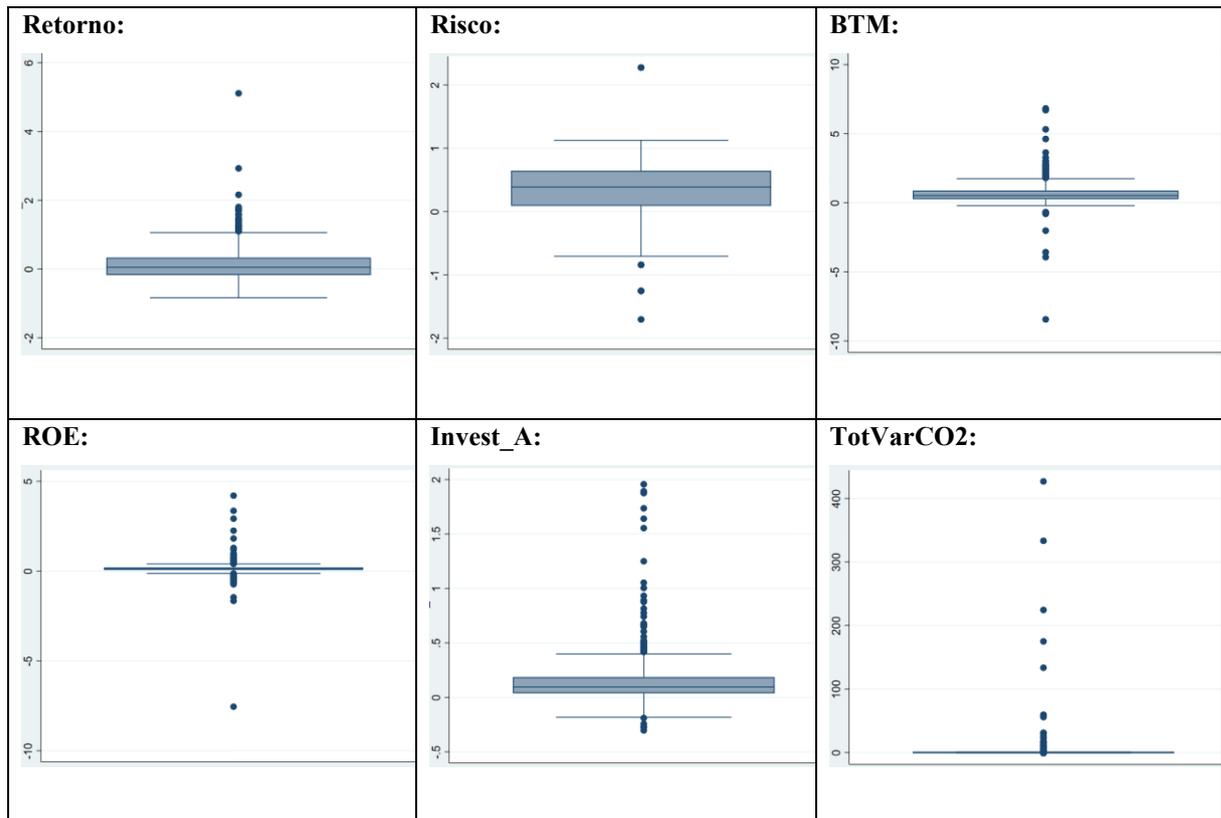
Variável	Média	Mediana	Desvio Padrão	N. Observações	Coef. de Variação
Ret_anual	0,14	0,05	0,51	539	3,69
Risco	0,33	0,39	0,51	539	1,54
Ln_VM	23,59	23,61	1,25	539	0,05
BTM	0,66	0,53	0,87	539	1,32
ROE	0,15	0,13	0,49	539	3,34
Invest_A	0,15	0,10	0,25	536	1,66
TotVarCO2	3,55	0,01	28,73	483	8,09
LnTotCO2	13,05	13,11	2,88	539	0,22
LnTotCO2/Vendas	-11,14	-10,37	3,62	539	-0,32
LnEsc1	11,30	11,02	3,20	529	0,28
LnEsc2	10,21	10,37	2,49	534	0,24
LnEsc3	11,67	11,53	3,40	465	0,29

Notas: Em que Ret\_anual é o retorno das ações; Risco, o Beta; Ln\_VM, o valor de mercado da empresa logaritimizado; BTM, o indicador *Book-to-Market*; ROE, o retorno sobre o patrimônio líquido; Invest\_A, o investimento; TotVarCO2, a variação anual das emissões de carbono; LnTotCO2, a emissão bruta de carbono logaritimizada; LnTotCO2/Vendas, o total das emissões de carbono ponderado pelas receitas, logaritimizado; LnEsc1, a emissão bruta de carbono no escopo 1, logaritimizada; LnEsc2, a emissão bruta de carbono no escopo 2, logaritimizada; e LnEsc3, a emissão bruta de carbono no escopo 3, logaritimizada. Vide a definição das variáveis na Tabela 6.

É importante destacar que as variáveis de interesse logaritimizadas (LnTotCO2, LnTotCO2/Vendas, LnEsc1, LnEsc2, LnEsc3) apresentam menores coeficientes de variação, que expressam a medida de dispersão dos dados por meio do desvio padrão em relação à média. Observa-se que as médias dessas variáveis têm valores próximos das medianas, o que é importante para a característica de normalidade dos dados. Quanto às variáveis de controle e à variável relacionada à variação anual do total das emissões de carbono (TotVarCO2), os dados apresentam maiores discrepâncias, indicando alta variabilidade entre as empresas da amostra e sinalizando a presença de *outliers*, que podem influenciar os modelos significativamente. Desse modo, optou-se por apresentar os resultados com e sem os *outliers* para análise do impacto destes nos resultados.

Na Figura 1, apresenta-se o gráfico box-plot para as variáveis com maiores discrepâncias em relação à variabilidade dos dados, conforme observado na Tabela 10.

Figura 1: Box Plot de variáveis – com outliers



A análise visual da Figura 1 evidencia a presença de dados discrepantes em níveis distintos, com maior dispersão na variável TotVarCO2.

Na Tabela 11, apresentam-se as estatísticas descritivas considerando a exclusão dos *outliers*, identificados a partir do cálculo dos z-escores ( $z = (x - \mu) / \sigma$ ) maiores que três, em que “x” é o valor observado, “ $\mu$ ” é a média amostral e “ $\sigma$ ” é o desvio padrão amostral. A partir da Tabela 11, observa-se menores coeficientes de variação, indicando que a exclusão de *outliers* modificou as características do conjunto de dados. A variável retorno das ações apresentou maior coeficiente de variação e isso ocorreu pela nova proporcionalidade do desvio padrão em relação à média.

Tabela 11: Estatística Descritiva sem *outliers*

Variável	Média	Mediana	Desvio Padrão	N. Observações	Coef. de Variação
Ret_anual	0,10	0,05	0,40	492	3,79
Beta_hat	0,34	0,39	0,40	492	1,17
Ln_VM	23,62	23,64	1,25	492	0,05
BTM	0,65	0,53	0,54	492	0,82
ROE	0,15	0,13	0,20	492	1,33
Invest_A	0,12	0,09	0,15	489	1,24
TotVarCO2	0,95	0,01	5,07	441	5,35
LnTotCO2	13,02	13,15	2,90	492	0,22
LnTotCO2/Vendas	-11,22	-10,39	3,68	492	-0,33
LnEsc1	11,26	11,06	3,21	483	0,28
LnEsc2	10,29	10,61	2,45	488	0,24
LnEsc3	11,64	11,56	3,45	421	0,30

Notas: Em que Ret\_anual é o retorno das ações; Risco, o Beta; Ln\_VM, o valor de mercado da empresa logaritimizado; BTM, o indicador *Book-to-Market*; ROE, o retorno sobre o patrimônio líquido; Invest\_A, o investimento; TotVarCO2, a variação anual das emissões de carbono; LnTotCO2, a emissão bruta de carbono logaritimizada; LnTotCO2/Vendas, o total das emissões de carbono ponderado pelas receitas, logaritimizado; LnEsc1, a emissão bruta de carbono no escopo 1, logaritimizada; LnEsc2, a emissão bruta de carbono no escopo 2, logaritimizada; e LnEsc3, a emissão bruta de carbono no escopo 3, logaritimizada. Vide a definição das variáveis na Tabela 6.

A análise das características dos dados revela semelhanças e diferenças em relação à amostra de Moutinho e Silva (2024). A variável "Retorno", por exemplo, apresentou uma média de aproximadamente 15%, com desvio padrão de 0,48 no estudo desses autores, sem o tratamento de winsorização. Nesta pesquisa, a exclusão dos *outliers* reduziu a média do retorno das ações de 14% para 10%, com desvio padrão de 0,51 e 0,40, respectivamente. No caso da variável ROE, na pesquisa de Moutinho e Silva (2024), winsorizada a 2,5%, a média foi de cerca de 13%, enquanto, nesta pesquisa, ao excluir os dados discrepantes, a média foi de 15%. Já as variáveis Tamanho e BTM apresentaram valores médios similares, sendo 23,49 e 0,69, respectivamente, no estudo de Moutinho e Silva (2024), e 23,62 e 0,65, nessa mesma ordem, no presente estudo.

A comparação dos retornos médios em relação à média internacional, com base nos dados apresentados por Gørgen et al. (2020) e Bolton e Kacperczyk (2021, 2023), demonstra uma maior dispersão nos retornos do Brasil, considerando o desvio padrão de 1,7% na pesquisa de Gørgen et al. (2020), de 2,95% no contexto estadunidense em Bolton e Kacperczyk (2021) e de 10,23% na pesquisa global de Bolton e Kacperczyk (2023). Nesta pesquisa, o desvio padrão dos retornos foi de 40%. Tendo em vista que esses autores calcularam os retornos de formas distintas, o valor médio dos retornos não pode ser diretamente comparado. Contudo, a maior dispersão dos retornos na amostra analisada neste estudo, em relação à dispersão global,

evidencia as diferenças estruturais, econômicas e políticas do Brasil, o que pode refletir em diferentes resultados na análise do retorno das ações e das emissões de carbono.

Na Tabela 12, evidenciam-se as emissões médias de carbono ao longo do período de 2014 a 2022, totais e de acordo com os escopos 1, 2 e 3, mensuradas em toneladas de carbono. Conforme mencionado anteriormente, as emissões do escopo 1 correspondem às emissões diretas de gases de efeito estufa provenientes de fontes controladas pelas empresas que as emitem. As emissões do escopo 2 referem-se às emissões indiretas decorrentes do consumo de energia pelas empresas. O escopo 3, por sua vez, representa outras fontes de emissões indiretas, não controladas diretamente pelas empresas, mas decorrentes de suas atividades.

**Tabela 12: Emissões médias de carbono durante o período 2014 a 2022**

Ano	N. Obs. (emissões totais)	Emissões totais	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3
2014	38	26.120.786	3.868.360	439.490	21.812.936
2015	42	23.322.320	3.687.000	299.656	19.335.664
2016	43	20.849.179	1.480.492	226.879	19.141.809
2017	49	24.660.903	2.702.180	232.760	21.725.963
2018	54	23.286.895	2.595.469	156.887	20.534.540
2019	68	19.255.571	2.257.421	258.209	16.739.941
2020	83	10.427.755	1.802.945	182.319	8.442.491
2021	86	12.508.489	1.908.585	212.970	10.386.934
2022	76	11.877.660	1.452.672	117.446	10.307.543
<b>Total</b>	<b>539</b>	<b>17.602.659</b>	<b>2.255.594</b>	<b>220.503</b>	<b>15.126.562</b>

Nota: valores são expressos em toneladas de CO<sub>2</sub>.

Nota-se que o total de emissões reduziu aproximadamente 55% na comparação entre as emissões totais de 2014 a 2022. No escopo 3, a redução foi similar, mas no escopo 2, a redução foi de cerca de 74%. Os dados das emissões de carbono médias agregadas por período evidenciam que as emissões de carbono no escopo 3 são, em média, cerca de seis vezes maiores do que as do escopo 1, evidenciando que as empresas componentes da amostra atribuem a maior parte de suas emissões de carbono a terceiros. Já as emissões no escopo 2 são cerca de dez vezes menores do que as do escopo 1. Ao longo do período, também se observa redução das emissões em todos os escopos, porém, ressalta-se que a maior parte da redução a partir de 2020 provavelmente decorreu em função da pandemia de Covid-19. Adicionalmente, outros fatores externos podem ter contribuído para essas reduções, como as políticas de descarbonização e a aprimoração dos métodos de mensuração. No escopo 2, apenas no período 2021-2022,

verificou-se uma redução de aproximadamente 45%, o que pode indicar mudanças na matriz energética brasileira, como o aumento da geração própria de energia pelas empresas, por exemplo, por meio de fontes fotovoltaicas (Bomfim et al., 2021).

Na Tabela 13, detalham-se as emissões médias de carbono por setor e por escopo, além de apresentar a proporção das emissões do escopo 3 em relação ao escopo 1.

**Tabela 13: Emissões médias de carbono durante o período 2014 a 2022 por setor econômico**

Setor Econômico	N. Obs. (emissões totais)	Emissões totais	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	Razão entre os escopos 3 e 1
Materiais e Energia	61	133.328.985	13.640.869	645.737	119.042.379	8,73
Materiais básicos - químicos, madeira e papel	32	10.233.623	3.357.777	328.194	6.547.652	1,95
Setor Industrial	79	1.580.772	510.167	26.707	1.043.899	2,05
Bens de Consumo cíclico	65	747.183	27.377	61.375	658.430	24,05
Bens de Consumo não cíclico	79	6.055.670	845.342	272.050	4.938.278	5,84
Serviços de saúde, imobiliário e tecnologia	55	114.907	15.865	39.770	59.271	3,74
Financeiro	66	108.069	28.827	21.979	57.263	1,99
Utilidades	102	3.548.932	1.613.565	369.899	1.565.468	0,97
<b>Total Geral</b>	<b>539</b>	<b>17.602.659</b>	<b>2.255.594</b>	<b>220.503</b>	<b>15.126.562</b>	<b>6,71</b>

Nota: valores são expressos em toneladas de CO<sub>2</sub>.

Nota-se que o setor de Materiais e Energia lidera o total de emissões, totais e por escopo, apresentando a maior emissão de carbono no escopo 1 em comparação aos demais setores. Em segundo lugar, destaca-se o setor de Materiais Básicos – químicos, madeiras e papel –, que registra as maiores emissões de carbono no escopo 3. Os setores Financeiro, de Serviços de Saúde, Imobiliário e de Tecnologia são aqueles que apresentam, em média, as menores emissões de carbono. Cabe destacar que há uma variação significativa entre os níveis de emissões de cada setor.

Além disso, observa-se que os setores com as maiores proporções de emissões no escopo 3 em relação ao escopo 1 são bens de consumo cíclico, materiais e energia, e bens de consumo não cíclico. Bolton e Kacperczyk (2021) destacam que as emissões no escopo 3 são geralmente estimadas com base em uma matriz insumo-produto e apresentam maiores concentrações em alguns setores. No estudo desses autores, as emissões médias no escopo 3 foram cerca de 44% a 48% superiores às do escopo 1 para setores relacionados ao consumo cíclico. Em contraste,

as emissões dos escopos 1 e 2 são comumente reportadas diretamente pelas empresas. Essa disparidade também evidencia peculiaridades na matriz insumo-produto brasileira ou no modelo de estimação das emissões de carbono no escopo 3 pela *Refinitiv*.

Na Tabela 14, detalham-se as emissões médias de carbono por nível de poluição, conforme a classificação estabelecida pela Lei 10.165, de 27 de dezembro de 2000.

**Tabela 14: Emissões Totais de Carbono por nível de poluição – Lei 10.165/2000**

Nível de Poluição	N. Obs. (emissões totais)	Emissões totais	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3
<b>Aalto</b>	54	148.900.439	15.224.587	728.126	132.947.726
<b>Alto</b>	121	4.607.669	1.285.550	99.900	3.222.219
<b>Mmédio</b>	11	4.042.196	293.793	388.671	3.359.732
<b>Médio</b>	170	4.820.110	1.338.223	342.460	3.139.428
<b>Não classificado</b>	183	140.977	40.199	27.054	73.724
<b>Total</b>	<b>539</b>	<b>17.602.659</b>	<b>2.255.594</b>	<b>220.503</b>	<b>15.126.562</b>

Nota: valores são expressos em toneladas de CO<sub>2</sub>.

Nota-se na Tabela 14, que o nível mais elevado, AAlto, destoa significativamente dos demais grupos, apresentando uma diferença média de 144.292.770 toneladas de carbono em relação ao nível Alto. Ao comparar a Tabela 14 com a Tabela 13, observa-se que as classificações da legislação parecem defasadas na análise do nível de poluição por quantidade carbono emitido, pois as diferenças entre os setores se mostram mais delimitadas. Essa mesma observação se aplica às emissões por escopo.

Os tópicos a seguir aprofundam as análises, apresentando as regressões elencadas na Tabela 7, organizadas em grupos conforme os objetivos desta pesquisa. Primeiramente, examinam-se as evidências da Teoria da Sinalização, seguidas pelas análises das hipóteses que investigam a relação entre as emissões de carbono, as legislações e regulamentações ambientais e o retorno acionário.

## 4.2 Evidências da Teoria da Sinalização

A Teoria da Sinalização, conforme descrito na seção do referencial teórico, está associada à divulgação espontânea de informações pela empresa que reporta a informação, com o objetivo

de influenciar a percepção do mercado e obter benefícios, gerando respostas favoráveis dos investidores. Desse modo, para a investigação de evidências da Teoria da Sinalização neste estudo, apresenta-se, na Tabela 15, as estatísticas descritivas das empresas que reportam suas emissões de carbono em comparação àquelas que têm suas emissões estimadas pela *Refinitiv*.

**Tabela 15: Emissões de Carbono Estimadas e Reportadas**

<b>Emissões de Carbono</b>	<b>Variáveis</b>	<b>N. obs.</b>	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Coef. de Variação</b>
<b>Reportadas</b>	Ret_anual	298	0,16	-0,83	2,16	0,44	2,73
	Risco	298	0,25	-1,70	1,13	0,51	2,02
	Ln_VM	298	23,93	20,05	26,86	1,19	0,05
	BTM	298	0,63	-8,43	6,83	1,01	1,60
	ROE	298	0,16	-0,73	3,36	0,34	2,07
	Invest_A	298	0,14	-0,28	1,96	0,24	1,72
	TotCO2	298	29.341.549	316	601.400.000	106.129.764	3,62
	TotCO2Esc1	298	3.194.139	0	79.600.000	10.587.510	3,31
	TotCO2Esc2	298	308.422	0	2.890.986	530.007	1,72
	TotCO2Esc3	298	25.838.989	0	563.000.000	99.553.064	3,85
<b>Estimadas</b>	Ret_anual	241	0,11	-0,78	5,11	0,59	5,26
	Risco	241	0,43	-0,61	2,27	0,49	1,15
	Ln_VM	241	23,17	20,37	26,55	1,19	0,05
	BTM	241	0,69	-0,16	5,32	0,65	0,95
	ROE	241	0,12	-7,55	4,20	0,62	5,05
	Invest_A	238	0,16	-0,30	1,89	0,25	1,59
	TotCO2	241	3.087.352	78	56.901.610	8.029.257	2,60
	TotCO2Esc1	241	1.095.071	0	14.577.163	2.796.439	2,55
	TotCO2Esc2	241	111.790	0	3.115.672	346.086	3,10
	TotCO2Esc3	241	1.880.491	0	48.326.600	6.960.858	3,70

Nota: Emissões de carbono são expressas em toneladas de CO<sub>2</sub>.

A partir da análise da Tabela 15, observa-se que as empresas que reportam os dados de carbono, em média, possuem maiores retornos acionários e menor prêmio de risco, mesmo diante de maior magnitude de emissões de carbono. A razão entre as emissões de carbono nos escopos 1 e 3 é maior quando os dados são reportados pela própria empresa, o que pode representar o fenômeno do *greenwashing* ou refletir as características operacionais nesse grupo de empresas. Nesse sentido, é possível que o investidor avalie as informações no escopo 3 de maneira distinta.

Na Tabela 16, apresenta-se a regressão com a inclusão da *dummy* que representa os dados reportados e estimados, visando avaliar se o mercado precifica essa distinção. Adicionalmente,

na Equação 2, analisa-se a relação entre o retorno acionário e as emissões no escopo 3 por meio de uma *dummy* interativa ( $Esc3 * dummy\_report$ ). Esse enfoque considera que os investidores podem perceber as emissões do escopo 3 como não diretamente atribuíveis às empresas, o que pode influenciar a precificação dos ativos, especialmente diante do fenômeno do *greenwashing*.

**Tabela 16: Regressões comparativas - emissões de CO2 reportadas x estimadas**

Variáveis Explicativas	Modelos estimados	
	Equação 1	Equação 2
TotCO2	-0,0116* (0,0060)	
Dummy_report	0,3524*** (0,0813)	0,2159** (0,0951)
Dummy_report * TotCO2	-0,0233*** (0,0064)	
Esc3		0,0086 ** (0,0034)
Dummy_report * Esc3		-0,0166** (0,0076)
Risco	0,0486 (0,0324)	0,0339 (0,0282)
Tamanho	0,0964*** (0,0133)	-0,0033 (0,0036)
BTM	0,2071*** (0,0214)	0,1002*** (0,0209)
ROE	0,5979*** (0,0653)	Omitido
Invest/A	-0,0662 (0,0655)	0,0008 (0,0785)
Constante	-2,3384*** (0,2843)	Omitida
Observações	489	415
Wald Chi2	2471,99	4,40e+09
P-valor do teste F	0,0000	0,0000
Mean VIF	7,27	4,94
Chow	F(83, 399) = 4,10***	F(81, 330) = 3,80***
Breusch-Pagan	chibar2(01) = 0,20	chibar2(01) = 0,38
Hausman	chi2(6) = 242,74***	chi2(6) = 184,61***
Wald	chi2 (84) = 23471,51***	chi2 (82) = 30261,63***
Wooldridge	F( 1, 76) = 0,641	F(1, 65) = 0,270

Obs.: Estimaco por FGLS (*Feasible Generalized Least Squares*), com efeitos fixos de ano e setor, considerando os problemas de heterocedasticidade e autocorrelaco, quando detectados na execuo dos modelos.

So apresentados os coeficientes e a significncia estatística, indicada com a notaco do “\*\*\*”, conforme o p-valor: \*\*\* para p-valores inferiores a 1%, \*\* para p-valores inferiores a 5% e \* para p-valores inferiores a 10%. Os valores entre parnteses so erros-padro.

---

Notas: Em que Risco é o Beta; Ln VM, o valor de mercado da empresa logaritimizado; BTM, o indicador *Book-to-Market*; ROE, o retorno sobre o patrimônio líquido; Invest\_A, o investimento; TotCO2, a emissão bruta de carbono logaritimizada; *Dummy\_report* é a *dummy* que indica se a emissão de carbono é reportada (atribuição 1) ou estimada pela *Refinitiv* (atribuição 0); *Dummy\_report* \* TotCO2 e a *dummy* interativa, resultante da multiplicação da *Dummy\_report* pelas emissões totais de carbono logaritimizadas; *Dummy\_report* \* Esc3 e a *dummy* interativa, resultante da multiplicação da *Dummy\_report* pelas emissões totais de carbono no escopo 3 logaritimizadas; Esc 3, a emissão bruta de carbono no escopo 3, logaritimizada. Vide a definição das variáveis na Tabela 6.

---

A análise da Equação 1 sugere que empresas que reportam suas emissões de carbono tendem a apresentar maiores retornos em comparação àquelas que apresentam dados estimados, conforme coeficiente positivo e estatisticamente significativo da *dummy\_report* (0,3524), ao nível de 1% de significância. Entretanto, o mercado tende a penalizar mais as emissões de carbono mais elevadas para empresas que reportam suas emissões, conforme coeficiente negativo e estatisticamente significativo da *dummy* interativa (-0,0233), também ao nível de 1% de significância.

Esses resultados são compatíveis com a Teoria da Sinalização, evidenciando que o mercado valoriza as informações de carbono reportadas pela própria empresa, compensando-as com maiores retornos, desde que se empenhem na diminuição da poluição. Ao avaliar as emissões no escopo 3, considerando as emissões reportadas e estimadas, constata-se uma inversão dos sinais (0,0086 e -0,0166), ambos estatisticamente significativos ao nível de 5% de significância, sugerindo que a relação negativa corrobora os resultados obtidos para a variável TotCo2 na Equação 1. Entretanto, o sinal positivo observado no escopo 3, analisado isoladamente, parece estar sendo influenciado por algum fator externo.

Vale ressaltar outra linha de raciocínio que pode justificar essa inversão de sinais. É possível que os investidores não avaliem as informações de carbono por escopo e, nesse caso, a significância estatística ocorreria em razão da alta correlação entre as emissões por escopo e as emissões totais, conforme a Tabela 9. Além disso, a Equação 2 apresenta problemas do modelo estatístico, haja vista a omissão do ROE e da constante, valor elevado do teste Wald  $\chi^2$ , que pode representar um sobreajuste do modelo.

Assim, ao equalizar os resultados das Equações 1 e 2, verifica-se que estes achados representam um avanço em relação à pesquisa de Jung et al. (2014) e Prates et al. (2021), que indicaram que os credores beneficiavam empresas que divulgavam suas emissões de carbono, independentemente do nível de poluição. Neste estudo, observa-se que as empresas que

reportam suas emissões obtêm maiores benefícios; contudo, os investidores demonstram maior rigor, captando as informações, mas penalizando os níveis mais elevados de poluição com menores retornos.

### 4.3 Primeira hipótese – Emissões de carbono e o retorno acionário

Nesta seção, apresentam-se as discussões sobre a relação entre as emissões de carbono e o retorno acionário. Inicialmente, analisam-se as emissões de carbono em quatro categorias distintas: emissões totais, variação anual das emissões, emissões totais ponderadas pelas vendas e emissões por escopo. Em seguida, examinam-se as emissões totais considerando o agrupamento das empresas conforme o nível de poluição, de acordo com a classificação estabelecida pela Lei nº 10.165/2000.

Na Tabela 17, apresentam-se as regressões em painel com efeitos fixos de tempo e setor, estimadas por mínimos quadrados generalizados factíveis (FGLS), conforme os modelos de equações apresentados anteriormente na Tabela 7. Em todas as equações, a variável dependente é o retorno das ações. Na Equação 3, a variável de interesse é o total de emissões de carbono. Na Equação 4, a variável de interesse são as variações anuais das emissões de carbono. Na Equação 5, a variável de interesse são as emissões de carbono ponderadas pelas vendas. Na Equação 6, analisam-se as emissões de carbono individualizadas por escopo. O lado esquerdo da Tabela 16 apresenta os resultados das regressões sem a exclusão de *outliers*, enquanto o lado direito exibe os resultados com a presença dos *outliers*.

**Tabela 17: Regressões - nível total de emissões, variações ano a ano, emissões por escopo e emissões por unidade de vendas**

Variáveis Explicati vas	Modelos estimados								
	Sem <i>Outliers</i>				Com <i>Outliers</i>				
	Eq 3	Eq 4	Eq 5	Eq 6	Eq 3	Eq 4	Eq 5	Eq 6	
TotCO2	- 0,0127** (0,0057)				-0,0179*** (0,0061)				
TotVarC O2		0,0016 (0,0021)				0,0004 (0,0004)			
TotCO2/ Vendas			0,0108 (0,0148)				0,0034 (0,0037)		
Esc1				-0,0015 (0,0047)				-0,0072 (0,0054)	

Esc2					-0,0010 (0,0055)				-0,0020 (0,0064)
Esc3					-0,0076* (0,0041)				- 0,0140** * (0,0051)
Risco	0,0681** * (0,0153)	0,0117 (0,0290)	0,0639 (0,0598)	0,0406 (0,0330)	0,0354 (0,0322)	-0,0220 (0,0263)	0,0719** * (0,0264)		-0,0003 (0,0360)
Tamanho	0,0812** * (0,0131)	0,0515** * (0,0102)	0,0657** * (0,0255)	0,0571** * (0,0115)	0,0874*** (0,0136)	-0,0023*** (0,0002)	0,0595** * (0,0110)		0,0559** * (0,0132)
BTM	0,2226** * (0,0211)	0,1833** * (0,0192)	0,1534** * (0,0499)	0,1977** * (0,0265)	0,1799*** (0,0232)	Omitido	0,1468** * (0,0199)		0,1307** * (0,0223)
ROE	0,5692** * (0,0669)	0,6068** * (0,0728)	0,3197** (0,1363)	0,4989** * (0,0687)	0,3032*** (0,0549)	Omitido	0,3999** * (0,0562)		0,1590** * (0,0446)
Invest/A	0,0878** * (0,0167)	-0,1793** (0,0803)	0,3095** (0,1424)	0,1133 (0,0769)	0,0075 (0,0496)	Omitido	0,0597 (0,0434)		-0,1137* (0,0657)
Constante	- 2,0166** * (0,2781)	- 1,4766** * (0,2641)	-1,6270** (0,6538)	- 1,3170** * (0,2560)	-1,9848*** (0,2963)	Omitido	- 1,5417** * (0,2743)		- 0,9450** * (0,2712)
Observações	490	438	490	414	536	476	536		448
Wald	1164581	858,89	129,19	1723,89	1431,98	5,54E+10	12270,75		1023,37
P-valor	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000
Mean VIF	1,11	1,07	1,10	1,42	1,06	1,03	1,07		1,38
Chow	F(83, 401) = 4,07***	F(82, 350) = 3,21***	F(83, 401) = 3,38***	F(81, 325) = 3,77***	F(86, 444) = 1,95***	F(86, 389) = 1,52***	F(86, 444) = 1,74***		F(85, 363) = 1,5***
Breusch-Pagan	chibar2(01) = 0,05	chibar2(01) = 0,01	chibar2(01) = 0,31	chibar2(01) = 0,08	chibar2(01) = 0,00	chibar2(01) = 0,00	chibar2(01) = 0,00		chibar2(01) = 0,00
Hausman	chi2(5) = 238,27** *	chi2(5) = 80,88***	chi2(5) = 170,98** *	chi2(7) = 189,70** *	chi2(5) = 92,52***	chi2(5) = 60,62***	chi2(5) = 73,32***		chi2(7) = 56,57***
Wald	chi2 (84) = 19079,76***	chi2 (83) = 44432,99***	chi2 (84) = 68087,08***	chi2 (82) = 6718,87**	chi2 (87) = 322160,56***	chi2 (87) = 82434,18**	chi2 (87) = 539801,93***		chi2 (86) = 12575,30***
Wooldridge	F(1, 76) = 0,733	F(1, 61) = 0,641	F(1, 76) = 0,819	F(1, 64) = 0,290	F(1,81) = 14,009***	F(1, 66) = 17,248***	F(1, 81) = 15,175** *		F(1, 67) = 14,368** *

Obs.: A variável dependente é o retorno. Estimação por FGLS (Feasible Generalized Least Squares), com efeitos fixos de ano e setor, considerando os problemas de heterocedasticidade e autocorrelação, quando detectados na execução dos modelos.

São apresentados os coeficientes e a significância estatística, indicada com a notação do “\*”, conforme o p-valor: \*\*\* para p-valores inferiores a 1%, \*\* para p-valores inferiores a 5% e \* para p-valores inferiores a 10%. Os valores entre parênteses são erros-padrão.

A análise dos testes de validação de todos os modelos evidenciou que os coeficientes das regressões não são estatisticamente iguais a zero em conjunto, conforme o valor-p do teste F de

cada regressão, demonstrado na parte inferior da Tabela 17. Já as análises dos testes de Chow, Brush-Pagan e Hausman, conforme resultados individualizados por regressão, também evidenciados na parte inferior da Tabela 17, demonstraram que o modelo de efeitos fixos é o mais apropriado para as análises em todas as regressões, dadas as características da amostra. Em relação à análise de multicolinearidade, os VIF's apresentaram um valor médio inferior a 5 em todos os modelos, o que indica a presença de multicolinearidade moderada, conforme Hair (2009). No que tange aos problemas de autocorrelação e heterocedasticidade detectados, destaca-se que foram considerados na estimação do modelo, quando detectados. Todos os modelos apresentados na Tabela 17 indicaram a presença de heterocedasticidade. Por outro lado, a autocorrelação foi identificada apenas na presença dos *outliers*, conforme resultados exibidos na parte inferior da Tabela 17 para as estatísticas *Wald* e *Wooldridge*.

A presença dos *outliers* nos modelos impactou os coeficientes e a significância estatística das variáveis. Na Equação 3, por exemplo, as variáveis de controle BTM, ROE e Invest/A foram omitidas, além da constante. Nessa equação, observa-se a elevação da estatística Wald para o teste F, o que pode indicar que o modelo está sobreajustado. Portanto, apresenta-se a seguir as análises dos resultados a partir dos modelos com a exclusão dos *outliers*.

Na Equação 3, a emissão bruta de carbono, logaritmizada, apresentou-se negativamente relacionada e estatisticamente significativa, ao nível de 5% de significância, com o retorno acionário. Esse resultado indica que um aumento de 1% nas emissões brutas (TotCO<sub>2</sub>) reduz o retorno das ações em aproximadamente 0,0127 pontos percentuais. Na Equação 4, a variável de interesse, variação anual do total das emissões de carbono, não foi estatisticamente significativa. Da mesma forma, na Equação 5, a emissão total de carbono ponderada pelas vendas, também não apresentou significância estatística. Entretanto, a análise por escopo na Equação 6 revelou uma relação fraca, porém significativa, apenas no escopo 3, ao nível de 10% de significância. Esse resultado é semelhante ao estudo nacional de Moutinho e Silva (2024), que não encontrou evidências significativas na análise por escopo.

No que tange às variáveis de controle (Risco, Tamanho, *Book-to-Market*, ROE e Investimento), observa-se que todas apresentam significância estatística na Equação 3, foco de análise principal, reforçando a validade do modelo e a robustez dos resultados. Esse achado corrobora os estudos de Maciel et al. (2021), que demonstram a adequação do modelo dos cinco fatores de Fama e French para explicar a variabilidade do retorno acionário no mercado brasileiro.

Esses resultados indicam que maiores retornos estão associados a níveis mais elevados de risco, maior porte da empresa, maior relação entre valor contábil e valor de mercado e maiores investimentos em ativos.

A relação negativa e significativa das emissões brutas de carbono (Eq3) e o retorno acionário, quando investigada isoladamente parece imaterial, sobretudo considerando que os retornos acionários aqui analisados são anuais e apresentam desvio padrão mais elevado que aquele observado numa amostra global da pesquisa de Bolton e Kacperczyk (2023), por exemplo, que foi de 10,23%, enquanto nesta pesquisa o desvio padrão é de 51%. Ao analisar essa relação em termos de desvio padrão, como também o fez Bolton e Kacperczyk (2023) na análise comparativa entre China e os Estados Unidos, verifica-se aqui que um aumento de um desvio padrão nas emissões de carbono (2,90 unidades no  $\text{LnTotCO}_2$ , vide Tabela 11) conduz a uma redução de aproximadamente 3,68 ( $-0,0127 \times 2,90$ ) pontos percentuais no retorno anual das ações. Na pesquisa de Bolton e Kacperczyk (2023), os autores identificaram um impacto de 2,39% na China e 2,85% nos EUA por mudanças de desvios-padrão, porém, a pesquisa desses autores analisa retornos mensais.

Portanto, os resultados das variáveis de interesse mostram que há relação significativa apenas para as emissões totais, ao nível de 5% de significância, e emissões por escopo 3, ao nível de 10% de significância, mas conforme discussão anterior tal relação é moderada. A variação das emissões e as emissões ponderadas pelas vendas não foram estatisticamente significativas, indicando que os investidores não avaliam tal informação no mercado brasileiro, considerando as empresas componentes da amostra. É possível que a alta dispersão dessa variável, conforme coeficiente de variação apresentado na Tabela 11, tenha influenciado esse resultado. No que tange às emissões totais, observa-se que, após o controle das variáveis que afetam o retorno acionário, os investidores penalizam os níveis mais elevados de emissões de carbono com menores retornos. Na análise detalhada por escopo, essa relação se mantém, contudo não é significativa em todos os escopos. Identifica-se uma penalização no escopo 3 (ao nível de 10% de significância), enquanto nos escopos 1 e 2 não apresentam significância estatística.

É importante destacar que o fato de as emissões totais terem sido estatisticamente significativas, ao passo que as emissões por escopo não o foram, pode evidenciar que o investidor brasileiro não analisa as emissões de carbono detalhadamente. Desse modo, a baixa significância estatística apresentada no escopo 3 pode estar relacionada à alta correlação entre essas emissões

e as emissões totais. Portanto, a influência das emissões de carbono nos retornos acionários parece moderada, inferindo-se que tais emissões ainda não são um dos principais determinantes da variabilidade dos retornos. Isto sugere que, embora as emissões de carbono possam ser um fator de precificação no mercado brasileiro, elas ainda não desempenham um papel central nas decisões de investimento.

Estes resultados diferem dos padrões identificados no mercado internacional, como aqueles obtidos na pesquisa de Bolton e Kacperczyk (2021, 2023). Esses autores identificaram uma relação positiva entre a intensidade de emissões e os retornos acionários, consistente em todos os escopos. Na pesquisa de Bolton e Kacperczyk (2021), a amostra restringiu-se aos Estados Unidos, enquanto no estudo de 2023 a análise é global. Neste último, parte das análises foi dedicada a países da África, Austrália e América do Sul. Os autores identificaram, nesses contextos, uma relação negativa entre as emissões do escopo 1 e os retornos acionários, embora não significativa na ausência de controle por indústria. No entanto, ao incluir o controle por indústria, essa relação inverteu-se e se tornou significativa. Já para o escopo 3, houve uma relação positiva e significativa com os retornos acionários quando controlado por indústria, o que reforça a importância do controle por indústria no modelo estatístico desses autores.

A divergência entre os resultados desta pesquisa e aqueles apresentados no estudo global de Bolton e Kacperczyk (2023) pode emergir de diversos fatores. Em primeiro lugar, destaca-se o maior quantitativo de observações na base de dados utilizada por esses autores, que analisaram 126 empresas brasileiras ao longo de 13 anos, enquanto esta pesquisa utilizou uma amostra de 87 empresas ao longo de nove anos. As diferenças não se restringem ao tamanho da amostra, mas também à disponibilidade de informações em bases de dados distintas (*Trucost x Refinitiv*). Outra diferença relevante diz respeito às intensidades médias de emissões, especialmente no escopo 3. Na pesquisa de Bolton e Kacperczyk (2023), a média de emissões no escopo 3 para o Brasil foi de 2.147.921 toneladas, também superior à do escopo 1, mas em menor proporção em comparação à média reportada no escopo 3 na base de dados *Refinitiv* (15.126.562 toneladas). Essa disparidade, apesar de influenciada por diferenças temporais nas análises, pode refletir nas avaliações dos investidores, conduzindo a resultados controversos. Isso ocorre mesmo diante da disponibilidade de orientações padrão para o reporte de emissões de carbono, como o *GHG Protocol*.

Adicionalmente, vale destacar que as relações apresentadas são afetadas pelas características inerentes do mercado de capitais brasileiro, tais como concentração de propriedade em poucas empresas e setores, além da prevalência de investidores institucionais, nível de eficiência na incorporação de informações disponíveis e nível de *enforcement* (Takamatsu et al., 2008; Santos et al., 2024). Essas peculiaridades do mercado brasileiro são refletidas nas diferenças entre as variáveis globais e brasileiras, conforme discutido na subseção “Estatísticas Descritivas” desta pesquisa.

O fato de a variação das emissões de carbono ano a ano não ser significativa nas análises é relevante, pois sugere que os investidores, possivelmente, não monitoram a eficiência da empresa na redução dessas emissões e também pode ser reflexo da forma como o mercado brasileiro incorpora as informações disponíveis. Em vez disso, os investidores parecem valorizar principalmente a demonstração de consciência ambiental da empresa e avaliam, comparativamente entre as empresas, o quantitativo total dessas emissões, denotando um acompanhamento no curto prazo. Esse resultado encontra respaldo nas pesquisas de Prates et al. (2021) e Jung et al. (2014), que identificaram que empresas obtêm menores custos de capital ao demonstrarem consciência de carbono, disponibilizando suas emissões de carbono, o que corrobora os pressupostos da Teoria da Sinalização.

A relação entre a variação das emissões de carbono e o retorno acionário também pode não ter sido identificada por inconsistência de períodos de disponibilização das informações de carbono pelas empresas, o que pode influenciar o investidor em suas decisões. À época da realização desta pesquisa, por exemplo, apenas cerca de 1/3 das empresas já tinham informações disponíveis das emissões de carbono para 2023, o que impossibilitou a inclusão dos dados desse ano na amostra.

A eficiência de carbono, mensurada pela proporção das emissões de carbono em relação ao total das receitas, não apresentou significância estatística. Esse resultado sugere um aspecto especulativo ou superficial na incorporação das informações relacionadas às emissões de carbono, uma vez que a métrica avalia a eficiência no uso de insumos de carbono, ou seja, além da intensidade de emissão. Esse resultado vai de encontro àqueles achados por Garvey et al. (2018), cuja análise se concentrou em grandes empresas listadas em bolsas de valores globais, encontrando evidências de que a eficiência em carbono está associada a melhores retornos. Assim, é possível que uma análise segregada da amostra possa conduzir a resultados distintos.

A insignificância estatística dessa variável, bem como da variável referente à variação das emissões de carbono, sugere que o mercado brasileiro, considerando as empresas que compuseram a amostra deste estudo, avalia as emissões de carbono numa perspectiva de curto prazo.

Outra análise factível é a segregação da amostra por nível de poluição. Para isso, utilizou-se a Lei 10.165 de 2000 para a classificação da amostra. Conforme exibido na Tabela 3, os níveis de poluição são subdivididos em AAlto, Alto, MMédio, Médio e Pequeno, organizados do mais poluente ao menos poluente. Os setores não mencionados na legislação foram considerados aqueles de menor nível de poluição, ou seja, abaixo da classificação “Pequeno”. Destaca-se que não houve empresas na amostra classificadas como 'Pequeno', razão pela qual não foi incluída uma variável *dummy* para esse nível na análise subsequente. Na Tabela 18, apresentam-se os resultados da regressão para essa análise (Equação 7).

**Tabela 18: Regressão Níveis de Poluição Lei n. 10.165 de 2000**

Variáveis explicativas	Modelo Estimado	
	Eq7 - Sem <i>Outliers</i>	Eq7 - Com <i>Outliers</i>
TotCO2	-0,0260*** (0,0060)	-0,0320*** (0,0063)
Dummy_AAalto	-0,3320** (0,1675)	-0,2200 (0,1683)
Dummy_Alto	-0,0148 (0,0892)	0,0061 (0,0935)
Dummy_MMédio	0,1792** (0,0727)	0,2297*** (0,0777)
Dummy_Médio	0,2037*** (0,0532)	0,2471*** (0,0528)
Risco	0,0906*** (0,0187)	0,1064*** (0,0259)
Tamanho	0,1077*** (0,0134)	0,1166*** (0,0140)
BTM	0,2432*** (0,0214)	0,1809*** (0,0221)
ROE	0,5653*** (0,0660)	0,1518*** (0,0437)
Invest/A	0,0863*** (0,0290)	0,0289 (0,0341)
Constante	-2,1578*** (0,3134)	-2,3012*** (0,3307)
Observações	489	536

Wald Chi2	12821,58	3,02e+08
P-valor do teste F	0,0000	0,0000
Mean VIF	1,6	1,48
Chow	F(83, 400) = 4,09***	F(86, 444) = 1,95***
Breusch-Pagan	chibar2(01) = 0,09	chibar2(01) = 0,00
Hausman	chi2(5) = 209,52***	chi2(5) = 83,29***
Wald	chi2 (84) = 18866,70***	chi2 (87) = 322160,56***
Wooldridge	F( 1, 76) = 0,668	F( 1, 81) = 14,009***

Obs.: Estimacão por FGLS (Feasible Generalized Least Squares), com efeitos fixos de ano e setor, considerando os problemas de heterocedasticidade e autocorrelaco, quando detectados na execuo dos modelos.

São apresentados os coeficientes e a significância estatística, indicada com a notaco do “\*\*\*”, conforme o p-valor: \*\*\* para p-valores inferiores a 1%, \*\* para p-valores inferiores a 5% e \* para p-valores inferiores a 10%. Os valores entre parênteses representam os erros padrão.

Os resultados da regressão evidenciada na Tabela 18 demonstram que o mercado precifica os níveis de poluio de maneira diferenciada, considerando a heterogeneidade estatisticamente significativa entre os grupos analisados. Ao examinar o coeficiente da variável TotCO2, observa-se uma relao negativa com o retorno acionário, consistente com os resultados apresentados na Tabela 17, nos quais o mercado, em média, penaliza emissões mais elevadas de carbono com menores retornos. Verifica-se que a presença de *outliers* implicou mudanças nos coeficientes, aumento dos erros-padrão, alterao na significância estatística da variável *Dummy AAlto* e modificao do nível de significância da variável *MMédio*, que passou de 1% para 5%. Assim, conclui-se que a presença de dados discrepantes influenciou a qualidade do modelo. O valor elevado da estatística Wald para o teste F também sinaliza perturbaes no modelo gerado.

A diferenciao das empresas, conforme os níveis de poluio, evidenciou que as entidades no nível de poluio mais elevado (*AAlto*) são mais penalizadas em relao à categoria de referência menos poluente, apresentando um coeficiente reduzido, em média, de -0,3320, ao nível de 5% de significância, em relao ao menor nível de poluio. O mesmo não ocorre com o grupo *Alto*, já que não evidenciou significância estatística. Essa relao inverte quando se analisam os grupos *MMédio* e *Médio*, pois apresentam coeficientes positivos e significativos (5% e 1% de significância) em relao à categoria de referência (coeficientes de 0,1792 e 0,2037, respectivamente).

Os resultados elencados sugerem que empresas poluentes no nível intermediário podem ser percebidas pelo mercado com menores custos regulatórios, por exemplo e, por isso, são

penalizadas em menor escala, dada a menor exposição ao risco de carbono. É importante destacar que as inferências a partir das regressões da Tabela 18 são limitadas à verificação da heterogeneidade entre níveis de poluição. A construção de *dummies* interativas foi inviabilizada, pois levou a um aumento no VIF além do nível aceitável para uma análise robusta. Portanto, para contornar o problema, procedeu-se com as regressões individualizadas, sem *outliers*, considerando z-escores maiores que 3, conforme detalhado na Tabela 19.

**Tabela 19: Regressões individualizadas - Lei 10.165 de 2000**

Variáveis Explicativas	Modelos estimados				
	AAlto	Alto	MMédio	Médio	Baixo (não classific. pela legislação)
TotCO2	-0.0503*** (0.0137)	-0.0664*** (0.0166)	-0.0395 (0.0787)	0.0323*** (0.0012)	-0.0144 (0.0110)
Risco	-0.3906*** (0.1123)	-0.0152 (0.0544)	0.1730 (0.4110)	-0.0725*** (0.0261)	0.1647*** (0.0551)
Tamanho	0.2556*** (0.0340)	0.1993*** (0.0327)	0.5680 (0.6616)	-0.0237*** (0.0032)	0.0674*** (0.0173)
BTM	0.1802*** (0.0135)	0.2201*** (0.0749)	0.1248 (0.3662)	0.1269*** (0.0198)	0.2614*** (0.0403)
ROE	0.5690*** (0.1821)	-0.0069 (0.0826)	1.3693 (1.1897)	0.2616*** (0.0482)	0.8728*** (0.2027)
Invest/A	-1.1359*** (0.3478)	0.0814 (0.0963)	0.2461 (0.9950)	0.0488 (0.0693)	-0.0331 (0.1065)
Constante	-5.3114*** (0.7556)	-3.9997*** (0.6718)	-12.0753 (14.3143)	(omitido)	-1.7642*** (0.3148)
Efeito Fixo Ano	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Efeito Fixo Setor	Não	Não	Não	Sim	Sim
Observações	51	109	11	154	161
Wald	889,00	607,93	17,65	3,43e+09	1892,90
p-valor	0,0000	0,0000	0,0076	0,0000	0,0000
Mean VIF	1,60	1,21	5,86	1,18	1,29
Chow	F(7, 38) = 10,87***	F(16, 87) = 2,79***	F(2, 3) = 0,85	F(25, 123) = 4,75***	F(29, 126) = 3,76***
Breusch-Pagan	chibar2(01) = 0,04	chibar2(01) = 0,00	chibar2(01) = 0,00	chibar2(01) = 0,09	chibar2(01) = 0,20
Hausman	chi2(5) = =109,26***	chi2(5) = 38,59***	chi2(5) = 1,42	chi2(5) = 92,96***	chi2(5) = 71,49***
Wald	chi2 (8) = 64,68***	chi2 (17) = 596,86***	chi2 (3) = 0,64	chi2 (26) = 775,93***	chi2 (30) = 2317,92***
Wooldridge	F(1, 7) = 2,402	F(1, 16) = 3,991*	F(1, 2) = 1,733*	F(1, 20) = 7,633**	F(1, 24) = 3,960*

Obs.: Estimação por FGLS (*Feasible Generalized Least Squares*), considerando os problemas de heterocedasticidade e autocorrelação, quando detectados na execução dos modelos.

---

São apresentados os coeficientes e a significância estatística, indicada com a notação do “\*”, conforme o p-valor: \*\*\* para p-valores inferiores a 1%, \*\* para p-valores inferiores a 5% e \* para p-valores inferiores a 10%. Os valores entre parênteses são erros-padrão.

---

Observa-se, na análise individualizada, que a penalização para os setores mais poluentes prevalece, exceto para aqueles cujo nível de poluição não é classificado na Lei n. 10.165 de 2000. Contudo, vale ressaltar que ainda podem existir dados discrepantes na amostra, de modo que valores extremos estejam influenciando a significância estatística nesse nível, mesmo após a exclusão dos z-escores superiores a três. Além disso, é importante destacar as limitações decorrentes do uso de amostras restritas, tal como no caso do nível de poluição MMédio, que conta com 11 observações. Apesar disso, em análise conjunta com os resultados demonstrados na Tabela 18, pode-se inferir que existe uma relação negativa entre o retorno acionário e as emissões de carbono das empresas componentes da amostra, com maior penalização observada nos setores mais poluentes, conforme coeficientes da variável TotCO<sub>2</sub>, o que confere lógica e coerência empírica aos resultados.

Esses achados são consistentes com os de Monasterolo e Angelis (2020), que evidenciaram que, após o Acordo de Paris, ocorreram mudanças no perfil de risco-retorno das empresas, impactando a performance geral do ativo e tornando os investimentos de baixo carbono mais atrativos no mercado. Esse resultado também é importante na perspectiva da evolução dos investimentos sustentáveis, conforme defende Cornell e Damodaran (2020), pois agrega-se numa estrutura de impulsionadores de valor da empresa, em que as entidades, ao adotarem práticas sustentáveis, o fazem porque é racional, e não mera caridade corporativa. Nesse contexto, o cenário punitivo descrito por esses autores evidencia que o risco associado às altas emissões é penalizado por diversos *stakeholders*.

As pesquisas de Jung et al. (2014) e Prates et al. (2021) também contribuem para a consistência da evidência aqui encontrada da relação entre o retorno acionário e as emissões de carbono, pois considerando que as emissões de carbono afetam o custo do capital, então os credores avaliam as informações de carbono disponíveis e, nessa linha, é possível que o mercado também o avalie, sobretudo porque esses credores, como as instituições bancárias, também podem figurar no mercado como investidoras. Bounou e Yatié (2022), numa amostral global, encontraram uma relação negativa entre o retorno das ações e as emissões de carbono divulgadas anualmente pela *British Petroleum* (BP), corroborando os resultados desta pesquisa.

Por outro lado, os resultados desta pesquisa vão de encontro aos achados dos trabalhos de Barbosa et al. (2013), Souza et al. (2018) e Moutinho e Silva (2024), que investigaram as emissões de carbono no mercado brasileiro por meio do índice ICO2 da B3 indireta ou diretamente, como no caso da pesquisa de Moutinho e Silva (2024), e não encontraram evidências da relação retorno-carbono. Vale destacar que a pesquisa de Moutinho e Silva (2024) não incluiu as emissões totais de carbono em sua análise.

Já as pesquisas de Bolton e Kacperczyk (2021, 2023) demonstraram uma perspectiva inversa, em que os investidores precificaram o prêmio de risco de carbono, ao invés de tenderem a alterar a composição de suas carteiras de investimento, de modo que quanto maior as emissões de carbono, maiores os retornos. Nesse mesmo sentido, a pesquisa de Görgen et al. (2020), embora não tenha encontrado um prêmio de risco para as emissões de carbono, evidenciou que empresas mais poluentes têm seus retornos penalizados se surpreendem o mercado com elevação do nível de poluição.

Essas diferenças podem ter sido motivadas por diversos fatores, como, por exemplo, divergências entre os valores reportados em diferentes bases de dados, embora haja padrões de reporte das emissões de carbono. Isto foi verificado pela diferença na média amostral das emissões de carbono na pesquisa de Bolton e Kacperczyk (2023), de acordo com a base da *Trucost* e esta pesquisa, com dados oriundos da base de dados *Refinitiv*. As diferenças temporais também podem ser motivadoras, dado que a sustentabilidade ambiental ainda está em evolução, portanto, o mercado ainda está assimilando as mudanças em termos de legislações, tendências e consciência ambiental.

Em contraste dos resultados desta pesquisa com a pesquisa de Görgen et al. (2020), vale ressaltar que a variação das emissões de carbono não apresentou significância estatística nesta pesquisa. Ademais, é possível que o mercado brasileiro ainda esteja em um estágio inicial de assimilação das informações relacionadas ao carbono, o que limita sua efetiva precificação. Outra questão relevante é a ausência de uma data padrão de divulgação dessas informações, o que pode influenciar a maneira como os investidores e analistas as processam.

Em suma, os resultados encontrados culminam na não rejeição da primeira hipótese desta pesquisa, demonstrando que as emissões de carbono impactam negativamente o retorno acionário. No entanto, esse efeito se manifesta de forma moderada, sugerindo um estágio inicial

de precificação de carbono por parte dos investidores no mercado brasileiro. Esse comportamento pode estar relacionado à menor exigência regulatória em relação à divulgação e controle das emissões, o que limita a incorporação integral dos riscos ambientais na avaliação dos ativos.

#### 4.4 Segunda hipótese – O efeito das políticas e regulamentações de carbono nos retornos acionários

Nesta seção, discute-se o comportamento das emissões de carbono antes e após o acordo de Paris de 2015, o qual foi ratificado pelo Brasil em 2016. Em seguida, apresentam-se as discussões que fundamentam as análises sobre a Renovabio, legislação específica para empresas que comercializam combustíveis fósseis.

Primeiramente, são apresentadas, na Tabela 19, as emissões médias de carbono dos períodos que antecederam e sucederam o acordo de Paris.

**Tabela 20: Emissões médias de carbono por setor pré e pós 2015 - em toneladas**

Setor Econômico	2014-2015	2016-2022	Variação
Materiais e Energia	177.211.198	124.724.630	-30%
Materiais básicos - químicos, madeira e papel	8.355.998	10.666.921	28%
Setor Industrial	793.933	1.708.055	115%
Bens de Consumo cíclico	106.198	837.146	688%
Bens de Consumo não cíclico	6.455.862	5.997.671	-7%
Serviços de saúde, imobiliário e tecnologia	102.438	117.029	14%
Financeiro	118.604	106.406	-10%
Utilidades	4.102.829	3.430.240	-16%
<b>Total</b>	<b>24.651.591</b>	<b>16.374.087</b>	<b>-34%</b>

Observa-se que houve redução geral de 34% no total das emissões de carbono, considerando o período antes e após o Acordo de Paris, apesar do aumento do número de empresas que reportaram as emissões ao longo do período, conforme apresentado na Tabela 5. Destaca-se ainda que o setor de materiais e energia apresentou redução de 30% no total das emissões, o que pode ter ocorrido em virtude de pressões regulatórias, haja vista a vigência da Renovabio a partir de 2017, que implementou metas de redução das emissões de carbono para empresas do setor de combustíveis fósseis. De outra perspectiva, setores como o de bens de consumo cíclico e industrial demonstraram os maiores aumentos nas emissões total após 2015. Esse

resultado pode ter ocorrido em razão do aumento do número de empresas que reportaram suas emissões de carbono, visto que a cada ano, novas empresas passaram a divulgar suas emissões de carbono. Vale ressaltar que a descarbonização ocorreu de forma heterogênea entre os diferentes setores, o que pode indicar diferentes pressões regulatórias e esforços de sinalizações ao mercado.

Na sequência, com o objetivo de eliminar o efeito da entrada de novas empresas na amostra, verificou-se as emissões pré e pós 2015 das entidades que divulgaram suas emissões em todo o período (2014-2022), as quais totalizaram 29 empresas. Na Tabela 21, evidenciam-se as emissões de carbono médias agregadas, bem como a variação entre os dois períodos mencionados.

**Tabela 21: Emissões médias de carbono por setor pré e pós 2015 - em toneladas - empresas que divulgaram emissões em todo o período de 2014 a 2022**

<b>Setor Econômico</b>	<b>2014-2015</b>	<b>2016-2022</b>	<b>Varição</b>
Materiais e Energia	287.971.337	265.214.622	-8%
Materiais básicos - químicos, madeira e papel	8.355.998	12.370.909	48%
Setor Industrial	964.064	3.240.733	236%
Bens de Consumo cíclico	159.642	247.957	55%
Bens de Consumo não cíclico	6.455.862	10.189.748	58%
Serviços de saúde, imobiliário e tecnologia	136.434	225.492	65%
Financeiro	106.234	89.229	-16%
<b>Utilidades</b>	5.583.466	5.164.616	-8%
<b>TOTAL</b>	<b>33.090.077</b>	<b>32.032.321</b>	<b>-3%</b>

É importante destacar que os setores de materiais e energia e materiais básicos destacados na Tabela 21 representam os setores mais poluentes. Enquanto o setor de materiais e energia, que contém empresas do ramo de petróleo, extração de minerais e energia, reduziu suas emissões brutas de carbono em 8%, o setor de processamento de madeira, celulose e químicos, também um dos mais poluentes, aumentou suas emissões brutas de carbono em 48%. O setor industrial também apresentou um crescimento importante, de 236%. Assim, na análise da Tabela 21, verifica-se que houve redução das emissões de carbono após o Acordo de Paris, entretanto, tal redução pode não ter sido expressiva quando se verifica o impacto da entrada de novas empresas que divulgam suas emissões de carbono. Além disso, é importante destacar que a pandemia de Covid-19 reduziu os níveis de produção das empresas, diminuindo significativamente os níveis de emissões de carbono.

Na Tabela 22, apresentam-se os resultados da regressão que analisa o efeito do Acordo de Paris, no que tange à intensidade de emissões de carbono, no retorno acionário (Equação 8).

**Tabela 22: Resultados da regressão - Acordo de Paris**

Variáveis Explicativas	Modelos estimados	
	Eq8 - Sem <i>Outliers</i>	Eq8 - Com <i>Outliers</i>
TotCO2	-0,0692***	-0,0863***
Acordo de Paris	-0,2235	-0,4719***
Dummy_acparis* TotCO2	0,0279**	0,0493***
Risco	-0,0468	-0,0128
Tamanho	0,1382***	0,1460***
BTM	0,1885***	0,2124***
ROE	0,4006***	0,1265***
Invest/A	-0,2653***	-0,1184***
Constante	-2,5424***	-2,5177***
Observações	490	536
Wald Chi2	200,36	1094,04
P-valor do teste F	0,0000	0,0000
Mean VIF	8,15	8,05
Chow	F(83, 399) = 3,75***	F(86, 442) = 1.81***
Breusch-Pagan	chi2(01) = 0.05	chi2(01) = 0.00
Hausman	chi2(7) = 203,18***	chi2(7) = 81,40***
Wald	chi2 (84) = 17725,38***	chi2 (87) = 193057,55***
Wooldridge	F(1, 76) = 0.767	F(1, 81) = 14.215***

Obs.: Estimação por FGLS (Feasible Generalized Least Squares), com efeitos fixos setor, considerando os problemas de heterocedasticidade e autocorrelação, quando detectados na execução dos modelos.

São apresentados os coeficientes e a significância estatística, indicada com a notação do “\*”, conforme o p-valor: \*\*\* para p-valores inferiores a 1%, \*\* para p-valores inferiores a 5% e \* para p-valores inferiores a 10%. Os valores entre parênteses são erros-padrão.

Observa-se que os coeficientes das regressões não são estatisticamente iguais a zero em conjunto, conforme o valor-p do teste F. As análises dos testes de Chow, Brush-Pagan e Hausman indicaram o modelo de efeitos fixos como o mais adequado para as análises. Em relação ao teste de multicolinearidade, o VIF apresentou um valor médio próximo de 10, o que indica a presença de multicolinearidade, inflada pelas *dummies* do Acordo de Paris; contudo, Hair (2009) menciona como referência a tolerância do VIF de até 10%. No que tange aos problemas de autocorrelação e heterocedasticidade detectados, destaca-se que foram considerados na estimação do modelo, quando detectados.

Na análise dos resultados da regressão, verifica-se que o Acordo de Paris teve efeito estatisticamente significativo sobre o retorno acionário, indicando que existe um risco de carbono positivo e significativo (0,0279) sobre o retorno acionário. Destaca-se que o coeficiente

da variável de interesse (Dummy\_acparis\* TotCO2) é significativo no modelo com e sem *outliers* ao nível de 5% de confiança, embora o coeficiente tenha se mostrado sensível à presença dos *outliers*. Vale ressaltar que a variável “Acordo de Paris”, isolada, não obteve significância estatística, demonstrando que, nesta análise, o corte estrutural antes e pós 2015 não apresentou efeitos isoladamente. Destaca-se que não foi implementado o controle de efeitos fixos de tempo nessa regressão, segundo notações na Tabela 22, para evitar a armadilha da variável binária, em que se teria colinearidade perfeita da *dummy* do Acordo de Paris e da *dummy* de efeitos fixos nos anos 2016-2022, conforme explica Gujarati (2011). Nesse sentido, considerando a amostra completa, não se pôde controlar os efeitos do tempo sobre a variável explicada, o que representa uma restrição importante a ser considerada nestes resultados. Além disso, os achados podem ter sido afetados pela entrada de novas empresas na amostra. Como teste adicional, com o objetivo de eliminar o efeito da entrada de novas empresas, estimou-se a regressão com os dados das empresas que continham observações durante todo o período do estudo, na Tabela 23.

**Tabela 23: Resultados da regressão - Acordo de Paris - Painel Balanceado 2014-2022**

Variáveis explicativas	Modelos estimados	
	Sem <i>Outliers</i>	Com <i>Outliers</i>
TotCO2	-0,1050*** (0,0169)	-0,0875*** (0,0155)
Acordo de Paris	-0,4146* (0,2288)	-0,5361*** (0,2138)
Dummy_acparis* TotCO2	0,0389** (0,0172)	0,0495*** (0,0160)
Risco	0,0140 (0,0737)	0,0483 (0,0621)
Tamanho	0,2301*** (0,0274)	0,1513*** (0,0282)
BTM	0,3399*** (0,0509)	0,2880*** (0,0383)
ROE	0,1929* (0,1118)	0,3155*** (0,0898)
Invest/A	-0,2833** (0,1271)	-0,2433*** (0,0889)
Constante	-4,3565*** (0,6094)	-2,7234*** (0,6297)
Observações	235	259
Wald Chi2	147,42	128,27
P-valor do teste F	0,0000	0,0000
Mean VIF	8,55	8,53
Chow	F(27, 200) = 7,30***	F(28, 223) = 1,41
Breusch-Pagan	chibar2(01) = 0,02	chibar2(01) = 0,00
Hausman	chi2(7) = 175,92***	chi2(7) = 29,06***
Wald	chi2 (28) = 882,51***	chi2 (29) = 1240,96***

---

Wooldridge  $F(1, 27) = 17,144^{***}$   $F(1, 28) = 17.672^{***}$

---

Obs.: Estimação por FGLS (Feasible Generalized Least Squares), com efeitos fixos de setor, considerando os problemas de heterocedasticidade e autocorrelação, quando detectados na execução dos modelos.

São apresentados os coeficientes e a significância estatística, indicada com a notação do “\*”, conforme o p-valor: \*\*\* para p-valores inferiores a 1%, \*\* para p-valores inferiores a 5% e \* para p-valores inferiores a 10%. Os valores entre parênteses são erros-padrão.

---

Após as validações apropriadas do modelo, a análise dos resultados da regressão de efeitos fixos apresentados na Tabela 23 demonstrou que a variável de interesse permaneceu significativa e positiva, o que sugere que a entrada de novas empresas não anulou a existência de um risco de carbono em razão da entrada de novas entidades na amostra ao longo do período. Inclusive, na análise do painel balanceado, o coeficiente beta de carbono é aumentado (0,0389). Esses resultados são consistentes com os achados empíricos de Monasterolo e Angelis (2020) e Bolton e Kacperczyk (2021, 2023). Monasterolo e Angelis (2020), numa amostra global de índices de ações mais capitalizados, demonstraram que os investidores aumentaram suas preferências por investimento em ativos de baixo carbono, mas a reação do mercado a ativos intensivos em carbono foi moderada. Os estudos de Bolton e Kacperczyk (2021) demonstraram um prêmio de carbono após o Acordo de Paris, contudo, ao excluir as empresas novas da amostra, o prêmio de carbono tornou-se insignificante nos dois anos seguintes ao Acordo de Paris.

Em linha oposta, o estudo de Moutinho e Silva (2024) não encontrou evidências de um prêmio de risco de carbono na análise do Acordo de Paris no mercado brasileiro, considerando as emissões nos escopos 1 e 3. Algumas diferenças no tratamento da amostra merecem ser evidenciadas, as quais podem justificar essas divergências. Em primeiro lugar, esses autores analisaram o acordo de Paris somente nos escopos 1 e 3, enquanto este trabalho verificou as emissões totais. Outro destaque relevante é que a amostra de Moutinho e Silva (2024) considerou apenas as emissões de carbono reportadas pelas empresas, enquanto este trabalho utilizou todas as informações de carbono disponíveis (estimadas e reportadas), conforme os objetivos desta pesquisa. Outra característica relevante é que há menos dados disponíveis sobre as emissões de carbono nos escopos 2 e 3, e uma quantidade menor de observações prejudica o modelo estatístico, sobretudo o de efeitos fixos, com várias *dummies*.

Na Tabela 24, apresentam-se os resultados da regressão que analisa a existência de efeitos significativos a partir da vigência da Renovabio, em 2017 (Equação 9). Essa lei abrange empresas do setor de combustíveis fósseis. Os dados contemplam as empresas Petrobras,

Ultrapar e Vibra Energia, uma vez que, embora a população de empresas desse setor seja maior, a maioria delas não integra a B3, e outras não disponibilizaram suas emissões de carbono na base de dados *Refinitiv* no período analisado neste estudo. Assim, estes resultados se restringem às empresas citadas.

**Tabela 24: Resultados da regressão - Renovabio**

Variáveis explicativas	Modelo Estimado	
	Eq9 - Sem <i>Outliers</i>	Eq9 - Com <i>Outliers</i>
TotCO2	-0,0767** (0,0344)	0,0368 (0,0631)
Renovabio	-0,1317** (0,0559)	-0,0582 (0,0832)
Risco	60,5209*** (13,2034)	99,8456*** (17,9161)
Tamanho	0,7135*** (0,0901)	0,9933*** (0,1408)
BTM	0,9919*** (0,1512)	0,9192*** (0,1353)
ROE	1,1072*** (0,3632)	0,7266* (0,4151)
Invest/A	-0,3539 (0,3668)	-0,6999 (0,4482)
Constante	-42,8687*** (7,9554)	-68,1882*** (11,1922)
Observações	22	23
Wald Chi2	138,04	27,32
P-valor do teste F	0,0000	0,0000
Mean VIF	6,56	6,46
Chow	F(2, 13) = 13,34***	F(2, 14) = 13,92***
Breusch-Pagan	chibar2(01) = 0,00	chibar2(01) = 0,00
Hausman	chi2(6) = 21,70***	chi2(6) = 20,25***
Wald	chi2 (3) = 8,55**	chi2 (3) = 2,96
Wooldridge	F(1, 2) = 11,236	F(1, 2) = 3,212

Obs.: Estimação por FGLS (Feasible Generalized Least Squares), com efeitos fixos de empresa, considerando os problemas de heterocedasticidade e autocorrelação, quando detectados na execução dos modelos.

São apresentados os coeficientes e a significância estatística, indicada com a notação do “\*\*\*”, conforme o p-valor: \*\*\* para p-valores inferiores a 1%, \*\* para p-valores inferiores a 5% e \* para p-valores inferiores a 10%.

Os resultados da regressão detalhada na Tabela 24 evidenciam que a presença dos dados discrepantes influenciou os coeficientes da regressão, bem como a significância estatística das variáveis de interesse. Desse modo, considerando os resultados da equação sem *outliers*,

observa-se que existe maior penalização das empresas do ramo de combustíveis fósseis em comparação aos demais setores, conforme coeficiente do total de CO<sub>2</sub> (-0,0767), corroborando os resultados encontrados na Tabela 18, que segregou as análises por níveis de poluição.

A *dummy* Renovabio indica que, após a vigência da legislação, houve maior penalização dos investidores para as empresas desse grupo. Não foi possível verificar o impacto direto por meio de uma *dummy* interativa, pois o nível de multicolinearidade, evidenciado pelo VIF em testes feitos, ficou acima do nível aceitável. Considerando a quantidade de empresas com informações disponíveis, esses resultados devem ser vistos com cautela e não podem ser generalizados. Também vale destacar que a pandemia de Covid-19 levou a uma redução significativa no nível de emissões de carbono, o que pode representar um resultado viesado em relação à Renovabio.

No âmbito legal, observa-se que a legislação ainda é embrionária e vem sendo aprimorada, dada a quantidade de empresas que a descumpriram, conforme dados da ANP. Essa constatação pode ser percebida pelos investidores, sinalizando o nível de *enforcement* ambiental do país e influenciando a forma como avaliam os níveis de emissões de carbono.

Vale destacar que a inversão de sinais observada pelo coeficiente positivo da variável emissão total de carbono (TotCO<sub>2</sub>) e no coeficiente positivo da *dummy* interativa do Acordo de Paris com a emissão total de carbono, evidencia a sensibilidade do mercado à inserção de novas políticas ambientais. Esse movimento sugere uma alteração temporária, em que os investidores exigem uma compensação de empresas com maior exposição ao risco de carbono. Tal resultado contrasta com as análises anteriores deste trabalho, como aquelas apresentadas na seção 4.3, em que a relação das emissões de carbono totais e o retorno acionário foi consistentemente negativa.

Essa variação temporal também é compatível com os ciclos documentados por Cornell e Damodaran (2020), nos quais ora predomina o Ciclo Punitivo, ora se manifesta o Ciclo Virtuoso, caracterizados pela penalização das empresas mais poluidoras, ora evidencia o Mundo Distópico, em que empresas altamente poluidoras são compensadas com maiores retornos. Esses ciclos podem ser impulsionados por movimentos de mercado capazes de alterar os fluxos de investimento, principalmente aqueles de peso, com alto volume financeiro, como a intensificação de investimentos ESG por gestores ativos em determinados períodos. Os autores explicam ainda que o período analisado influencia os resultados de desempenho das

ações, pois pode coincidir com uma fase de ajustamento do mercado; nesse caso, ações com melhor desempenho em ESG tendem a apresentar retornos médios mais elevados.

Assim, em conjunto com a ameaça de legislações severas, os resultados aqui encontrados sugerem que o mercado inicialmente reage de forma cautelosa e, conforme vai absorvendo as reais implicações da regulação e sua efetiva fiscalização, ele se adapta novamente, ajustando os preços dos ativos. Jung et al. (2014) argumentaram que o risco percebido está relacionado com a capacidade de monitoramento e fiscalização que se seguem após a adoção de políticas ambientais e a edição de normativos regulatórios.

Portanto, retomando a hipótese de pesquisa examinada nesta seção, que analisa se políticas e regulamentações relacionadas ao carbono afetam o retorno acionário, conclui-se que essa hipótese também não foi rejeitada. Embora a análise do Acordo de Paris tenha evidenciado uma relação positiva com o retorno acionário, tal impacto foi temporário, tendo em vista que nas demais análises deste trabalho a relação foi consistentemente negativa, especialmente na análise da Renovabio, feita a partir de um corte estrutural da amostra a partir de 2017.

## 5. CONCLUSÕES

Esta pesquisa investigou a relação entre as emissões de carbono das empresas listadas na B3 e o retorno acionário no mercado brasileiro. Por meio de uma abordagem empírico-positivista, foram utilizadas as informações disponíveis de 87 empresas, tanto financeiras quanto não financeiras, que possuíam dados sobre emissões de carbono no período de 2014 a 2022, para as análises de regressão, caracterizadas pelo enfoque quantitativo. A base das análises foi estruturada a partir de duas hipóteses: a primeira considera que as emissões de carbono impactam o retorno acionário, e a segunda pressupõe que políticas e regulamentações relacionadas ao carbono influenciam esse retorno. Além disso, a Teoria da Sinalização foi utilizada como pano de fundo dessas análises.

Os objetivos aqui delineados consistiram em investigar a relação entre as emissões de carbono e o retorno acionário, inclusive sob a perspectiva da Teoria da Sinalização, analisar a influência do nível de poluição no retorno das ações e analisar qual a influência de regulamentações ambientais no retorno acionário. Assim, utilizou-se as variáveis dos cinco fatores de Fama-French como variáveis de controle do retorno acionário no mercado brasileiro e os dados de emissões brutas de carbono, bem como as variações ano a ano, por escopo e por unidade de vendas como variáveis independentes de interesse. No que tange às políticas e regulamentações, analisou-se o acordo de Paris, assinado em 2015 e ratificado no Brasil no ano seguinte, e a Renovabio, que passou a vigor a partir de 2017 para as empresas do setor de combustíveis fósseis. Quanto ao modelo estatístico, trabalhou-se com dados em painel com efeitos fixos de tempo e setor para lidar com a heterogeneidade das empresas contidas na amostra.

Os resultados deste estudo demonstraram uma relação moderada e inversamente proporcional entre o retorno acionário e as emissões totais de carbono, indicando que os investidores penalizam os retornos de empresas com maiores níveis de emissões de carbono, sobretudo os setores classificados como os mais poluentes, o que culmina na não rejeição da primeira hipótese desta pesquisa. As análises por meio dos diversos modelos de regressão mostraram que essa relação se manifesta nas emissões totais de carbono, não sendo identificadas relações significativas nas variações anuais das emissões, nas emissões por escopo (exceto o escopo 3, que apresentou significância estatística ao nível de 10%) ou por unidade de vendas. Tal resultado sugere que o mercado reage às informações de carbono numa perspectiva de curto prazo.

Conforme as discussões apresentadas na seção de resultados, a relação negativa e significativa encontrada entre o retorno das ações e as emissões de carbono difere daquela evidenciada em pesquisas internacionais, como em Garvey et al. (2018) e Bolton e Kacperczyk (2021, 2023). No contexto nacional, Moutinho e Silva (2024) também não encontram significância estatística na relação carbono-retorno em diversas análises dos níveis de emissões por escopo. Desse modo, os resultados deste estudo sugerem uma análise em estágio inicial e especulativa por parte do investidor.

Ao analisar as emissões de carbono sob as lentes da Teoria da Sinalização, observou-se que o mercado brasileiro, considerando as empresas analisadas neste estudo, tende a compensar as companhias que reportam suas emissões com maiores retornos, todavia, é propenso a penalizar ainda mais as emissões mais elevadas em comparação às empresas que apresentam seus dados de carbono por estimativas, revelando uma postura mais crítica frente às sinalizações e uma evolução do comportamento do mercado em comparação ao observado por Prates et al. (2021) e Jung et al. (2014), que documentaram benefícios da sinalização de consciência de carbono, ainda que diante de elevados níveis de poluição.

A segunda hipótese de pesquisa analisou a influência das políticas e regulamentações de carbono nos retornos acionários. Nessa análise, observou-se uma relação positiva e significativa das emissões de carbono com o retorno acionário na análise do Acordo de Paris. Já a análise da Renovabio trouxe evidências empíricas opostas, apontando para relações negativas pós 2017. Conforme argumentado na seção 4.4, esses resultados mostram uma sensibilidade do mercado frente às políticas e regulamentações, portanto, evidenciam-se relações temporárias, possivelmente em razão de fatores como a percepção da severidade e nível de fiscalização dos novos normativos. Isto também sugere que as políticas e regulamentações influenciaram as perspectivas dos investidores no curto prazo e confirmam a hipótese de que as políticas regulamentações relacionadas ao carbono afetam o retorno acionário.

Os resultados deste estudo contribuem para a literatura de sustentabilidade ambiental ao documentar a realidade do mercado brasileiro, elencando as primeiras evidências empíricas da relação carbono-retorno no Brasil. Aqui, ampliou-se o rol de análises por meio de métodos estatísticos distintos, novos recortes temporais e amostrais, além da inclusão de novas variáveis para enriquecer os debates. Os resultados revelaram um estágio inicial de maturação em relação

à assimilação dos riscos climáticos, o que é importante para subsidiar as autoridades em relação às legislações e fiscalizações. Para os investidores, esses resultados fazem o papel da contabilidade, subsidiando-os com informações para a tomada de decisões.

Cumpram ressaltar limitações importantes detectadas ao longo desta pesquisa que moderam os resultados aqui encontrados, portanto, esses resultados devem ser vistos com cautela. Por exemplo, identificou-se divergências apontadas para as médias de emissões de carbono do Brasil em bases de dados distintas, especialmente para as emissões no escopo 3. Tais constatações servem de alerta para as entidades governamentais e não governamentais que atuam na orientação da divulgação das emissões de carbono e para a necessidade de auditoria das informações disponibilizadas, especialmente considerando as IFRS S1 e S2 que exigirão informações das emissões de carbono em todos os escopos.

Outra limitação relevante constatada foi a baixa quantidade de informações de carbono disponíveis, o que prejudicou as análises estatísticas das regressões individuais e os graus de liberdade para as análises auxiliares que tornassem os resultados mais robustos, como a inclusão de uma *dummy* de Covid-19 para isolar os efeitos das reduções das emissões em razão da baixa produção nesse período. Apesar disso, considerando a consistência dos resultados entre as regressões realizadas, pode-se inferir que os investidores brasileiros já analisam as emissões de carbono na precificação de ativos, penalizando maiores emissões e setores mais poluentes, mas de forma simplificada e no curto prazo, já que análises mais complexas como as emissões por escopo, ponderadas pelas receitas e variação anual, não foram estatisticamente significativas nas análises realizadas neste estudo.

Como sugestões para pesquisas futuras, cita-se a análise da possibilidade de inclusão de novas empresas que não fazem parte da B3, como as sociedades limitadas e a busca dos dados de emissões de carbono em outras bases de dados. No âmbito da Renovabio, por exemplo, verificou-se que diversas distribuidoras de combustíveis fósseis não fazem parte da B3, o que também restringe as análises.

## REFERÊNCIAS

- Alves, R. C., & Calado, L. R. (2019). Características Endógenas das companhias frente ao seu nível de Disclosure Ambiental. *Revista Evidenciação Contábil & Finanças*, 7(2), 23-40.
- Barbosa, J. S., Altoé, S. M. L., Silva, W. V., & Almeida, L. B. (2013). Índice Carbono Eficiente (ICO2) e Retorno das Ações: Um Estudo de Eventos em Empresas não Financeiras de Capital Aberto. *Revista de Contabilidade e Organizações*, 7(19), 59-69. <https://doi.org/10.11606/rco.v7i19.55448>.
- B3. (2023). Metodologia do Índice Carbono Eficiente (ICO2). [https://www.b3.com.br/pt\\_br/market-data-e-indices/indices/indices-de-sustentabilidade/indice-carbono-eficiente-ico2-b3.htm](https://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/indices/indices-de-sustentabilidade/indice-carbono-eficiente-ico2-b3.htm).
- Bolton, P., & Kacperczyk, M. (2021). Do investors care about carbon risk?. *Journal of financial economics*, 142(2), 517-549.
- Bolton, P., & Kacperczyk, M. (2023). Global pricing of carbon-transition risk. *The Journal of Finance*, 78(6), 3677-3754.
- Bomfim, G., Iwamoto, E., & Blanchet, L. A. (2021). Análise da proposta de alteração da geração distribuída e seus efeitos na autogeração de energia elétrica. *Revista da AGU*, 20(04), 139-156.
- Boungou, W., & Yatié, A. (2022). Mudanças climáticas e retornos do mercado de ações global. *Economics Letters*, 215, 110516.
- Brasil. (2000). Lei nº 10.165, de 27 de dezembro de 2000. Altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/110165.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/110165.htm)
- Brasil. (2007). Lei nº 11.638, de 28 de dezembro de 2007. Altera e revoga dispositivos da Lei nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976, e da Lei nº 6.385, de 7 de dezembro de 1976, e estende às sociedades de grande porte disposições relativas à elaboração e divulgação de demonstrações financeiras. [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111638.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111638.htm)
- Brasil. (2009). Lei nº 11.941, de 27 de maio de 2009. Altera a legislação tributária federal, para dispor sobre parcelamento de débitos tributários; institui regime tributário de transição (RTT); altera as Leis nos 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.213, de 24 de julho de 1991, 8.218, de 29 de agosto de 1991, 10.666, de 8 de maio de 2003, 9.430, de 27 de dezembro de 1996, 10.522, de 19 de julho de 2002, 10.925, de 23 de julho de 2004, 11.457, de 16 de março de 2007, 8.989, de 24 de fevereiro de 1995, e 9.718, de 27 de novembro de 1998; e revoga dispositivos da Lei no 8.212, de 24 de julho de 1991. [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/111941.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/111941.htm)
- Brasil. (2017a). Decreto nº 9.073, de 05 de junho de 2017. Promulga o Acordo de Paris sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, celebrado em Paris, em

12 de dezembro de 2015, e firmado em Nova Iorque, em 22 de abril de 2016.  
[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/decreto/d9073.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9073.htm)

Brasil. (2017b). Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências.  
[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/lei/l13576.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13576.htm)

Brasil. (2019). Decreto nº 9.888, de 27 de junho de 2019. Dispõe sobre a definição das metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis de que trata a Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, e institui o Comitê da Política Nacional de Biocombustíveis - Comitê RenovaBio.  
[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2019/decreto/d9888.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/d9888.htm)

Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. (1991). *Nosso Futuro Comum*.  
[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4245128/mod\\_resource/content/3/Nosso%20Futuro%20Comum.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4245128/mod_resource/content/3/Nosso%20Futuro%20Comum.pdf)

Cornell, B., & Damodaran, A. (2020). Valuing ESG: Doing good or sounding good?. *NYU Stern School of Business*.

Dalmácio, F. Z., Lopes, A. B., Rezende, A. J., & Sarlo Neto, A. (2013). Uma análise da relação entre governança corporativa e acurácia das previsões dos analistas do mercado brasileiro. *RAM. Revista de Administração Mackenzie*, 14, 104-139.

European Centre for Medium-Range Weather Forecasts [ECMWF] (2023). Reports.  
<https://climate.copernicus.eu/esotc/2023>

Fama E. F, French, K. R. (2015) A five-factor asset pricing model. *Journal of Financial Economics*, Rochester, v. 116, p. 1-22.

Garvey, G. T., Iyer, M., & Nash, J. (2018). Carbon footprint and productivity: does the “E” in ESG capture efficiency as well as environment?, *Journal of Investment Management* 16(1), 59-69.

Gillan, S. L., Sekerci, N. & Starks, L. T. (2022), Managerial response to investor environmental demand: The role of firm ownership, Working paper, *University of North Texas*.

Gomes, S. M. S., Kouli, D. K., Bruni, A. L., & Oliveira, N. C. (2017). Relação entre o disclosure de riscos climáticos e o retorno anormal das empresas brasileiras. *Revista Universo Contábil*, 13(2), 149-165.

Görge, M., Jacob, A., Nerlinger, M., Riordan, R., Rohleder, M., & Wilkens, M. (2020). Carbon risk. *Working Paper University of Augsburg*.

Graham, J. (2022), Presidential address: Corporate finance and reality, *Journal of Finance*, 77, 1975–2049.

Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2011). *Econometria básica-5*. Amgh Editora.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2009). *Análise multivariada de dados* (6ª ed., Tradução de A. S. Sant’Anna). Porto Alegre: Bookman.

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). Land degradation. In *Climate Change and Land: IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems* (pp. 345–436). chapter, Cambridge: Cambridge University Press.
- International Sustainability Standards Board (2024). *About the International Sustainability Standards Board*. <https://www.ifrs.org/groups/international-sustainability-standards-board/>
- Jung, J.; Herbohn, K.; Clarkson, P. (2014) The impact of a firm's carbon risk profile on the cost of debt capital: Evidence from Australian firms. *University of Queensland*.
- Lamenza, A., Pereira, R. S., & Braga. S., Jr., (2017). Comercialização e gestão de projetos de créditos de carbono no Brasil. *Revista de Administração da Unimep*, 15(1), 100-127.
- Lazaro, L. L. B., & Thomaz, L. F. (2021). A Participação de stakeholders na formulação da política brasileira de biocombustíveis (RenovaBio). *Ambiente & Sociedade*, 24, e00562.
- Lopes, A. C., De Luca, M. M. M., Góis, A. D., & Vasconcelos, A. C. de. (2017). Disclosure socioambiental, reputação corporativa e criação de valor nas empresas listadas na BM&FBOVESPA. *Revista Ambiente Contábil*, 9(1), jan./jun.
- Maciel, C. F., Correia, L. F., Amaral, H. F., & Cavalcanti, J. M. M. (2021). Performance do modelo de cinco fatores de Fama e French na precificação de anomalias no mercado brasileiro. *Revista Contemporânea de Contabilidade*, 18(49), 145-161.
- Martins, G. A., & Theóphilo, C. R. (2016) *Metodologia da Investigação Científica para Ciências Sociais Aplicadas*. 3. ed. São Paulo: Atlas.
- Martins, D. L. O, Bressan, V. G. F., & Takamatsu, R. T. (2015). Responsabilidade social e retornos das ações: uma análise de empresas listadas na BM&FBovespa. *Revista Catarinense da Ciência Contábil*, 14(42), 85-98.
- Mejia, C., & Kajikawa, Y. (2024). Estimating scope 3 greenhouse gas emissions through the shareholder network of publicly traded firms. *Sustainability Science*, 1-17.
- Minardi, A. M. A. F. (2023). O papel das finanças sustentáveis na transição verde. *Revista Contabilidade & Finanças*, 34, e9044.
- Ministério do Meio Ambiente. (2020, 29 de abril). *Acordo de Paris*. <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html>
- Ministério do Meio Ambiente. (2023). NDC - *A ambição climática do Brasil*. <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/mudanca-do-clima/NDC>
- Ministério de Minas e Energia. (2023). *Metas de Redução de Emissões na Matriz de Combustíveis*. <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio/metas-de-reducao-de-emissoes-na-matriz-de-combustiveis>

- Moreira, K. D. S., Penedo, A. S. T., Pereira, V. S., & Ambrozini, M. A. (2021). Crises e Precificação de Ativos no Mercado de Capitais Brasileiro: Os Cinco Fatores de Fama & French. *Revista Gestão Organizacional*, 14(2), 95-115.
- Monasterolo, I., & De Angelis, L. (2020). Blind to carbon risk? An analysis of stock market reaction to the Paris Agreement. *Ecological Economics*, 170, 106571.
- Mota, A. F., Coelho, A. C. D., & Queiroz, L. L. (2014, July). Teorias da Informação" e Teoria da Contabilidade: contribuição para tratamento da informação contábil. In *XIV Congresso USP Contabilidade e Controladoria. São Paulo*.
- Moutinho, R. A., & Silva, R. L. M. (2024). O risco de carbono é relevante no mercado brasileiro?. *Revista De Contabilidade E Organizações*, 18, e224756.
- Nossa, V., Santos Rodrigues, V. R., & Nossa, S. N. (2017). O que se tem pesquisado sobre Sustentabilidade Empresarial e sua Evidenciação?. *Revista de Educação e Pesquisa em Contabilidade*, 11, 87-105.
- Paglia, E. The Swedish initiative and the 1972 Stockholm Conference: the decisive role of science diplomacy in the emergence of global environmental governance. *Humanit Soc Sci Commun* 8, 2 (2021).
- Pletsch, C. S., da Silva, A., & Hein, N. (2015). Responsabilidade Social e Desempenho Econômico-Financeiro das Empresas Listadas No Índice De Sustentabilidade Empresarial-Ise/Social Responsibility And Financial Performance Of Companies Listed On The Corporate Sustainability Index. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 9(2), 53.
- Prates, J. C. R., Cabral, A. M. R., Avelino, B. C., & Lamounier, W. M. (2023). Afinal, vale a pena divulgar emissões de carbono no Brasil?. *Enfoque: Reflexão Contábil*, 42(1), 17-32.
- Ribeiro, M. D. S. (2005). *O tratamento contábil dos créditos de carbono*. Tese (Doutorado). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. D. P. B. (2013). *Metodologia de pesquisa*. Porto Alegre: Penso.
- Santos, J. G. C. D., Vasconcelos, A. C. D., & De Luca, M. M. M. (2024). Folga financeira e gastos ambientais: value-relevance no mercado acionário brasileiro. *Revista Contabilidade & Finanças*, 35, e1721.
- Serra, R. G., Felsberg, A. V., & Fávero, L. P. (2017). Dez Anos do Ise: Uma Análise Do Risco-Retorno. *REUNIR: Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade*, 7(2).
- Silva, L. M. C. (2022). *A Relação Entre O Índice Carbono Eficiente E O Desempenho Econômico das Empresas*. Tese (Doutorado). Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária da Universidade de São Paulo.
- Souza, A. L. R., Silva, A. F. A. Jr., Andrade, J. C. S., & Fernandes, M. E. (2018). Retorno das ações e sensibilidade ao risco de mercado das empresas participantes do índice carbono eficiente (ICO2) da B3 SA: um estudo comparativo. *Revista Universo Contábil*, 14(2), 30-60.

- Starks, L. T. (2023). Presidential address: Sustainable finance and ESG issues—Value versus values. *The Journal of Finance*, 78(4), 1837-1872.
- Stenzel, A., & Waichman, I. (2023). Supply-chain data sharing for scope 3 emissions. *npj Climate Action*, 2(1), 7.
- Takamatsu, R. T., Lamounier, W. M., & Colauto, R. D. (2008). Impactos da divulgação de prejuízos nos retornos de ações de companhias participantes do Ibovespa. *Revista Universo Contábil*, 4(1), 46-63.
- World Meteorological Organization [WMO]. (2024). *State of Climate*. <https://wmo.int/site/frontline-of-climate-action/state-of-climate>
- World Resources Institute [WRI] e World Business Council for Sustainable Development [WBCSD]. (2004). *The Greenhouse Gas Protocol*. <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>
- Yu, E. P. Y., Van Luu, B., & Chen, C. H. (2020). Greenwashing in environmental, social and governance disclosures. *Research in International Business and Finance*, 52, 101192.