

Relação da Intensidade de Carbono e o Custo de Capital das Empresas Brasileiras

BEATRIZ BORDIM ROSA

Universidade Federal da Grande Dourados

ELISE SOERGER ZARO

Universidade Federal da Grande Dourados

Resumo

Este estudo examina a relação entre a intensidade de emissões de carbono e o custo de capital próprio de 328 empresas brasileiras de capital aberto que divulgam informações sobre carbono e custo de capital próprio. Utilizando modelos de regressão de dados em painel do período de 2021 a 2023, investigamos se a intensidade de carbono está positivamente relacionada ao custo de capital próprio. Os resultados indicam uma relação positiva entre as emissões de gases de efeito estufa e o custo de capital próprio. No entanto, houve o estudo de uma segunda hipótese, fornecendo uma relação negativa entre as metas de redução de carbono e o custo de capital próprio, os resultados indicaram que não apresentar relação estatisticamente significativa com o custo de capital, sugerindo que, no contexto brasileiro, os investidores não consideram essas metas suficientemente confiáveis ou adequadas para produzir um efeito de redução do risco percebido. Além disso, exploramos se a emissão estimada total se relacionava com o custo de capital, sendo estatisticamente significativa. O presente estudo apresenta reflexões sobre a importância de fatores de sustentabilidade para a tomada de decisão de investidores das empresas brasileiras, tendo em vista que os investidores estão incorporando no seu processo de análise de risco tanto a quantidade absoluta de emissões de uma empresa, quanto tem a sensibilidade sobre a intensidade de carbono, ou seja, quanto carbono é emitido para cada unidade monetária de vendas da empresa. Demonstrando como os investidores estão atentos a eficiência da empresa em relação as suas emissões. Esses achados são importantes para empresas, investidores, stakeholders e normatizadores.

Palavras-chave: Intensidade de Carbono, Custo de Capital, Empresas Brasileiras.

1 INTRODUÇÃO

As emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) estão relacionadas as mudanças climáticas e levam a humanidade a enfrentar situações de risco em relação a eventos climáticos extremos, mudanças de temperatura, migrações climáticas e inúmeras outras consequências desse fenômeno. As empresas têm sido incluídas na discussão sobre mudanças climáticas, tendo em vista que suas atividades são responsáveis por uma parcela significativa das emissões e, portanto, também tem um potencial de ajudar a solucionar esse problema (Kim, An, & Kim, 2015).

Adicionalmente, empresas que possuem uma estabilidade financeira e que atendem as normas de sustentabilidade, possuindo uma postura ambiental e social mais ativa, tendem a apresentar um fluxo de caixa mais estável e seguro, atraindo mais investidores que buscam maior segurança em seus investimentos. Em contrapartida, empresas que não se preocupam com os impactos nos ambientes regulatórios e nem com a visão de possuir uma maior vantagem competitiva, tendem a acarretar uma menor quantidade de investidores, pois os mesmos levam em consideração o risco de carbono na avaliação de ações (Kim et. al., 2015; Bui, Moses, & Houque, 2020; Trinks, Ibikunle, Mulder, & Scholtens, 2022).

A adoção de práticas sustentáveis pode ser uma estratégia para contribuir com o sucesso empresarial a longo prazo, pois as empresas que se preocupam com encontrar o equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a preservação ambiental e social, realizam o planejamento e gerenciamento de riscos, eficiência nos processos para redução das emissões. No qual estabelecem estratégias climáticas para gerir riscos físicos e riscos de transição e encontram uma maior quantidade de investidores que buscam uma estabilidade em seus investimentos (Kim et al., 2015; Bui et al., 2020; Trinks et al., 2022). Complementarmente, a busca da humanidade por formas mais eficientes de produção deve proporcionar processos produtivos e a geração de receita com menor emissões de carbono, ou seja, menor intensidade de carbono (Trinks et al., 2022).

O custo de capital das empresas, reflete a relação de risco e retorno esperado em relação a uma empresa. Existem vários estudos documentando que os investidores passaram a considerar riscos ambientais, sociais e de governança nas suas análises de investimento. Ademais, perdura uma atenção para os riscos relacionados as questões climáticas por representar uma temática urgente, dados os diversos fenômenos naturais extremos que a sociedade tem vivenciado (CNN Espanhol, 2021). Como por exemplo, mais de 600 mil pessoas foram expulsas de suas casas devido às enchentes que atingiram o Rio Grande do Sul, causando danos a cidades e mostrando a vulnerabilidade do patrimônio arquitetônico e histórico às condições climáticas extremas (Villela, Pretto, & Martins, 2024). Outro exemplo está presente no estudo realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), ao qual identificou que o estado do Amazonas fechou o ano de 2023 com quase 20 mil queimadas. Até novembro de 2024, o estado registrou 19.580 focos de calor, de acordo com a instituição. A seca dos rios foi outra preocupação para o estado do Amazonas durante o ano de 2023. Todos os municípios do estado declararam situação de emergência e a estiagem extrema atingiu mais de 600 mil pessoas (Castro, 2023).

A exposição ao carbono indica possíveis prejuízos a serem enfrentados no futuro ou responsabilidades financeiras atuais, que geralmente não estão fielmente incluídas nos relatórios anuais das empresas, como balanços patrimoniais e relatórios de sustentabilidade, devido às leis cada vez mais rígidas relacionadas às emissões de GEE em âmbito global (Trinks et al., 2022).

A medida em que a regulamentação do carbono e a evolução do mercado tornarão a produção com utilização intensiva de carbono mais custosa representa um risco significativo para os fluxos de caixa futuros (Ansar, Caldecott, & Tilbury, 2013). Sendo assim o presente artigo tem como objetivo analisar a relação da intensidade de carbono e o custo de capital próprio das empresas brasileiras de capital aberto.

A literatura analisa que a relação entre as emissões de carbono e o custo de capital próprio das empresas é uma relação complexa e pode ser afetada pelo ambiente institucional que a empresa está inserida, portanto justifica-se a realização de estudos sobre esta temática. Esta pesquisa científica pretende analisar as empresas brasileiras de capital aberto, pois destaca-se por ser um país que realiza um grande volume de exportações de *commodities*. Ao longo do tempo, as *commodities* têm se tornado elementos de grande importância para as economias globais, sobretudo para a economia do Brasil. O Brasil destaca-se como um dos principais produtores e exportadores de *commodities* globalmente, com ênfase nas áreas agrícolas e minerais (Duarte, 2022; Aragão & Contini, 2021; Guaraldo, 2021).

Neste artigo a geração de gases efeito estufa será analisada pela razão das emissões de carbono sobre a receita de vendas, sendo assim permite-se a comparação das emissões por uma unidade comum. A relação da intensidade de carbono mede a quantidade total de emissões, a qual será simbolizada em toneladas, pela receita da empresa, que poderá ser interpretada em reais utilizando como variável o custo de capital. Companhias com maiores

níveis de emissão estão oferecendo um elevado risco aos investidores e terão maior custo de capital em relação as empresas com níveis mais baixos de emissão.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 DEFINIÇÃO DE INTENSIDADE DE CARBONO

As emissões de GEE são calculadas através de índices de intensidade, também conhecidos como dados normalizados de impacto ambiental. Para monitorar seu desempenho, um dos meios mais utilizados pelas companhias é a intensidade das emissões de Dióxido de Carbono (CO₂), indicando a quantidade lançada por unidade de atividade, saída ou qualquer outra métrica específica utilizada pela organização. A intensidade das emissões de GEE, juntamente com as projeções absolutas de uma organização, ajuda a avaliar a eficiência da instituição em comparação com outras empresas (Global Reporting Initiative - GRI, 2016). Normalmente é usada para avaliar o impacto ambiental, a eficiência de carbono de uma atividade ou produto e a relacionando com o risco do carbono, no qual afeta o custo de capital próprio das grandes empresas.

O carbono equivalente é uma métrica em que se converte as emissões de GEE em CO₂ e que por meio do potencial de aquecimento global de cada gás, realiza-se a conversão do carbono sequestrado em gases de efeito estufa, é possível realizar o ajuste da massa molecular do CO₂ e convertê-lo para um estoque de carbono (Oliveira Junior et al., 2022). Tal alteração será utilizada ao decorrer deste artigo através de análises comparativas entre o estoque de carbono em que foi emitido e o custo de capital entre as empresas. Dentre esses fatores, o parâmetro empírico carbono equivalente (CE) permite uma avaliação preliminar, de forma padronizada, da sustentabilidade (Barra & Pintaude, 2022).

Devido aos diversos riscos relacionados as mudanças climáticas aos quais as empresas do mercado estão expostas, este risco refere-se aos impactos incertos, chamado de risco de carbono, que assume várias formas na operação real de uma empresa. Existem diversos tipos de risco de carbono, e dentre os principais são: risco físico, risco regulatório, risco de litígio, risco de concorrência, risco de produção e risco de reputação (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2007). Para além dos possíveis problemas regulatórios, existem diversos outros tipos de riscos que deixam as grandes empresas brasileiras emissoras de GEE mais suscetíveis às mudanças nos mercados de trabalho, financeiros e de bens e serviços.

Dessa forma, o risco de carbono irá aumentar a vulnerabilidade de uma empresa como um todo, assim como o custo do seu financiamento. Em uma formulação mais concisa, os investidores vão exigir uma maior rentabilidade de seus investimentos em empresas com alto risco de carbono. A redução do risco percebido permite que empresas mais transparentes se beneficiem de custos de capital reduzidos e atraíam investimentos favoráveis. No entanto, é importante considerar os custos não transferíveis e os gastos associados à divulgação adicional, que podem desencorajar as empresas de serem mais transparentes (Bui et al., 2020; Griffin, Lont, & Sun, 2017).

As mudanças climáticas trazem diversas ameaças financeiras ao meio ambiental, social e econômico (Andersson, Bolton & Samama, 2016; Busch & Hoffmann, 2007), uma delas refere-se aos riscos climáticos, que envolvem os impactos diretos das alterações meteorológicas sobre ativos e operações, como as perdas causadas por tempestades, inundações e seca (Labatt & White, 2011). Outro risco financeiro, que será abordado neste estudo, é o risco de carbono, em que o mesmo está relacionado aos efeitos incertos que futuras regulamentações e dinâmicas de mercado, como por exemplo a reputação e a imagem perante a percepção dos investidores, destinadas a mitigar os riscos físicos que poderão ter sobre as empresas. Os efeitos potenciais sobre o risco sistêmico tornam-se especialmente evidentes na atuação das organizações externas para questões climáticas, em que buscam, por exemplo, uma melhoria nas regulamentações relativas à precificação de carbono pode

aumentar consideravelmente os custos das atividades produtivas com altas emissões (Van der Ploeg, 2018).

2.2 DEFINIÇÃO DE CUSTO DE CAPITAL

Nas empresas, a sustentabilidade é um dos objetivos primordiais, no qual a mesma deve ser utilizada para fazer uma boa gestão e otimizar sua estrutura, realizando-se a cobertura dos custos econômicos do serviço, realizando por exemplo a remuneração adequada aos investidores, ou seja, o custo de capital, a continuidade e a expansão do sistema (Camacho, 2004).

O custo de capital próprio é uma taxa mínima de retorno aplicada pelos investidores (acionistas) ao aplicarem seus recursos na empresa, ou seja, representa o ganho mínimo necessário para aplicar um investimento, sendo possível observar o quanto a empresa deve gerar de retorno para custear suas atividades e lucrar, de modo a compensar seus investidores. O mesmo possui duas divisões, o custo de capital de dívida, considerando os juros e taxas para remunerar o capital de terceiros, e o custo de patrimônio líquido, que seria o retorno esperado pelos investidores e acionistas de modo que seus investimentos gerem lucro. O custo de capital próprio é essencial para as decisões de investimento e avaliação de empresas, sendo usado como taxa de desconto para fluxos de caixa futuros em análises de valor (Assaf Neto, 2021).

O custo de capital representa a remuneração desejada pelos investidores após realizarem seus investimentos. Disponibilizado o montante financeiro necessário para um empreendimento. Normalmente, em muitas ocasiões, o habitual é que as fontes de capital de uma empresa incluem investidores que participam do financiamento das atividades da organização, adquirindo ações e títulos ofertados pelos detentores de empréstimos concedidos a uma organização (Hertig, 2019). Desse modo, espera-se que as empresas obtenham retornos que assegurem que ambos os investidores e os detentores de dívidas são favorecidos nas perspectivas de ganhos em investimentos (Türegün, 2020).

A taxa de desconto para os fluxos de caixa livres da empresa é o Weighted Average Cost of Capital (WACC), ou Custo Médio Ponderado de Capital, é representada a média entre o custo de capital dos sócios (K_e) e o custo de capital de terceiros (K_d), indicando, portanto, o retorno médio requerido pelos investidores para aplicar recursos na empresa.

A fórmula a seguir representa o cálculo do WACC.

$$WACC = k_d (1 - T)D\% + k_e E\%$$

Onde:

K_d : custo de capital de terceiros

k_e : custo de capital dos sócios ou acionistas

$D\%$: proporção de dívida na estrutura de capital

$E\%$: proporção de capital dos sócios na estrutura de capital

T : alíquota de tributos sobre o lucro

Em suma, o estudo do custo de capital envolve determinar o custo de cada fonte de recursos (próprios e de terceiros) e, em seguida, calcular a taxa de retorno desejada com base nesses valores. O WACC depende do risco das decisões financeiras e da proporção dos passivos na estrutura de capital. O custo de capital de terceiros está relacionado aos empréstimos e financiamentos da empresa, aumentando o risco financeiro. O próprio custo de capital reflete o retorno desejado pelos acionistas e pode ser medido usando o Modelo de Precificação de Ativos de Capital (CAPM), que relaciona o retorno de um ativo ao retorno de mercado. Quanto maior o risco, maior o retorno exigido pelos proprietários do capital; para riscos mais baixos, as taxas de retorno podem ser menores (Assaf Neto, 2016).

2.3 ESTUDOS RELACIONADOS

Considerando-se a associação entre a relação da emissão de gases de efeito estufa e o custo de capital próprio, na análise de Bui et al., (2020), foi apresentado o efeito conjunto da divulgação de carbono e das emissões de GEE no custo implícito de capital próprio (COC) das empresas. Sua análise teve como base 4.655 observações anuais de empresas em 34 países, no período entre 2010 a 2015, os resultados indicam que a intensidade das emissões de GEE das empresas está relacionada a um aumento no COC, analisando o efeito moderador sob um regime extensivo de divulgação de carbono, sugerindo que o aumento da consequência do COC nas elevadas emissões de GEE é diminuído na presença de extensas emissões. Indicando que apresenta uma redução no prêmio exigido pelos investidores para compensar o fraco desempenho em termos de carbono (Bui et al., 2020).

No artigo de Velte (2021), é analisado a relação entre desempenho ambiental, desempenho de carbono e práticas de gestão de resultados financeiros em empresas listadas no índice STOXX Europe 600 entre 2014 e 2018. O estudo busca entender como o desempenho ambiental e de carbono afeta a gestão de resultados contábeis (ACC) e a gestão de resultados reais (REM), além de investigar a possibilidade de uma relação bidirecional entre essas variáveis por meio de testes de causalidade de Granger. A amostra é composta por 1.509 observações, considerando também variáveis relacionadas à governança corporativa.

Os resultados indicam que um melhor desempenho ambiental e de carbono está associado a uma redução na ACC, sugerindo que empresas com melhor desempenho tendem a manipular menos seus resultados contábeis. Em contraste, o desempenho ambiental aumenta a REM, o que pode ser interpretado como uma estratégia de greenwashing. Os testes realizados não encontraram evidências de uma relação bidirecional entre as variáveis, reforçando a ideia de que o impacto é unidirecional. As conclusões do estudo têm implicações significativas para práticas empresariais e regulamentações, especialmente no contexto das políticas climáticas da União Europeia, enfatizando a necessidade de relatórios financeiros e não financeiros mais transparentes (Velte, 2021). Esses resultados podem indicar que as emissões da empresa podem estar associadas aos riscos e consequentemente ao custo de capital. Sendo assim, analisar a métrica de performance ambiental ajuda a entender os riscos aos quais as empresas estão expostas, que não necessariamente estão refletidos nas divulgações corporativas dado do gerenciamento de resultados.

No estudo de Kim et al., (2015), foram apresentadas evidências sobre o efeito do risco de carbono no custo do capital próprio no qual o mesmo aumenta, entretanto, demonstrou-se que esta relação não é diferente entre as empresas que divulgaram voluntariamente relatórios de sustentabilidade e aquelas que não o fizeram, concluindo-se que diferente dos achados de Bui et al., (2020), os relatos e relatórios de sustentabilidade não possuem relação com o custo de capital. Estes resultados são referentes a uma amostra de 379 empresas coreanas entre os anos de 2007 a 2011, sendo que estas evidências divergentes podem estar relacionadas ao contexto institucional da Coreia do Sul ou ao período de análise ser anterior a várias discussões de sustentabilidade que contribuíram para que este tema se tornasse material para os investidores. A relação do risco de carbono no custo de capital próprio é um indicativo de como a gestão eficaz dos GEE pode trazer benefícios para as empresas (Kim et al., 2015).

De acordo com a literatura de Trinks et al., (2022) é analisado a relação do prêmio que os investidores exigem para compensar os riscos regulatórios e de mercado, e que, portanto, podem aumentar o COC das empresas. Ademais, ao adquirir uma gestão mais efetiva, Kim et al., (2015), afirmam que as empresas que diminuam nas suas emissões de gases de efeito estufa poderão melhorar os fluxos de caixa, concluindo-se que tal atribuição poderá gerar um maior interesse entre os investidores. No artigo foi utilizado os dados de 1.897 empresas, abrangendo 50 países ao longo dos anos 2008 a 2016, observando um impacto positivo da intensidade de carbono (emissões de carbono por unidade de produção) no COC (Trinks et al.,

2022). Ademais, as conclusões do estudo sugerem que redução das emissões de carbono pode servir como uma estratégia de mitigação de riscos e construção de investimentos futuros.

Na pesquisa de Lemma, Feedman, Mlilo, e Park (2018), foi realizada a investigação da relação entre o risco de carbono corporativo, a divulgação voluntária de informações sobre carbono e o custo de capital das empresas, especialmente no contexto da África do Sul, um dos "países emergentes". O estudo buscou fornecer evidências empíricas sobre como a divulgação de informações sobre carbono pode influenciar a percepção do mercado e, consequentemente, o custo de capital das empresas. O estudo analisou um total de 98 observações, após a eliminação de companhias com informações financeiras ausentes, e trouxe como principais conclusões que, primeiramente, a divulgação voluntária de informações sobre carbono está associada a um custo de capital mais baixo para as empresas, segundo que empresas com maior risco de carbono tendem a fornecer divulgações de melhor qualidade para mitigar reações negativas do mercado, e finalizou destacando a importância da transparência na divulgação de informações ambientais, especialmente em economias emergentes, onde a conscientização sobre riscos ambientais está crescendo (Lemma et al., 2018).

Na mesma linha de raciocínio no estudo de Barth, Cahan, Chen, e Venter (2017), uma das práticas foi avaliar como a qualidade do relato integrado (IRQ) estava associada ao valor da empresa, focando em dois intermediários: o de mercado de capitais e o de efeitos reais. Os autores buscam determinar se a melhoria na qualidade do relato integrado resulta em maior liquidez, menor custo de capital e maiores fluxos de caixa futuros esperados, contribuindo assim para decisões de investimento mais eficazes e para uma melhor alocação de capital.

O estudo analisou um total de 100 empresas, todas listadas na Bolsa de Valores de Joanesburgo (JSE) na África do Sul, onde o relato integrado é obrigatório. Isso permitiu evitar preocupações sobre o viés de seleção que surge quando a adoção do relato é voluntária. Os principais resultados encontrados incluem, uma associação positiva entre o IRQ e a liquidez das empresas, evidenciada pela redução do *bid-ask spread*, que é uma medida inversa de liquidez, não foram encontradas evidências comprovadas de relação entre a qualidade do relato integrado e o custo de capital, adicionalmente foi identificada uma associação positiva entre o IRQ e os fluxos de caixa esperados, indicando uma expectativa de fluxos de caixa operacionais futuros mais elevados (Barth et al., 2017).

A eficiência de investimento também foi positivamente associada à qualidade do relato integrado, indicando que empresas com maior IRQ tomam decisões de investimento mais eficazes. Esses resultados sugerem que o relato integrado cumpre o seu duplo objetivo de melhorar a informação para fornecedores externos de capital e apoiar a tomada de decisões em empresas internacionais que buscam maior estabilidade em seus investimentos (Barth et al., 2017). Estabelecendo um paralelo em relação a esta discussão, empresas que adotam relato integrado devem ter uma mudança no processo de tomada de decisão, incorporando riscos e oportunidades de sustentabilidade, inclusive as preocupações com as emissões de carbono. Presumisse que estas empresas tenham inclusive uma melhora na gestão de carbono, sendo assim, espera-se que os resultados do estudo de Barth et al. (2017), sejam alinhados com os resultados de intensidade de carbono, ou seja, menos custo de capital relacionado com menor intensidade de carbono.

Outrossim, na literatura de Rehman, Gonenc, e Hermes (2023), também se destaca a relação entre as emissões de gases e o custo de capital próprio, no qual foi investigado a relação entre a política de divulgação de carbono, as necessidades de financiamento externo e o custo de capital, considerando a qualidade dos mercados financeiros. O estudo buscou entender como a divulgação de informações sobre emissões de carbono pode influenciar o custo de capital das empresas, especialmente em contextos de diferentes qualidades de mercado financeiro.

Analizou-se uma amostra de 1.200 empresas, possuindo uma amostra de 24.253 observações anuais entre 35 países, abrangendo diversos setores e regiões, para investigar qual a relação entre as práticas de divulgação de carbono e as necessidades de financiamento e, principalmente tendo como referência a análise que será realizada neste artigo, o custo de capital. Os principais resultados revelaram que as empresas que necessitam mais de financiamento externo tendem a comunicar mais informações sobre suas emissões de carbono, principalmente em países com mercados financeiros menos desenvolvidos. Além disso, a divulgação de informações sobre emissões de carbono foi associada a um custo de capital mais baixo, sugerindo que a transparência em relação às práticas ambientais pode trazer benefícios financeiros para as empresas (Rehman et al., 2023).

Nos estudos de El Ghouli et al. (2014) é examinado como a responsabilidade ambiental corporativa (CER) afeta o custo do capital próprio para empresas de produção em 30 países. A amostra consiste em 7.122 observações de empresas no ano representando 2.107 empresas de 30 países no período de 2002 a 2011, sua construção foi realizada através dados base da Trucost, I/B/B/S e Compustast. Após alguns anos de pesquisa e usando uma estrutura de regressão multivariada, foi descoberto que o custo do capital próprio é menor para empresas com um alto nível de CER, essa descoberta sugere que os acionistas percebem as empresas com melhor gestão de risco ambiental como menos arriscadas e, portanto, prejudicam o prêmio de risco que elas excluem. Essa relação negativa entre CER e custo de capital próprio é robusta ao uso de especificações e proxies alternativas, à contabilização do ruído nas influências dos analistas, ao uso de amostras alternativas e à previsão de variáveis independentes alternativas e adicionais.

Os resultados continuam válidos quando se aborda o valor potencial usando variáveis instrumentais e GMM, A relação entre custos ambientais e custos de financiamento de capital próprio se mantém em diferentes cenários legais, econômicos e geográficos, e em conjunto, o reporte suporta resultados consistentes para a noção de que investimentos em CER envolvem o risco percebido de uma empresa e, por sua vez, seus custos de financiamento de capital em todo o mundo.

No Artigo eles empregaram dados de custo ambiental da Trucost para capturar o CER das empresas. Nos resultados empíricos desse artigo foi examinado uma relação entre o CER e o Custo de Capital Próprio. Eles também realizaram testes uni variados que comparam os custos de financiamento de capital de empresas com baixos custos ambientais e empresas com alto custo de capital (el Ghouli et al., 2015). Empresas que integram a sustentabilidade em seus processos de tomada de decisão tendem a ser percebidas como menos arriscadas pelos investidores, resultando em um menor custo de capital. Essa relação é respaldada por evidências que mostram que a CER está associada a um custo de capital próprio mais baixo. O estudo também revela que, ao melhorar a sua gestão de riscos ambientais, as empresas podem reduzir o prêmio de risco exigido aos investidores, o que, por sua vez, diminui os custos de financiamento de capital próprio, ou seja, melhorando-se a gestão ambiental o custo de capital próprio poderá aumentar em relação a suas aplicações (El Ghouli et al., 2014).

Como a alta intensidade de carbono resulta em altos custos de conformidade (regulação) e a má gestão do carbono aumenta o custo de capital (Sharfman & Fernando, 2008), é esperado que a intensidade de carbono esteja positivamente associada ao custo do capital próprio (Kim et al., 2015). Em concordância, acionistas buscam retornos positivos ao realizar investimentos em empresas mais lucrativas, onde as mesmas passam constantemente por avaliações de sustentabilidade, incluindo o tema intensidade de emissões de carbono (Hertig, 2019). Portanto, formula-se a seguinte hipótese:

H1: *A intensidade de carbono está positivamente relacionada ao custo de capital próprio.*

A teoria da sinalização sugere que a divulgação de informações sobre emissões de carbono pode reduzir a assimetria de informações entre as empresas e os investidores, o que pode levar a uma redução no custo de capital (Rehman et al., 2023). Estudos como os de Mariani, Pizzutilo, Caragnano, & Zito (2021), Bui et al. (2020), e Lemma et al. (2018) indicam que a divulgação voluntária de informações sobre carbono pode diminuir o custo de capital ao informar os fornecedores de capital sobre os esforços das empresas para reduzir as emissões. No entanto, a relação entre as metas de emissão e o custo de capital pode ser mais complexa, dependendo de fatores como a credibilidade das metas e a eficácia na redução das emissões (Sheikh & Wang, 2021; Kim et al., 2015). A diminuição na intensidade de emissões de gases de efeito estufa pode trazer benefícios ao custo do capital próprio, mediante a adoção de metas de redução da intensidade de emissões de gases de efeito estufa, integrando-as na estratégia, no processo decisório e no acompanhamento dos resultados de fatores financeiros e de sustentabilidade (Trinks et al., 2022).

As metas de emissão são um passo importante na gestão ambiental das empresas, mas podem não ser suficientes por si só para realizar uma análise abrangente. Além das metas, outras iniciativas, como a implementação de práticas de redução de carbono, a inovação verde e a transparência contínua, são essenciais para garantir que as empresas estejam realmente comprometidas com a redução das emissões. A abordagem "Creating Shared Value" (CSV) destaca a importância de alinhar objetivos empresariais com metas sociais, criando valor tanto para a empresa quanto para a sociedade. Entretanto, deve-se considerar não apenas as metas de emissão, mas também as ações concretas implementadas pelas empresas para alcançá-las (Sheikh & Wang, 2021).

Sendo assim, postula-se a segunda hipótese sobre a interação entre as Metas de Redução de Carbono e o Custo de Capital.

H2: *Metas de Redução de Carbono estão negativamente relacionadas a redução do Custo de Capital.*

3 METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado aplicando uma pesquisa de natureza exploratória e descritiva, a qual se propõe não apenas explorar a relação da intensidade de carbono com o custo de capital próprio, mas também os principais impactos econômicos e financeiros nas grandes empresas brasileiras. Para investigar a relação entre a intensidade de carbono e o custo de capital próprio, empregamos como base, o banco de dados da *Refinitiv*.

De acordo com Costa (2024) a *Refinitiv Eikon Database* é uma plataforma dedicada a fornecer uma ampla gama de dados financeiros, oferecendo informações detalhadas sobre empresas, mercados e instrumentos financeiros. É comumente utilizado por profissionais de finanças, acadêmicos e pesquisadores para análises de mercado, estudos e processos de tomada de decisão, todos os dados relacionados às informações de sustentabilidade (como quantitativo de emissão de gás carbônico e gás carbono equivalente, relatórios de sustentabilidade, narrativas, etc.) foram coletados do banco de dados Refinitiv Eikon, que já foi usado por acadêmicos na análise de questões ESG (Garcia, Mendes-Da-Silva, & Orsato., 2017 ; Dorfleitner, Kreuzer, & Sparrer, 2020; Pozzoli, Pagani, & Paolone, 2022; Trinks et al., 2022).

A Refinitiv é um dos maiores provedores em dados e infraestrutura para mercados financeiros, atendendo mais de 40.000 instituições em cerca de 190 países. Oferece informações financeiras abrangentes, plataformas de negociação, soluções de conformidade e gestão de riscos (Brewster, 2020; Refinitiv, 2020).

A plataforma fornece informações em tempo real, análises de mercado, dados ESG e recursos para avaliação de investimentos. Sua capacidade de combinar dados financeiros com

análises completas permite que os usuários façam avaliações precisas e bem fundamentadas do desempenho da empresa e das tendências de mercado (Costa, 2024).

Através desta plataforma será possível realizarmos a relação entre a intensidade de carbono e o custo de capital das grandes empresas, coletando os dados em períodos equivalentes de uma empresa, como valores de emissão de carbono e de custo de capital gerado e realizar a analogia entre as informações adquiridas através da coleta de uma amostra de empresas brasileiras constantes com informações disponíveis banco de dados *Refinitiv Eikon*, para a análise foi utilizado modelo de dados em painel, tendo em vista que nossa amostra é longitudinal.

A pesquisa abrange todas as empresas brasileiras para as quais existem dados sobre as variáveis do modelo na base de dados *Refinitiv Eikon*. A amostra inicial consistiu em 2.184 observações coletadas entre os anos de 2021 e 2023, cujo as empresas analisadas eram de capital aberto. Deste total, 1.834 observações não possuíam informações sobre emissões de carbono, resultando em uma amostra de 350 observações. As instituições financeiras foram excluídas da amostra, sendo que a análise do custo de capital dessas empresas possui características diversas dos outros setores e não podem ser analisadas conjuntamente, foram excluídas 19 observações, considerando-se o *GICS Industry Group Name: Banks, Financial Services, Insurance e Real Estate Management & Development*. Sendo assim a amostra do estudo é composta por 328 observações de 117 empresas distintas.

Tabela 1 – Total de observações obtidas de empresas brasileiras de capital aberto no período de 2021 a 2023

Descrição	Quantidade
Total de observações de empresas brasileiras	2184
(-) Observações sem informações de emissões de carbono	-1834
(=) Observações com informações de emissões de carbono	350
(-) Observações de instituições financeiras	-19
(=) Observações sem instituições financeiras	331
(-) Observações sem informação de custo de capital próprio	-3
(=) Observações da amostra	328

Fonte: Dados da pesquisa.

Esta tabela relata a coleta total de observações referentes a amostra posteriormente analisada, e que no qual a mesma foi remetida a realização de uma apuração das análises que não possuíam informações sobre emissões de carbono, custo de capital próprio ou que se referenciavam a instituições financeiras.

3.1 VARIÁVEIS DO MODELO

Para analisar a relação entre a intensidade de carbono e o custo de capital próprio das empresas, podemos formular um modelo econométrico que considera as variáveis mencionadas. O modelo pode ser estruturado da seguinte forma:

Variável dependente - Custo de Capital Próprio (K_e)

O Custo de Capital Próprio representa a taxa mínima de retorno que os acionistas esperam ao investir em uma empresa (Hertig, 2019; Türegün, 2020). É a medida mais utilizada pelos profissionais da área finanças para avaliação do risco das empresas (Jacobs & Shivdasani, 2012; Brotherson, Eades, Harris & Higgins, 2013; Trinks et al., 2022).

O cálculo do K_e é realizado utilizando o Modelo de Precificação de Ativos Financeiros (CAPM), que considera três componentes principais a Taxa Livre de Risco (R_f), refere-se ao retorno esperado de um ativo sem risco, geralmente representado por títulos do governo; o Prêmio de Risco de Mercado, este é a diferença entre o retorno esperado do

mercado (R_m) e a taxa livre de risco, ou seja, ($R_m - R_f$); o Beta (β), que é um coeficiente que mede a sensibilidade do retorno da ação em relação ao retorno do mercado. Um beta maior que 1 indica que a ação é mais volátil que o mercado, enquanto um beta menor que 1 sugere menor volatilidade (Assaf Neto, 2021).

A fórmula do CAPM para calcular o custo de capital próprio é:

$$(1) K_{e_{it}} = R_{f_{it}} + \beta_{it} * (R_{m_{it}} - R_{f_{it}})$$

Variável explicativa - Intensidade de Carbono: A Intensidade de Carbono foi definida como a relação entre as emissões totais de carbono (escopos 1, 2 e 3) e as vendas da empresa, expressa como:

$$(2) \text{Intensidade de Carbono}_{it} = \text{Emissões Totais}_{it} / \text{Vendas}_{it}$$

O modelo econométrico pode ser representado pela seguinte equação:

$$(3) K_{e_{it}} = \alpha + \beta_1 \text{Intensidade de Carbono}_{it} + \beta_2 \text{Itamanho}_{it} + \beta_3 \text{Alavancagem}_{it} + \beta_4 \text{Prejuízo}_{it} + \beta_5 \text{MTB}_{it} + \sum \text{Controles de Setor} + \varepsilon$$

Também serão incluídos controles a nível de empresa e setor.: **Itamanho** - Representa o total de ativos de uma empresa; **Alavancagem** - Passivos Totais / Ativos Totais; **Prejuízo** = *dummy* 1 = prejuízo, se não 0; **MTB** - Valor de mercado/valor do Patrimônio Líquido.

As variáveis K_e , Itamanho , Alavancagem , MTB foram insorizadas a 1% em ambas as caldas para reduzir problemas decorrentes de observações *outliers*. As observações *outliers* são informações companhias que possuem valores muito divergentes das demais, podendo influenciar significativamente as medidas de média e desvio padrão (Aguinis, Gottfredson, João, 2013).

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A tabela abaixo apresentada, demonstra a frequência das observações, entre 2021 e 2023, em relação a empresas que divulgam informações sobre emissões de Carbono. Cada linha da tabela, referente a coluna de Ano, representa o ano relativo a coleta do número de observações da amostra, indicado por Frequência (Freq), do determinado período.

A distribuição entre as empresas que disseminam informações referentes a gases efeito estufa, possuiu uma considerável constância, onde ao decorrer do período analisado, o valor quantitativo de empresas que possuem informações sobre gases efeito estufa publicadas permaneceu em um valor médio de cento e nove companhias. Vale ressaltar que ao decorrer dos anos foi verificado um pequeno aumento de empresas participantes, entre os anos 2021 e 2022 houve um aumento de aproximadamente 1,12% e entre os anos 2022 e 2023 um acréscimo de 1,04%. Entretanto, persiste uma lacuna de informações acerca da forma como as empresas administram os riscos e as oportunidades climáticas decorrentes de suas atividades, o que impacta diretamente na atração de novos investidores.

Tabela 2 – Frequência das observações por ano obtidas de empresas brasileiras de capital aberto no período de 2021 a 2023

Ano	(1) Freq
2021	100
2022	112
2023	116
Total	328

Nesta tabela é demonstrada a frequência total (Freq) de observações durante os anos (Ano) entre as empresas analisadas.

A Tabela 3 expõe resultados da análise de dados em painel através da busca de estatísticas descritivas das variáveis quantitativas dos modelos. As informações apresentadas referem-se a, inicialmente, suas variáveis, sendo elas Custo de Capital, que representa a taxa

mínima que a empresa deve gerar para cobrir suas despesas financeiras e atender às expectativas dos investidores, calculado por meio do CAPM e anteriormente apresentado (Assaf Neto, 2016). Ademais, foi apresentado a Intensidade de Emissões, Total de Emissões, sendo o logaritmo natural do valor das emissões totais de CO₂ equivalente estimadas pela *Refinitiv Eikon*, e Meta de Redução de Emissões (%) indicando o percentual de redução de emissões de carbono equivalente ao qual a empresa se comprometeu, e Tamanho (Lsize), Alavancagem (LEV), *Market-to-Book Ratio* (MTB) e Perda (Loss), analisando os resultados sobre as mudanças ano a ano das emissões de gases de efeito estufa. Subsequentemente, é evidenciado a quantidade de observações, média (Mean) e desvio padrão (sd) de cada variável.

Tabela 3 – Estatísticas descritivas das variáveis quantitativas de empresas brasileiras de capital aberto no período de 2021 a 2023

VARIÁVEIS	(1) N	(2) Mean	(3) Sd
Ke	328	0.167	0.0557
Intensidade de Emissões	328	0.0285	0.0529
Emissão Total de CO ₂	327	11.40	2.831
Meta de Redução de Emissões (%)	138	39.56	31.50
Lsize	328	21.96	1.166
LEV	328	0.705	0.472
Mtb	328	2.569	6.216
Loss	328	0.195	0.397

Fonte: Dados da pesquisa.

Legenda: N: Número de empresas avaliadas. Mean: Média. Sd: Desvio Padrão, Ke: Custo de Capital Próprio da empresa. Intensidade de Emissões: Emissão total de carbono equivalente da empresa escopo 1, 2 e 3/Receita. Emissão Total de CO₂: Emissão total de carbono equivalente da empresa escopo 1, 2 e 3. Meta de Redução de Emissões: percentual estabelecido pela empresa como meta de redução das suas emissões. Lsize: Logaritmo natural do Tamanho da Empresa, medido pelo total do ativo. LEV: Alavancagem. Mtb: *Market-to-Book Ratio*. Loss: Prejuízo.

Podemos observar na tabela anteriormente evidenciada que, o retorno que uma empresa teoricamente paga a seus investidores de capital, é calculado multiplicando o prêmio de risco de capital do mercado pelo beta da ação mais uma taxa livre de risco ajustada pela inflação. O prêmio de risco de capital é o retorno esperado do mercado menos a taxa livre de risco ajustada pela inflação (Assaf Neto, 2016). Ademais, é possível analisar que a média do Ke entre as empresas analisadas é de 16,7%, sendo que existe um desvio padrão de 5,57%, esse fator pode estar relacionado a taxa livre de risco no Brasil que tem lastro na SELIC e se manteve em 13,75% a.a. de 08/2022 a 07/2023, de acordo com Banco Central do Brasil, sendo um período de taxas mais altas do que as médias dos últimos 10 anos e ajuda a explicar a média do custo de capital próprio das empresas.

Na quarta tabela é apresentado as correlações de Pearson entre as variáveis quantitativas financeiras e operacionais, de forma mais transparente foi realizado o teste de correlação variável por variável, sendo a mesma categorizada como uma análise univariada. Outrossim, é possível analisar que a variável dependente é o custo de capital (Ke) das empresas, e demais variáveis serão as variáveis independentes.

Tabela 4 – Análise de correlação das variáveis das empresas brasileiras de capital aberto no período de 2021 a 2023

	Ke	Intensidade de Emissões	Emissão Total	Meta de reduções por período	Lsize	Lev	Loss
Ke	1						
Intensidade de Emissões	0.0703	1					
Emissão Total	-0.0806	0.541***	1				
Meta de reduções por período	-0.121	0.0460	-0.135	1			
Lsize	-0.190*	0.000932	0.648***	-0.0712	1		
Lev	0.150	0.168*	0.159	0.0598	0.0528	1	
Loss	0.0327	0.0588	-0.0561	0.108	-0.0558	0.447***	1
Mtb	-0.258**	-0.154	-0.134	-0.0928	-0.157	-0.0107	-0.158

Fonte: Dados da pesquisa.

Legenda: Ke: Custo de Capital Próprio da empresa. Emissão Total de CO₂: Emissão total de carbono equivalente da empresa escopo 1, 2 e 3. Intensidade de Emissões: Emissão total de carbono equivalente da empresa escopo 1, 2 e 3/Receita. Meta de Redução de Emissões: percentual estabelecido pela empresa como meta de redução das suas emissões. Lsize: Logaritmo natural do Tamanho da Empresa, medido pelo total do ativo. LEV: Alavancagem. Mtb: *Market-to-Book Ratio*. Loss: Prejuízo. Os coeficientes de correlação determinam que os asteriscos sobrescritos ***, ** e * denotam significância estatística bicaudal nos níveis de 0,1%, 1% e 5%, respectivamente.

Com a realização da análise da Tabela 4 verifica-se a correlação entre o Ke com o tamanho da empresa (-0.190*), com uma significância de 95%, e a associação entre o Ke e o Mtb (-0.258**), com o nível de significância de 1%, ambas com correlação negativa. Entretanto, houve relação positiva entre a intensidade de carbono e o grau de alavancagem (0.168*), tal correlação é estatisticamente significativa a um nível de 5%.

A correlação entre a Intensidade de Emissões e a Emissão Total (0.541***), é positiva e com uma significância de 99,9%, o que é esperado, dado que as naturezas das variáveis são parecidas, tendo como base as emissões da empresa, mas a intensidade de emissões é avaliada em relação ao nível de vendas da empresa, ou seja, quanto de emissões que a empresa gera para cada dólar de caixa gerado. Ademais, é possível observar que a relação entre a Alavancagem e a Perda (0.447***), é positiva e significativa, assim como a correlação entre a Emissão Estimada Total e ao Tamanho da Empresa (0.648***), que é positiva e estatisticamente significativa, com significância de 99,9%.

Como a base analisada se refere a dados longitudinais entre a intensidade de carbono e o custo de capital, a estratégia empírica adotada foi a utilização da análise de regressão com dados em painel, sendo assim, foi estimado além da abordagem com os dados agrupados, o modelo de efeito fixo e aleatório. Neste teste, foi analisada a relação entre variáveis com controles para melhorar a estimativa em comparação com uma correlação simples. No modelo inicial, coluna Ke (1), as variáveis Loss e MTB não foram estatisticamente significantes. Portanto, realizou-se a remoção das variáveis pouco relevantes na amostra e criando-se o segundo modelo, Ke (2), os resultados demonstram que a intensidade de carbono tem uma relação positiva e estatisticamente significativa, sendo seu nível de significância de 1%, com o custo de capital próprio.

Tabela 5 – Relação do custo de capital próprio (Ke) e intensidade de carbono nas empresas brasileiras de capital aberto do período de 2021 a 2023

Variáveis	(1) Ke Painei FE	(2) Ke Painei FE
Intensidade de Emissões	0.255*** (0.0936)	0.252*** (0.0930)
Lsize	-0.0239*** (0.00832)	-0.0241*** (0.00821)
Lev	-0.0530*** (0.0197)	-0.0542*** (0.0195)
Loss	-0.00427 (0.00741)	
Mtb	-2.83e-06 (0.000342)	
Constant	0.724*** (0.184)	0.727*** (0.181)
Teste Chow	7.92(0.0000)***	8.11(0.0000)***
Teste Hausman	28.57(0.0000)***	25.60(0.0000)***
Observações	328	328
Número de ID	117	117

Fonte: Dados da pesquisa.

Legenda: Ke: Custo de Capital Próprio da empresa. Emissão Total de CO₂: Emissão total de carbono equivalente da empresa escopo 1, 2 e 3. Intensidade de Emissões: Emissão total de carbono equivalente da empresa escopo 1, 2 e 3/Receita. Meta de Redução de Emissões: percentual estabelecido pela empresa como meta de redução das suas emissões. Lsize: Logaritmo natural do Tamanho da Empresa, medido pelo total do ativo. LEV: Alavancagem. Mtb: *Market-to-Book Ratio*. Loss: Prejuízo.

Nota: Teste Chow & Teste de Hausman (H0: coeficientes de EA e EF são similares). Se o teste de Hausman for significativo, rejeita-se a hipótese nula, sendo o modelo de EF o mais adequado. Se o teste Chow (F) é significativo, rejeita-se a hipótese nula de que o modelo Pooled é o mais adequado, pois os interceptos variam de acordo com os indivíduos (IDs). Todas as regressões incluem efeitos fixos (não relatados) de firma. Erros robustos são apresentados em parênteses. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1.

Ademais, no modelo 1, é concebível analisar que a variável Intensidade de Emissões (0.255***), é estatisticamente significativa considerando um intervalo de confiança de 99%, indicando que o nível de emissões de carbono relativizado pelas vendas da empresa, estão relacionadas com o custo de capital da empresa. Esse resultado confirma H1, a qual postula a relação positiva entre a intensidade de carbono e o custo de capital próprio das empresas brasileiras avaliadas. Verifica-se que a variante 1SIZE (-0.0239***), em que indica a relação entre o tamanho das empresas e seu respectivo custo de capital, demonstrou uma associação negativa e estatisticamente significativa a variável Ke, indicando que empresas maiores apresentam menor custo de capital. Outrossim, a variável LEV (-0.0530***), no qual quantifica a dependência de capital de terceiros da empresa, também apresentou relação significativa negativa com a variável Ke, indicando que quando mais endividada a empresa menor é o seu custo de capital, esse resultado é contraintuitivo, demonstrando que os resultados também mostram uma relação negativa e significativa entre o índice de alavancagem financeira e o custo de capital, implicando que as decisões de estrutura de capital afetam inerentemente o custo de capital das empresas (Ramirez, Monsalve, González-Ruiz, Almonacid, & Peña, 2022).

Da mesma forma, após a exclusão das variáveis não significantes, no modelo 2 verifica-se uma relação positiva e estatisticamente significativa entre Ke e a intensidade de carbono. Esses resultados indicam que a o custo de capital de uma empresa pode haver oscilações de acordo com a intensidade de emissões, e trazer posições competitivas no mercado de investidores, caso positiva o interesse em investimentos de menor prêmio, e caso negativa, devido os problemas ambientais que a mesma pode estar apresentando, a cobrança

de um retorno por parte dos investidores tendem a ser maiores. No qual se alinha entre os achados dos estudos anteriores e na amostra de empresas brasileiras analisadas neste artigo (Kim et al., 2015; Bui et al., 2020; Trinks et al., 2022).

Para fins de avaliação do modelo estimado realizou-se o Teste Chow, 7.92 (0.0000)*** considerando-se estatisticamente significativa, que indicou que o modelo de dados em painel de efeito fixo (fixed effects - FE) é o mais adequado comparado ao modelo Pooled, fornecendo dados agrupados. Adicionalmente, o Teste de Hausman, 28.57 (0.0000)*** obtendo significância, confirmando novamente que o modelo de painel de efeito fixos é mais adequado em comparação ao modelo de efeitos aleatórios.

Tabela 6 – Relação do custo de capital próprio (Ke) e emissões totais de CO₂ equivalente nas empresas brasileiras de capital aberto do período de 2021 a 2023

VARIABLES	(1) Ke Painel FE	(2) Ke Painel FE
Emissão Estimada Total	0.0112*** (0.00370)	0.0111*** (0.00367)
Lsize	-0.0333*** (0.00809)	-0.0330*** (0.00798)
Lev	-0.0649*** (0.0201)	-0.0662*** (0.0199)
Loss	-0.00292 (0.00737)	
Mtb	-0.000129 (0.000342)	
Constant	0.818*** (0.178)	0.812*** (0.176)
Teste Chow	7.96(0.0000)***	8.34(0.0000)***
Hausman	35.63(0.0000)***	32.40(0.0000)***
Observations	327	327
Number of ID	117	117

Fonte: Dados da pesquisa.

Legenda: Ke: Custo de Capital Próprio da empresa. Intensidade de Emissões: Emissão total de carbono equivalente da empresa escopo 1, 2 e 3/Receita. Emissão Total de CO₂: Emissão total de carbono equivalente da empresa escopo 1, 2 e 3. Meta de Redução de Emissões: percentual estabelecido pela empresa como meta de redução das suas emissões. Lsize: Logaritmo natural do Tamanho da Empresa, medido pelo total do ativo. LEV: Alavancagem. Mtb: *Market-to-Book Ratio*. Loss: Prejuízo.

Nota: Teste Chow & Teste de Hausman (H0: coeficientes de EA e EF são similares). Se o teste de Hausman for significativo, rejeita-se a hipótese nula, sendo o modelo de EF o mais adequado. Se o teste Chow (F) é significativo, rejeita-se a hipótese nula de que o modelo Pooled é o mais adequado, pois os interceptos variam de acordo com os indivíduos (IDs). Todas as regressões incluem efeitos fixos (não relatados) de firma. Erros robustos são apresentados em parênteses. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1.

Na mesma linha de raciocínio, na Tabela 6, é possível interpretar que a variável Emissão Estimada Total (0.0112***), é estatisticamente significativa levando a um nível de confiança de 1% e indicando que o valor de emissões estimadas totais está positivamente relacionado a taxa mínima de retorno, no qual a mesma precisa gerar para cobrir suas despesas financeiras e satisfazer as expectativas de seus investidores. Subsequentemente, consta-se que a variante 1SIZE (-0.0333***) apresentou uma relação negativa e estatisticamente significativa com a variável Ke e demonstrou ser inversamente proporcional com relação ao tamanho da empresa e seu custo de capital. Ademais, a variável LEV (-0.0649***), também mostrou uma correlação negativa significativa com a variável Ke, indicando que, à medida que a empresa aumenta seu nível de endividamento, seu custo de capital tende a diminuir.

Assim como o modelo anterior, no modelo (2) foi realizado a mesma exclusão, pois como explicado anteriormente as variáveis Loss e MTB não possuem muita significância para este estudo. Estas análises indicam que a relação entre a emissão estimada total e o custo de capital está estatisticamente positiva, gerando a conclusão de que uma empresa que possui uma maior responsabilidade ambiental corporativa, leva a um maior desempenho na diminuição das estimativas de emissão de gases efeito estufa, desenvolvendo uma diminuição de seu custo de capital. A mesma também reforça a ideia de que empresas com maiores responsabilidades ambientais enfrentam pressões adicionais para gerar retornos mais altos, refletindo preocupações dos investidores sobre sustentabilidade e entrando em consonância com os resultados de estudos anteriores, concluindo-se que a mesma relação se aplica ao contexto brasileiro analisado (El Ghouli et al., 2015). Na tabela anterior, foi novamente realizado os testes Chow (8.34***) e Hausman (32.40***), em que mais uma vez o modelo de painel com efeitos fixos é mais apropriado do que o modelo de efeitos aleatórios.

Tabela 7 – Relação do custo de capital próprio (Ke) e metas de carbono nas empresas brasileiras de capital aberto do período de 2021 a 2023

Variáveis	(1) Ke Painel FE	(2) Ke Painel FE
Intensidade de Emissões	0.977*** (0.342)	0.998*** (0.293)
Meta de Redução de Emissões (%)	-0.000158 (0.000122)	-0.000154 (0.000127)
Lsize	-0.0304** (0.0144)	-0.0227* (0.0123)
Lev	-0.0292 (0.0272)	-0.0314*** (0.0118)
Loss	-0.0140 (0.0133)	
Mtb	-0.00245 (0.00195)	
Constant	0.848** (0.326)	0.667** (0.276)
Teste Chow	6.43 (0.0000)***	7.23(0.0000)***
Hausman	22.43 (0.001)***	14.09 (0.007)***
Observations	138	138
Number of ID2	61	61

Fonte: Dados da pesquisa.

Legenda: Ke: Custo de Capital Próprio da empresa. Intensidade de Emissões: Emissão total de carbono equivalente da empresa escopo 1, 2 e 3/Receita. Emissão Total de CO₂: Emissão total de carbono equivalente da empresa escopo 1, 2 e 3. Meta de Redução de Emissões: percentual estabelecido pela empresa como meta de redução das suas emissões. Lsize: Logaritmo natural do Tamanho da Empresa, medido pelo total do ativo. LEV: Alavancagem. Mtb: *Market-to-Book Ratio*. Loss: Prejuízo.

Nota: Teste Chow & Teste de Hausman (H0: coeficientes de EA e EF são similares). Se o teste de Hausman for significativo, rejeita-se a hipótese nula, sendo o modelo de EF o mais adequado. Se o teste Chow (F) é significativo, rejeita-se a hipótese nula de que o modelo Pooled é o mais adequado, pois os interceptos variam de acordo com os indivíduos (IDs). Todas as regressões incluem efeitos fixos (não relatados) de firma. Erros robustos são apresentados em parênteses. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1.

Considerando os resultados apresentados, os investidores consideram as empresas com maior intensidade de carbono, um investimento mais arriscado e, portanto, cobram um prêmio de risco mais alto. Surge o questionamento, se a declaração da empresa sobre uma meta de redução de suas emissões resulta em um efeito a reduzir o prêmio de risco exigido. Sendo assim, incluímos a variável Meta de Redução de Emissões (%) buscando entender, a sua relação com o custo de capital.

A variável Meta de Redução de Emissões (%) não apresentou significância estatística, indicando que para a amostra analisada, não possui um efeito que ajude as empresas a minimizar o impacto financeiro de sua intensidade de carbono.

No modelo 1, a associação significativa e negativa entre o tamanho da empresa e o custo de capital (-0.0304**) levam a conclusão de que empresas maiores têm acesso a melhores condições financeiras, possivelmente devido à sua capacidade de diversificação e estabilidade no mercado. No modelo 2, a variável tamanho da empresa e alavancagem possuem relação negativa e estatisticamente significativa com o custo de capital próprio da empresa, novamente o resultado de alavancagem é contraintuitivo. Os resultados dos testes Chow e Hausman são interpretados da mesma forma que os modelos anteriores, portando o modelo mais indicado é o modelo de dados em painel com efeitos fixos.

Tais análises geraram como resultado, uma conclusão de que o nível de intensidade das emissões de carbono está ligado a um custo de capital mais alto, e ao estabelecimento de uma Meta de Redução de Emissões que não apresenta relação com o custo de capital, ou seja, não media essa relação, indicando que a transparência nas práticas ambientais pode trazer vantagens financeiras para as empresas. Isso é especialmente relevante para aquelas que buscam maior financiamento externo, principalmente em países com mercados financeiros menos desenvolvidos (Rehman et al., 2023). Como teste adicional não tabulado, foram realizados testes considerando a variável meta de redução de carbono e intensidade de carbono mediadas e o resultado não foi estatisticamente significativo, sendo qualitativamente o mesmo para a análise de empresas brasileiras.

Seguindo esta linha de raciocínio, a hipótese de que as metas de redução de carbono reduzem o custo de capital é apoiada por vários estudos, e a divulgação de informações sobre carbono pode reduzir a incerteza e a assimetria de informações, levando a um menor custo de capital. No entanto, a eficácia dessas metas depende da credibilidade e do compromisso real das empresas em implementá-las. A mera existência de metas sem ações concretas pode não ser suficiente para influenciar significativamente o custo de capital. Portanto, a gestão das metas de emissão, combinada com ações concretas e transparência contínua, pode reduzir o custo de capital das empresas. Além disso, a controvérsia sobre o compromisso das empresas pode surgir se as metas não forem acompanhadas de ações tangíveis, o que pode afetar negativamente sua credibilidade no mercado (Sheikh & Wang, 2021).

5 CONCLUSÕES

Mediante a pesquisa realizada, conclui-se que o principal objetivo foi verificar a relação entre a intensidade das emissões de carbono e o custo de capital das empresas brasileiras de capital aberto e para isso conduziu-se um estudo quantitativo, utilizando-se um modelo de dados em painel para analisar a relação do Custo de capital e a Intensidade de emissões. Concluiu-se através das análises realizadas que a intensidade de carbono está positivamente relacionada ao custo de capital próprio das empresas brasileiras avaliadas, condizente com a H1. É importante salientar que a conclusão alcançada, foi fundamentada principalmente pelas Tabelas 5 a 7, que apresentaram diferentes modelos de análises e os resultados corroboraram com a H1. É importante citar que os dados possuem limitações estatísticas sobre as relações entre as variáveis, mas os resultados apresentados possuem alto grau de confiança.

Os resultados da nossa pesquisa indicam que investidores das empresas brasileiras incorporam as informações de intensidade de emissões no seu processo de tomada de decisão. Sendo assim, as empresas podem se incentivar a realizar uma gestão de suas emissões, pois além da percepção dos impactos que suas atividades causam ao clima e ao ambiente, acionistas tendem a buscar empresas com menor intensidade de carbono, pois demonstram ser menos arriscadas para seus investimentos.

Através da utilização de modelos de regressão com dados em painel é evidenciado que a intensidade de carbono tem uma relação positiva e estatisticamente significativa com o custo de capital próprio. Ou seja, as empresas com maiores emissões têm sido percebidas pelos investidores como mais arriscadas, o que pode indicar que elas tenham maior dificuldade de acesso a capital. Os resultados levam a uma reflexão sobre como o aumento do cuidado na intensidade de emissões de gases efeito estufa pode colaborar com o crescimento das empresas, onde podem gerenciar de maneira mais eficaz seus riscos e oportunidades, esperando um efeito positivo do desempenho no mercado, proporcionando, tanto direta quanto indiretamente, perspectivas de benefícios futuros para os investidores.

Buscou-se identificar se o estabelecimento de uma meta de redução das emissões de carbono, no entanto, na amostra estudada não apresentou relação estatisticamente significativa com o custo de capital, sendo assim, para o contexto brasileiro é perceptível que os investidores não estão considerando as metas suficientemente confiáveis ou adequadas para produzir em efeito de redução do risco percebido.

A pesquisa possui algumas limitações que precisam ser consideradas. A amostra do estudo se refere as maiores empresas brasileiras de capital aberto, porém tende a ser representativa das empresas de capital aberto, pois pelas informações da base de dados Refinitiv Eikon foi possível perceber que as empresas de pequeno porte, tinham uma menor frequência de reporte sobre intensidade de emissões. Tal resultado enfatizou-se a necessidade de relatórios financeiros e não financeiros mais transparentes, possuindo a divulgação de informações ambientais, especialmente em economias emergentes, onde a conscientização sobre os riscos ambientais está em ascensão.

Ademais, houve limitações em relação aos anos analisados, tendo em vista que os anos anteriores a 2020, não foi realizada as análises devido ao impacto da pandemia de corona vírus em meio mundial, o que poderia distorcer a análise, dado seu forte impacto no custo de capital das empresas e nos seus retornos que são base para o cálculo do CAPM (*Capital asset pricing model*). Para pesquisas futuras sugere-se analisar amostras mais abrangentes, incluindo uma análise em meio mundial e que já possua um maior aglomerado informações sobre as emissões, autores que investiguem se a melhoria na gestão de carbono leva a um aumento na liquidez, a uma redução no custo de capital e a expectativas de maiores fluxos de caixa futuros, o que, por sua vez, favorece decisões de investimento mais eficazes e uma alocação de capital aprimorada e por fim sugere-se analisar outras possíveis variantes que poderão ser afetadas em relação a intensidade de carbono emitida nas empresas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento por meio da bolsa de pós-doutorado (processo nº 442720/2023-8) e à Universidade Federal da Grande Dourados pelo apoio por meio da bolsa de extensão. A atuação na integração entre ensino, pesquisa e extensão contribuiu para a interseção da extensão.

REFERÊNCIAS

- Aguinis, H., Gottfredson, R. K., & Joo, H. (2013). Best-practice recommendations for defining, identifying, and handling outliers. *Organizational Research Methods*, 16 (2), 270–301. <https://doi.org/10.1177/1094428112470848>
- Andersson, M., Bolton, P., & Samama, F. (2016). Hedging Climate Risk. *Financial Analysts Journal*, 72 (3), 13–32. <https://doi.org/10.2469/faj.v72.n3.4>
- Aragão, A., & Contini, E. (2021). O agro no Brasil e no mundo: Uma síntese do período de 2000 a 2020. <https://www.embrapa.br/documents/10180/62618376/O+AGRO+NO+BRASIL+E+NO+MUNDO.pdf>
- Guaraldo, M. C. (2021). *Brasil é o quarto maior produtor de grãos e o maior exportador de carne bovina do mundo, diz estudo*. Embrapa. Recuperado em Março 14, 2025, de <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62619259/brasil-e-o-quarto-maior-produtor-de-graos-e-o-maior-exportador-de-carne-bovina-do-mundo-diz-estudo>
- Assaf Neto, A. (2021). Valuation: Métricas de valor & avaliação de empresas (4^a ed.). *Atlas*. Recuperado em Fevereiro 10, 2025, de <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788597027686>
- Assaf Neto, A., & Lima, F. G. (2016). Fundamentos de administração financeira (3^a ed.). *Atlas*. Recuperado em Fevereiro 12, 2025, de <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788597010145>
- Barra, S. R., & Pintaude, G. (2022). *Materiais metálicos: Composição, fabricação, propriedades e desempenho*. Apresentado no II Congresso de Engenharia da Rede PDIMat 2021, 1–406. <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/48520>
- Barth, M. E., Cahan, S. F., Chen, L., & Venter, E. R. (2017). The economic consequences associated with integrated report quality: Capital market and real effects. *Accounting, Organizations and Society*, 62, 43–64. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2017.08.005>
- Brotherson, W., Eades, K. M., Kenneth M. and Harris, R. S., & Higgins, R. C. (2015). “Best Practices” in Estimating the Cost of Capital: An Update. *Journal of Applied Finance (Formerly Financial Practice and Education)*, 1, 1-24. <https://ssrn.com/abstract=2686738>
- Bui, B., Moses, O., & Houque, M. N. (2020). Carbon disclosure, emission intensity and cost of equity capital: Multi-country evidence. *Accounting & Finance*, 60 (1), 47–71. <https://doi.org/10.1111/acfi.12492>
- Busch, T., & Hoffmann, V. H. (2007). Emerging carbon constraints for corporate risk management. *Ecological Economics*, 62 (3–4), 518–528. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.05.022>
- Camacho, F. T. (2004). Custo de capital de indústrias reguladas no Brasil. *Revista do BNDES*, Rio de Janeiro, v. 11, n. 21, p. [139]-163. <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/11879>
- Castro, M. (2023). *Amazonas fecha 2023 com quase 20 mil queimadas; o segundo pior ano desde 1998*. G1 Amazonas. Recuperado em Junho 16, 2024, de <https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2023/12/24/amazonas-fecha-2023-com-quase-20-mil-queimadas-o-segundo-pior-ano-desde-1998.ghtml>
- CNN Espanhol. (2021). *Os desastres naturais que impactaram o mundo recentemente*. CNN. Recuperado em Junho 16, 2024, de <https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/os-desastres-naturais-que-impactaram-o-mundo-recentemente/>
- Costa, M. F. (2024). *Análise da influência da relação entre sustentabilidade empresarial e inovação em empresas brasileiras*. [Tese de doutorado, Universidade Estadual de

- Campinas]. <https://hdl.handle.net/20.500.12733/21404>
- Dorfleitner, G., Kreuzer, C. & Sparrer, C. (2020). ESG controversies and controversial ESG: about silent saints and small sinners. *Journal of Asset Management*, 21 (5), 393–412. <https://doi.org/10.1057/s41260-020-00178-x>
- Duarte, R. M. (2022). Um estudo microeconômico sobre as principais commodities agrícolas no Brasil. *Universidade Federal do Ceará Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade*. <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/69848>
- El Ghoul, S., Guedhami, O., Kim, H., & Park, K. (2015). Corporate Environmental Responsibility and the Cost of Capital: International Evidence. *Journal of Business Ethics*, 149, 335–361. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-3005-6>
- Garcia, A. S., Mendes-Da-Silva, W., & Orsato, R. J. (2017). Sensitive industries produce better ESG performance: Evidence from emerging markets. *Journal of Cleaner Production*, 150 (2017), 135–147. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.180>
- 305: EMISSÕES (2016). Global Reporting Initiative [GRI] Global Sustainability Standards Board (GSSB). <https://www.globalreporting.org/pdf.ashx?id=13918&page=13>
- Griffin, P. A., Lont, D. H. & Sun, E. Y. (2017). The Relevance to Investors of Greenhouse Gas Emission Disclosures. *UC Davis Graduate School of Management Research Paper*, No. 01-11. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1735555>
- Hertig, G. (2019). Financial Regulation and Externalities: Efficiency vs Politics. *Annales des Mines-Realities Industrielle*, 4, 69–71. https://www.anales.org/Financial_Regul_and_Gov/ifr/2019-11-RI-HERTIG.pdf
- Jacobs, M. T., & Shivdasani, A. (2012). Do You Know Your Cost of Capital?. *Harvard Business Review*. Recuperado em Março 05, 2025, de <https://hbr.org/2012/07/do-you-know-your-cost-of-capital>
- Kim, Y. B., An, H. T., & Kim, J. D. (2015). The effect of carbon risk on the cost of equity capital. *Journal of Cleaner Production*, 93, 279–287. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.006>
- Labatt, S., & White, R. R. (2011). Carbon finance: The financial implications of climate change. John Wiley & Sons. Recuperado em Janeiro 13, 2025. <https://doi.org/10.1002/9781119202134>
- Lemma, T. T., Feedman, M., Mlilo, M., & Park, J. D. (2018). Corporate carbon risk, voluntary disclosure, and cost of capital: South African evidence. *Business Strategy and the Environment*, 28, 111–126. <https://doi.org/10.1002/bse.2242>
- Mariani, M., Pizzutillo, F., Caragnano, A., & Zito, M. (2021). Does it pay to be environmentally responsible? Investigating the effect on the weighted average cost of capital. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 28(6), 1854–1869. <https://doi.org/10.1002/csr.2164>
- Oliveira Junior, G. G. De, Ribeiro, V. da S., Aparecido, L. E. de O., Figueredo, F. C., Rezende, R. N., Rezende, A. P. da S., Brito, J. P. C. De. (2022). Equivalent carbon dioxide balance in coffee crops. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 11, n. 7, p. e25311729966. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i7.29966>
- Pozzoli, M., Pagani, A., & Paolone, F. (2022). The impact of audit committee characteristics on ESG performance in the European Union member states: Empirical evidence before and during the COVID-19 pandemic. *Journal of Cleaner Production*, 371 (133411), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133411>
- Ramirez, A. G., Monsalve, J., González-Ruiz, J. D., Almonacid, P., & Peña, A. (2022). Relationship between the Cost of Capital and Environmental, Social, and Governance Scores: Evidence from Latin America. *Sustainability*, 14 (9), 1-15. <https://doi.org/10.3390/su14095012>
- Refinitiv debuts Fund ESG Scores to facilitate industry transition to sustainable investing.

- London Stock Exchange Group. (2020). *Refinitiv*. Recuperado em Fevereiro 10, 2025, de Janeiro 13, 2025, de <https://www.lseg.com/en/media-centre/press-releases/refinitiv/2020/july/refinitiv-debuts-fund-esg-scores-to-facilitate-industry-transition-to-sustainable-investing>
- Rehman, A., Gonenc, H., & Hermes, N. (2023). Carbon disclosure policy, external financing needs and the cost of capital: Does financial market quality matter? *Business Strategy and the Environment*, 32 (8), 5854–5872. <https://doi.org/10.1002/bse.3452>
- Sharfman, M. P. & Fernando, C. S. (2008). Environmental Risk Management and the Cost of Capital. *Strategic Management Journal*, *Forthcoming*, Available, 29(5), 569-592. SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1129032>
- Sheikh, M. F., & Wang, Z. (2021). Carbon emission reduction and firm value: The roles of carbon disclosure and green innovation. *Business Strategy and the Environment*, 30 (2), 1022–1038. <https://doi.org/10.1002/bse.2679>
- Trinks, A., Ibikunle, G., Mulder, M., & Scholtens, B. (2022). Carbon Intensity and the Cost of Equity Capital. *The Energy Journal*, 43 (2), 181-214. <https://doi.org/10.5547/01956574.43.2.atr>
- Türegün N. (2020). How cost of capital is changing: The effect of accounting information. *Journal of Corporate Accounting & Finance*, 129–138. <https://doi.org/10.1002/jcaf.22462>
- van der Ploeg, F. (2018). The safe carbon budget. *Climatic Change*, 147(1–2), 47–59. <https://doi.org/10.1007/s10584-017-2132-8>
- Velte, P. (2021). Environmental performance, carbon performance and earnings management: Empirical evidence for the European capital market. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 28 (1), 42–53. <https://doi.org/10.1002/csr.2030>
- Villela, C., Pretto, N., & Martins, C. (2024). *Enchentes no Rio Grande do Sul atingiram áreas de 230 patrimônios tombados*. Folha de São Paulo. Recuperado em Junho 16, 2024, de <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2024/06/enchentes-no-rio-grande-do-sul-atingiram-areas-de-230-patrimonios-tombados.shtml>