

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DE
RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE CONTABILIDADE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONTROLADORIA E CONTABILIDADE

RICHARD PIZANI TIEZZI

O efeito da nota de eficiência ambiental no custo da dívida em empresas do
RenovaBio.

ORIENTADOR: PROF. DR. RICARDO
LUIZ MENEZES DA SILVA

RIBEIRÃO PRETO

2024

Prof. Dr. Carlos Gilberto Carlotti Junior
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Fabio Augusto Reis Gomes
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto

Prof. Dr. Carlos Alberto Grespan Bonacim
Chefe do Departamento de Contabilidade

RICHARD PIZANI TIEZZI

O efeito da nota de eficiência ambiental no custo da dívida em empresas do
RenovaBio.

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Controladoria e Contabilidade da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Ciências. Versão Corrigida. A original encontra-se disponível na FEA-RP/USP.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Luiz Menezes da Silva.

RIBEIRÃO PRETO

2024

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

FICHA CATALOGRÁFICA

Tiezzi, Richard Pizani

O efeito da nota de eficiência ambiental no custo da dívida em empresas do RenovaBio. Ribeirão Preto, 2024.

71 p.

Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Controladoria e Contabilidade.

Orientador: Silva, Ricardo Luiz Menezes

1. RenovaBio. 2. Custo da dívida. 3. Biocombustíveis. 4. Nota de Eficiência Ambiental.

Nome: Tiezzi, Richard Pizani

Título: O efeito da nota de eficiência ambiental no custo da dívida em empresas do RenovaBio

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Controladoria e Contabilidade da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Olá a todos, é com imensa gratidão que eu gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos àqueles que me auxiliaram no decorrer de todo o desenvolvimento da escrita e conclusão desta dissertação.

Agradeço primeiramente a Deus por me fornecer a força, a saúde e o afinco para realizar esta missão. Sem o seu apoio e amor sagrado, este trabalho não seria factível.

Agradeço também meu orientador, o Prof. Dr. Ricardo Luiz Menezes da Silva, por suas explicações sempre dedicadas e valiosas. Sua Mestria e experiência contribuíram significativamente para a conclusão desta dissertação.

Manifesto também meus profundos agradecimentos a todos os professores do departamento de contabilidade da FEARP, por todo seu apoio, tanto nas disciplinas ministradas, quanto nas dúvidas sanadas durante o processo de conclusão deste trabalho.

Ademais agradeço à instituição CAPES pelo grande apoio financeiro, sem ele esse trabalho não seria possível.

Agradeço aos meus pais, e em especial a minha querida e amada mãe, Sônia Maria Pizani Tiezzi, por seu amor incondicional e apoio permanente durante os anos. Sempre me motivando a correr em busca dos meus sonhos e me ajudando a alcançar meus objetivos.

Ademais, manifesto meus mais profundos agradecimentos à Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto (FEA/RP) da Universidade de São Paulo (USP), e a todos os funcionários da instituição, por seu auxílio vultoso para o êxito desta dissertação.

Por fim, aos meus amigos que me ajudaram, do fundo do meu coração, muito obrigado!

RESUMO

TIEZZI, R. P. (2024). O efeito da nota de eficiência ambiental no custo da dívida em empresas do RenovaBio. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

No mundo, a questão ambiental vem sendo discutida arduamente a algum tempo, e o acordo de Paris é uma das iniciativas para a diminuição dos gases causadores do efeito estufa (GEE). O Brasil deu um passo significativo para cumprir suas metas de descarbonização com a implantação do RenovaBio, que corresponde a Política Nacional de Biocombustíveis. Neste programa, as empresas participantes recebem uma nota de eficiência energético-ambiental, dada pela intensidade de carbono da produção do combustível renovável, o que permite a negociação dos créditos de descarbonização (CBIOs) em balcão da bolsa de valores. Considerando que há literatura internacional sobre a influência das práticas ambientais no custo da dívida das empresas, surgiu uma oportunidade de pesquisa voltada para o RenovaBio. Neste sentido, este estudo buscou investigar o impacto da nota de eficiência ambiental no custo da dívida das empresas do RenovaBio. Os dados foram coletados nos sites Balanços Patrimoniais, Valor Pró, Agência Nacional de Petróleo, e Banco Central do Brasil, resultando em amostra final de 116 empresas, abrangendo os anos safra de 2020 a 2023. Em seguida, as variáveis foram devidamente calculadas, as quais foram submetidas a uma análise preliminar por meio de estatística descritiva e análise de correlação. Posteriormente, as regressões cross-section e de dados em painel revelaram que não há associação entre notas de eficiência e custo da dívida das empresas do RenovaBio, contrariando a hipótese de pesquisa, de que, as empresas que possuem as maiores notas de eficiência ambiental, possuem menor custo da dívida. Apesar disso, os resultados obtidos mostraram que outras variáveis foram relevantes para o modelo de estudo. Entre todas as variáveis estudadas, a variável TANG tem o maior efeito no custo da dívida, revelando que maiores investimentos em ativos tangíveis podem diminuir o custo da dívida, pois empresas com maiores quantidades de ativos tangíveis possuem maiores possibilidades de recuperação em casos de falência, o que pode diminuir possíveis perdas por parte de credores no reembolso do crédito cedido, o que pode culminar com uma diminuição do custo da dívida. Ademais, os resultados obtidos podem ser úteis para entidades credoras particulares, uma vez que são as principais fontes de financiamento das empresas do RenovaBio, visto que a procura pela linha de crédito específica para o RenovaBio do Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES) ainda é baixa. Ademais os resultados podem incentivar outras usinas a investir para melhorar suas notas de eficiência ambiental, visto que, apesar dos resultados observados não indicarem relação com o custo da dívida, estes foram possivelmente afetados por causas extraordinárias, como por exemplo a crise da COVID-19, que afetou o setor durante parte do período de análise. Por fim, é importante continuar o investimento em pesquisas sobre o tema.

Palavras-Chave: RenovaBio. Custo da Dívida. Biocombustíveis. Nota de Eficiência Ambiental.

ABSTRACT

TIEZZI, R. P. (2024). The effect of the environmental efficiency score on the cost of debt in RenovaBio companies (Master's Dissertation). School of Economics, Business Administration and Accounting, University of São Paulo, Ribeirão Preto.

The environmental issue has been hotly debated around the world for some time, and the Paris Agreement is one of the initiatives to reduce greenhouse gases (GHG). Brazil has taken a significant step towards meeting its decarbonization targets with the implementation of RenovaBio, which corresponds to the National Biofuels Policy. Under this program, participating companies receive an energy-environment efficiency score, given by the carbon intensity of renewable fuel production, which allows decarbonization credits (CBIOs) to be traded over the counter on the stock exchange. Considering that there is international literature on the influence of environmental practices on the cost of corporate debt, a research opportunity arose for RenovaBio. In this sense, this study sought to investigate the impact of the environmental efficiency score on the cost of debt of RenovaBio companies. Data was collected from the Balance Sheets, Valor Pró, National Petroleum Agency and Central Bank of Brazil websites, resulting in a final sample of 116 companies, covering the 2020 to 2023 crop years. The variables were then duly calculated and submitted to a preliminary analysis using descriptive statistics and correlation analysis. Subsequently, the cross-section and panel data regressions revealed that there is no association between efficiency scores and the cost of debt of RenovaBio companies, contradicting the research hypothesis that companies with the highest environmental efficiency scores have the lowest cost of debt. Despite this, the results showed that other variables were relevant to the study model. Among all the variables studied, the TANG variable has the greatest effect on the cost of debt, revealing that greater investments in tangible assets can reduce the cost of debt, since companies with greater amounts of tangible assets have greater chances of recovery in cases of bankruptcy, which can reduce possible losses on the part of creditors in the repayment of the credit granted, which can culminate in a reduction in the cost of debt. In addition, the results obtained may be useful for private creditors, since they are the main sources of funding for RenovaBio companies, given that demand for the specific credit line for RenovaBio from the National Development Bank (BNDES) is still low. In addition, the results may encourage other mills to invest in improving their environmental efficiency scores, since, although the results observed do not indicate a relationship with the cost of debt, they were possibly affected by extraordinary causes, such as the COVID-19 crisis, which affected the sector during part of the analysis period. Finally, it is important to continue investing in research on the subject.

Keywords: RenovaBio. Cost of Debt. Biofuels. Environmental Efficiency Score.

Lista de Figuras

Figura 1 – Modelo de funcionamento do RenovaBio.....	23
---	-----------

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Amostra RenovaBio.....	25
Tabela 2 – Resumo das Variáveis.....	30
Tabela 3 – Estatística Descritiva do Custo da Dívida.....	33
Tabela 4 – Correlações para a variável Custo da Dívida.....	33
Tabela 5 – Estatística Descritiva RENOVABIO.....	34
Tabela 6 – Principais Correlações RENOVABIO.....	35
Tabela 7 – Número de certificações da variável <i>DUMMY BONSUCCRO</i>	35
Tabela 8 – Tipo de Biocombustível Fabricado.....	35
Tabela 9 – Estatística Descritiva Variável TAMANHO.....	35
Tabela 10 – Principais correlações TAMANHO.....	35
Tabela 11 – Estatística Descritiva LEV.....	36
Tabela 12 – Estatística Descritiva ENDIV(L).....	36
Tabela 13 – Principais correlações LEV.....	37
Tabela 14 – Principais correlações ENDIV(L).....	37
Tabela 15 – Estatística Descritiva ZSCORE.....	37
Tabela 16 – Estatística Descritiva ZSCORE(LOP).....	37
Tabela 17 – Principais correlações ZSCORE.....	38
Tabela 18 – correlações ZSCORE(LOP).....	38
Tabela 19 – Estatística Descritiva ROI.....	38
Tabela 20 – Principais correlações ROI.....	39
Tabela 21 – Estatística Descritiva Ativos Tangíveis.....	39
Tabela 22 – Principais correlações Ativos Tangíveis.....	39
Tabela 23 – Estatística Descritiva Age.....	39
Tabela 24 – Principais correlações Age.....	40
Tabela 25 – Estatística Descritiva Taxa de Juros Selic.....	40
Tabela 26 – Correlação Taxa de Juros Selic.....	40
Tabela 27 – Resultados da regressão <i>cross-section</i> 20/21, após Box-Cox.....	42
Tabela 28 – Resultados da regressão <i>Cross-Section</i> 21/22.....	43
Tabela 29 – Resultados da regressão <i>Cross-Section</i> 22/23.....	45
Tabela 30 – Resultados da regressão em painel modelo de efeitos aleatórios.....	47
Tabela 31 – Resultados da regressão em painel modelo de efeitos fixos após exclusão dos outliers e balanceamento dos dados.....	51

Tabela 32 – Resultados da regressão em painel modelo de efeitos aleatórios após exclusão dos <i>outliers</i> e balanceamento dos dados.....	52
Tabela 33 – Síntese dos resultados para Cross-section e Dados em painel.....	53

Sumário

1.	Introdução.....	13
2.	Revisão da Literatura e Hipótese de Pesquisa.....	17
2.1	Relação entre Eficiência Ambiental e Custo da dívida.....	17
2.2	O Mercado de Carbono e Programas de Descarbonização no Mundo.....	19
2.3	O Programa RenovaBio.....	20
2.4	Apresentação da Hipótese de Pesquisa.....	24
3.	Método.....	25
4.	Análise dos Resultados.....	32
4.1	Estatística descritiva e correlação.....	32
4.2	Análise dos Resultados da Regressão <i>Cross-section</i>.....	41
4.3	Análise dos Resultados da Regressão em Painel.....	46
4.4	Análise de Robustez.....	51
4.5	Síntese dos Resultados.....	53
5.	Considerações Finais.....	55
	Referências.....	58
	Apêndice A: Correlações Completas.....	69
	Apêndice B: Lista de Empresas com a Certificação BONSUCRO.....	69
	Apêndice C: Regressão dados em Painel modelo de efeitos fixos.....	70
	Apêndice D: Lista de empresas da amostra que possuem financiamento BNDES RenovaBio.....	70
	Apêndice E: Resultado dos testes realizados nos modelos <i>cross-section</i> em todos os anos safra após a transformação Box-Cox.....	70
	Apêndice F: Resultado dos testes realizados no modelo de dados em painel após a transformação Box-Cox.....	71
	Apêndice G: Correlação entre as variáveis dummy Bonsucro e BIOCOMB.....	71

1. Introdução

No ano de 2015 houve o chamado acordo de Paris, uma iniciativa para limitar o aquecimento global, que resultou em ações dos países participantes do acordo para diminuir a temperatura média do planeta (Nações Unidas Brasil, 2015). Um dos motivos para o aumento do aquecimento global é a contínua emissão de CO₂, pela queima de combustíveis de origem fóssil. O gás carbônico foi responsável em 2021, por uma concentração atmosférica 149% maior do que os níveis anteriores à industrialização (Picheta, 2021).

De acordo com Friedlingstein et al., (2023) o Brasil foi o responsável por 1,5% da emissão global de CO₂ em 2023. No entanto, o país tem mostrado esforços significativos em termos de políticas de descarbonização e sustentabilidade, como por exemplo o uso de energia renovável como fonte primária da matriz energética nacional. O Brasil utiliza aproximadamente 83% de sua matriz elétrica a partir de fontes renováveis, como hidrelétrica, biomassa, eólica e solar. A energia hidrelétrica responde por aproximadamente 60% da eletricidade gerada no País (Brasil, 2020).

Sendo um dos países pertencentes ao acordo de Paris, o Brasil também se propôs a reduzir a emissão dos gases causadores do efeito estufa (GEE), criando em 2017 a Política Nacional de Biocombustíveis conhecida como RenovaBio, a partir da Lei nº 13.576/2017, com a expectativa de gerar incentivos sociais, ambientais e econômicos para as empresas participantes. Um dos objetivos desse programa é uma elevação no consumo de combustíveis de origem limpa, por intermédio de incentivos econômicos aos produtores de biocombustíveis. O RenovaBio também conta com a emissão de Créditos de Descarbonização (CBIOS), que são negociados em balcão de bolsas de valores. A Portaria Normativa Nº 56, de 21 de dezembro de 2022 foi emitida pelo Ministério de Minas e Energia para normatizar a escrituração e negociação dos créditos (BRASIL, 2022).

Ademais, o Brasil está em vias de implementar um marco regulatório para o mercado de carbono no âmbito de regras de comércio, registro e direitos de emissão (Câmara dos Deputados, 2023). Portanto, o Renovabio é uma ação sólida para estimular o mercado de carbono, coerente com uma preocupação global decorrente da emissão de gases causadores do efeito estufa. De acordo com Datt, Luo, Tang e Mallik (2018), os mercados de carbono estão presentes em vários países, no total são 43 nações que tem comercialização de créditos de carbono, porém alguns países ainda não possuem regulação. Além disso, há estudos internacionais que mostram um impacto positivo em empresas que negociam créditos de

carbono (Chen, Gao, 2012; Li, Eddie e Liu, 2014; Jung, Herborn e Clarkson, 2016; Griffin, Lont e Sun, 2017; Datt, Luo, Tang, Mallik, 2018).

Por sua vez, Connors e Silva-Gao (2008) relataram que as empresas com maior emissão de gases causadores do efeito estufa têm um custo de capital significativamente maior. Gallego-Álvarez et al. (2015) mostraram uma associação positiva entre redução de emissão de carbono e desempenho financeiro. Na mesma linha, Clarkson et al. (2014) examinaram empresas que operam sob esquema de comércio de emissões da União Europeia (EU ETS) e descobriram que, as entidades com uma estratégia ambiental proativa, como a redução de emissões de GEE, podem alcançar vantagem competitiva, melhorando o seu desempenho financeiro.

O estudo de Kim et al. (2015) mostrou o efeito do risco de carbono sobre o custo de capital em empresas da Coreia do Sul. Observando os resultados, nota-se que a intensidade de emissão de carbono está positivamente ligada ao custo da dívida. Mais especificamente, os autores observaram que a relação entre emissão de GEE e custo da dívida, não é influenciada por uma divulgação voluntária de relatórios de sustentabilidade. Foi evidenciado que o efeito da intensidade de carbono no custo de capital próprio é menor em empresas individuais pertencentes a setores com grandes emissões de GEE, em termos de volume, o que confirmou a hipótese inicial do estudo de que empresas com maiores emissões de GEE, possuíam maiores penalidades nos seus custos de capital. Posteriormente o mesmo resultado foi novamente observado no estudo de Bui, Moses e Houque (2019), porém este último utilizou de uma amostra de empresas pertencentes a 34 países.

Os estudos citados no parágrafo anterior indicam uma relação entre as emissões de carbono e o custo de capital das empresas, que pode ser teorizada a partir de diferentes perspectivas. Em primeiro lugar, tem-se a teoria do investimento ético, também conhecida como investimento socialmente responsável (ISR) ou investimento ético, que se refere a uma abordagem de investimento que leva em consideração não apenas os retornos financeiros, mas também os impactos sociais e ambientais das empresas. Essa abordagem busca alinhar os valores éticos e morais do investidor com as práticas das empresas investidas, pois prioriza investimentos que atendem à definição de comportamento corporativo (Heinkel et al., 2001; Connors & Silva-Gao, 2008; Clark et al., 2015). Assim, as empresas que se esforçam para atingir padrões ambientais colocam seus negócios em uma posição vantajosa, o que permite acesso a esses investidores que optam por não investir em empresas que não possuem padrões ambientais definidos (Heinkel et al., 2001).

Da mesma forma, a teoria do equilíbrio de mercado propõe que as empresas podem expandir sua base de investidores buscando iniciativas mais voltadas para o meio ambiente

(Seuring et al., 2013; Schopp et al., 2015). O compartilhamento de risco e base expandida de provedores de capital, pode resultar em um custo de capital reduzido (Dhaliwal et al., 2011; Seuring et al., 2013). Neste sentido, as empresas que se comprometem com iniciativas ambientais podem atrair investidores adicionais a um custo de capital menor. Essa perspectiva baseada em recursos sugere que adotar uma postura ambiental proativa pode se tornar uma fonte de vantagem competitiva, que pode garantir o sucesso do negócio a longo prazo (Gallego-Álvarez et al., 2015; Schopp et al., 2015). Isso ajudará a estabilizar os fluxos de caixa e a rentabilidade, resultando em redução das taxas de juros exigidas pelos financiadores de capital.

Por outro lado, as empresas que se envolvem em má conduta ambiental incorreriam em penalidades, que causam prováveis interrupções nos fluxos de caixa e afetam negativamente a capacidade da empresa em honrar os credores. Esta responsabilidade não reconhecida pode aumentar o prêmio que os investidores exigiriam da empresa (Bauer & Hann, 2010; Kim et al., 2015). Portanto, tais financiadores exigirão uma taxa maior de empresas cuja intensidade de emissão de GEE é alta.

Neste contexto, considerando os estudos internacionais sobre práticas ambientais e custo de dívida (Chen, Gao, 2013; Li, Eddie e Liu, 2014; Kim et al., 2015; Jung, Herborn e Clarkson, 2016; Griffin, Lont e Sun, 2017; Datt, Luo, Tang, Mallik, 2018), há uma oportunidade de pesquisa no Brasil, voltada para as empresas que aderiram voluntariamente ao RenovaBio, visto que, ainda não se sabe quais os efeitos do RenovaBio no custo de dívida dessas empresas. Diferentemente de outros trabalhos internacionais, este estudo volta-se em grande parte para empresas do setor sucroenergético, uma vez que 88,79% da amostra utilizada, provém de empresas desse setor. O custo da dívida é uma medida relevante para uma empresa do setor agropecuário no Brasil, uma vez que, o nível médio de endividamento das empresas do setor é alto, sendo 56,86% em 2016 (Silva, Ferreira & Botelho, 2016). De acordo com Schonorrenberger (2008), a estrutura de endividamento das empresas de agronegócio é maior se comparada às empresas de outros setores, e isso ocorre por decorrência de singularidades do setor, como clima, pragas, e maior ciclo operacional e financeiro.

Ainda, destaca-se que, o transporte rodoviário é o causador de 20% das emissões mundiais de GEE, sendo que o transporte de cargas leves colabora com aproximadamente 14% do total de emissão (Long, Axsen e Kitt, 2020), o que mostra a relevância do estudo sobre as emissões de CO₂ para a área de transportes rodoviários, devido a atual matriz energética de combustíveis.

Observando que vários países possuem mercados de carbono ativos (Asian Development Bank, 2020), e sabendo que, empresas podem ter seus custos da dívida impactado

a partir da preocupação ambiental (Kim et al., 2015; Plumlee et al., 2015; Jung, Herborn e Clarkson., 2016; Martins et al., 2019; Caragnaro et al., 2020), tem-se uma oportunidade de estudar o RenovaBio no mercado brasileiro. Uma vez que, por ser uma iniciativa nova, e com as notas de eficiência energético-ambiental sendo distribuídas recentemente para as empresas pertencentes ao programa, não se sabe ainda quais os efeitos nas finanças, especificamente nos seus custos de dívida. Ademais, em trabalhos internacionais, as entidades estudadas não eram em sua maioria do setor sucroenergético. Observando tais pontos, apresenta-se o seguinte problema de pesquisa: **qual o efeito da nota de eficiência ambiental de empresas pertencentes ao RenovaBio, no seu custo da dívida?**

Para justificar tal análise, tem-se que, os resultados podem ser úteis para incentivar o interesse de mais empresas em fazer parte do RenovaBio, uma vez que existe a possibilidade de redução do custo da dívida por meio de um maior investimento em ativos tangíveis. Ademais, estudo se faz útil ao salientar que possíveis investimentos em ativos imobilizados podem causar efeitos positivos nas finanças das empresas participantes do programa, em específico no custo da dívida, o que pode ser útil para usuários de informação, e como base para a realização de futuros estudos sobre o RenovaBio. E pode ser útil para entidades financiadoras, como o BNDES, uma vez que, a linha de crédito específica para o RenovaBio ainda não possui uma grande adesão por parte das empresas. Portanto é viável que os resultados obtidos auxiliem com uma possível atualização no cálculo da taxa de financiamento, o que pode levar a uma melhora na demanda pela linha de crédito.

Por fim, esse trabalho se justifica também, pela atual tendência mundial em desenvolver medidas que reduzam os gases do efeito estufa, como o mercado de carbono, que é voltado para controlar as emissões de dióxido de carbono (World Bank Group, 2019). Ademais existe uma tendência das empresas em divulgar o relato integrado, e esse fato é importante para o RenovaBio, uma vez que empresas pertencentes ao programa possuem uma preocupação com a intensidade de CO₂ do processo de produção, e a divulgação do relato integrado por entidades que emitem CO₂ evidencia o volume de gás carbônico emitido, de acordo com norma internacional (Internacional Integrated Reporting Concil, 2014). Portanto uma relação entre a divulgação do relato integrado e o programa RenovaBio pode ser observada. Ademais a pesquisa pode auxiliar no tratamento dado pelas normas ambientais; recentemente o IASB emitiu duas normas de divulgação de sustentabilidade, a IFRS S1 e a IFRS S2 (PWC, 2023), e os créditos de carbono, que recentemente receberam uma orientação técnica específica (OCPC 10), para a sua mensuração no Brasil (CPC, 2023).

2. Revisão da Literatura e Hipótese de Pesquisa

2.1 Relação entre Eficiência Ambiental e Custo da Dívida

Atualmente, há um movimento mundial para desenvolver medidas que diminuam as emissões de gases causadores do efeito estufa, como o mercado de carbono (Word Bank Group, 2019), resultando no desenvolvimento de pesquisas para melhorar a compreensão sobre os efeitos da emissão de carbono, além de sua relação com as finanças das empresas.

Por exemplo, segundo Jung, Herborn & Clarkson (2016) as empresas australianas que divulgaram suas emissões de carbono no *Carbon Disclosure Project* (CDP¹) têm maior facilidade de conseguir custos mais baixos para seus financiamentos, além de conseguirem maior flexibilidade para o pagamento da dívida. Segundo Li, Eddie e Liu (2014), as empresas que divulgaram os relatórios ambientais no CDP, e com menor emissão de GEE têm seu custo da dívida diminuído. Por outro lado, as empresas que possuem grandes emissões de gases têm maior dificuldade de conseguir financiamentos, pois os credores exigem taxas maiores devido ao impacto futuro das emissões.

Por sua vez, o trabalho de Caragnaro et al. (2020), feito em empresas da EuroStoxx 600², investigou a relação entre as emissões de carbono e o custo da dívida de 2010 a 2017. O autor mostrou que, uma redução na intensidade de carbono conduz, a uma redução no custo global do financiamento das grandes empresas europeias.

Outros estudos mostram que o desempenho ecológico das empresas afeta sua avaliação por parte de investidores (Chapple et al., 2013; Clarkson et al., 2014; Griffin et al., 2017; Matsumura et al., 2014; Plumlee et al., 2015). Neste sentido, Sharfman e Fernando (2008) descobriram que, as empresas com gestão ambiental mais eficiente e de menor risco, possuem maior facilidade de negociar melhores taxas para dívidas, devido principalmente, ao seu risco reduzido de sofrerem penalidades relacionadas ao meio ambiente.

O estudo de Clark, Feiner & Viehs. (2015) evidencia a importância do investimento ético para empresas. A pesquisa mostrou uma mudança de paradigma em empresas que utilizam a teoria, passando de um foco exclusivo nos acionistas, para considerar também as necessidades e interesses de outras partes interessadas, como funcionários, clientes, comunidades locais e o meio ambiente. Essa abordagem mais ampla reconhece que o sucesso a longo prazo das

¹ Organização sem fins lucrativos cujo objetivo é criar uma relação acionista/empresas, com foco em negócios decorrentes do aquecimento global. É um questionário aplicado nas empresas, formulado por investidores, que visa obter informações sobre as políticas de mudanças climáticas.

² O índice abrange países e indústrias de economias desenvolvidas da Europa

empresas está interligado com o bem-estar de todas as partes interessadas. Ainda de acordo com os autores, incorporar práticas sustentáveis nos negócios não apenas atende às expectativas éticas e sociais, mas também pode impulsionar o desempenho financeiro. Empresas que adotam estratégias de sustentabilidade são mais propensas a gerar valor financeiro a longo prazo, aumentar a resiliência operacional e atrair investidores comprometidos com critérios ambientais, sociais e de governança (ESG³).

O trabalho de Wu (2024) mostrou que empresas com melhores resultados de ESG possuem menores índices de custos de financiamentos. Ademais observou-se que o desempenho ESG é mais impactante no custo da dívida de empresas do ocidente, e em companhias onde o presidente e o diretor financeiro são funções distintas.

Na mesma linha o trabalho de Alves & Meneses (2024) evidenciou que empresas com melhores desempenhos ESG possuem diminuição nos custos da dívida, e essa diminuição é maior em países onde os sistemas financeiros são baseados em bancos, onde prevalecem relações de longo prazo entre credores e devedores.

O estudo de Shad et al. (2020), mostrou que empresas do setor de petróleo e gás, podem ter seus custos da dívida diminuídos, por divulgar relatórios de sustentabilidade com mais constância e clareza.

O trabalho de Wang et al. (2023), evidenciou que uma melhor eficiência operacional em empresas que emitem quantidades menores de GEE, pode levar a uma diminuição no seu custo da dívida. Porém empresas maiores, que emitem grandes quantidades de GEE, não obtiveram diminuições no custo da dívida.

O trabalho de Bui, Moses & Houqe. (2019) investigou 4.655 empresas de 34 países, com resultados sobre nível de emissão de gases do efeito estufa e custo da dívida. Por exemplo, para casos de ampla divulgação das práticas de emissão de gases, o alto nível de emissão pode ter uma diminuição no custo da dívida das empresas, indicando que, o mercado tende a punir menos as empresas que divulgam extensivamente suas práticas de emissão.

Na mesma linha de pensamento, Clarkson et al. (2014) mostraram que, as empresas que operam no EU ETS e têm uma estratégia ambiental mais proativa, por exemplo, a redução de emissão de GEE, possuem uma vantagem competitiva, resultando em melhor desempenho financeiro.

Por fim, Basso, Bertagnollo & Santos (2017) observaram que os créditos de carbono comercializados criam receitas adicionais para as empresas que investem em sustentabilidade.

³ Environmental, Social and Governance, representa os três critérios fundamentais para avaliar o desempenho de uma empresa em termos de sustentabilidade e responsabilidade social corporativa.

Ainda segundo os autores, empresas que negociam créditos obtiveram um aumento de índices de participação de capital de terceiros, e liquidez imediata.

O trabalho de Schopp et al. (2015), discute a teoria do equilíbrio de mercado no contexto dos mercados de carbono e sua função na transição para um futuro com baixas emissões de carbono. De acordo com os autores, os mercados de carbono podem contribuir para a eficiência econômica ao precificar as emissões de carbono, visto que os mercados de carbono atribuem um preço às emissões de carbono, o que cria um incentivo econômico para que as empresas reduzam suas emissões.

2.2 O Mercado de Carbono e Programas de Descarbonização no Mundo

Muitos países já possuem mercados ativos de comercialização de créditos de carbono, onde pode-se destacar os mercados de carbono na Austrália, Reino Unido, Nova Zelândia, União Europeia, Coreia do Sul, África do Sul, Canadá, China, EUA, Japão e Índia. Alguns desses mercados são mais focados em empresas do setor de construção civil, outros são direcionados para fábricas de energia, indústrias florestais e transportes (Asian Development Bank, 2020). Alguns mercados de carbono possuem destaque, como é o caso do mercado de carbono da União Europeia. De acordo com Carmia et al. (2021) ele foi criado em 2005, sendo o maior e mais amplo mercado de emissão de gases de efeito estufa do mundo, com 31 países associados e mais de 11.000 fábricas, estações de geração de energia e outras empresas produtoras de energia.

De acordo com Fridahl et al. (2020) a União Europeia (UE) tem um melhor desempenho em termos de descarbonização, em comparação a maioria das outras jurisdições, e tem dissociado o crescimento econômico do crescimento das emissões de gases com efeito de estufa. Entre 1990 e 2016, as emissões de gases com efeito de estufa na UE diminuíram 22%, enquanto o crescimento econômico foi de 54%. A pesquisa de Schenuit et al. (2021) mostra que, a UE tem como objetivo, zerar suas emissões líquidas de dióxido de carbono até o ano de 2050, com iniciativas de captura e armazenamento de carbono (CAC), principalmente do ar e solo (geoquímico); e com a remoção baseada em ecossistemas, uma iniciativa que visa uma mudança no uso da terra e florestas.

O mercado de comércio de emissões da China (China ETS), foi lançado em 2021, e cobre o setor de energia chinês, abrangendo mais de 2000 instalações, que totalizam aproximadamente 4 bilhões de toneladas de emissões de CO₂ emitidos no país (ICAP, 2024).

O mercado de comércio de carbono da Coreia do Sul (Korea ETS), foi inaugurado em 2015, sendo o primeiro mercado nacional de carbono da Ásia. Ele abrange cerca de 600

instalações industriais de grande porte, e cobre aproximadamente 70% das emissões de GEE da Coreia do Sul (ICAP, 2024).

Outro mercado de carbono é o California Cap-and-Trade⁴ Program, da região da Califórnia nos Estados Unidos, que possui uma regulamentação chamada *Low Carbon Fuel Standard* (LCFS), e têm uma política baseada em redução da intensidade média de carbono dos combustíveis de transporte, vendidos na região da Califórnia, que é chamada de “*Advanced Fuel Cycle Initiative*” (AFCI) (Yeh, Witcover, Lade, Sperling, 2016). De acordo com Creutzig et al. (2014), uma redução das emissões do setor de transporte pode desempenhar um papel importante em qualquer estratégia voltada para a diminuição de carbono.

Sanchez et al. (2021) explica que os principais objetivos da LCFS são: (i) reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) do setor de transporte; (ii) incentivar a inovação, o desenvolvimento tecnológico, a implantação de combustíveis alternativos de baixa emissão, e apoiar a circulação de veículos movidos a combustíveis alternativos; (iii) fornecer uma estrutura para regular as emissões de GEE do setor de transporte dentro de um portfólio mais amplo de políticas climáticas (Farrell e Sperling, 2007).

De acordo com Lage et al. (2015), a LCFS possui uma característica fundamental, que é a flexibilidade, a qual permite que os integrantes decidam, entre várias opções, para atingir as metas de diminuição de carbono, como o uso de biocombustíveis, eletrificação e eficiência energética. Ainda de acordo com o autor, a implementação da LCFS, pode impactar os preços dos combustíveis, com elevações potenciais nos preços de combustíveis fósseis, e possíveis diminuições nos preços dos biocombustíveis.

A LCFS estimula o uso de combustíveis mais limpos e sustentáveis, como biocombustíveis, eletricidade renovável e o hidrogênio verde. De acordo com Sanchez et al. (2021), o setor de transportes representa cerca de 41% do total de emissão de GEE de toda a região da Califórnia, e recentemente superou o setor de energia elétrica, e se tornou o maior emissor de GEE dos EUA.

Assim, nota-se que há uma preocupação global com a emissão de gases causadores do efeito estufa, sendo que, o setor de transportes tem iniciativas para reduzir a intensidade de carbono, e no Brasil, o programa RenovaBio é a iniciativa para ajudar a diminuir as emissões de GEE no país.

2.3 O Programa RenovaBio

⁴ Sistema de redução de emissões de GEE, envolve a diminuição da emissão através iniciativa própria da empresa, ou de compra de permissões de emissão de empresas que tenham excedentes.

O RenovaBio é a Política Nacional dos Biocombustíveis (Lei nº 13.546/2017), que surgiu para atender o compromisso assumido pelo Brasil no Acordo de Paris, no ano de 2015. Para sustentar este acordo, o Brasil se prontificou a aumentar a participação dos biocombustíveis na matriz energética de combustíveis, e, diminuir em 37% as emissões de carbono até 2025, tendo por base os resultados das emissões de 2005 (Barreto & Alencastro, 2016). Com a finalidade de promover a descarbonização do setor de transportes no Brasil, o RenovaBio é baseado em três instrumentos: (i) as metas de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa (GEE), (ii) a certificação de biocombustíveis, e (iii) os Créditos de Descarbonização (CBIOS) (MME, 2022), os quais são explicados a seguir.

O Crédito de Descarbonização (CBIO) é a principal ferramenta criada pelo RenovaBio para atingir a meta de descarbonização, sendo emitida por produtores e importadores de biocombustíveis, certificados pela Agência Nacional Do Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, de acordo com suas notas fiscais de compra e venda. Por outro lado, as distribuidoras de combustíveis fósseis possuem metas anuais de descarbonização apuradas pela ANP, que podem ser atendidas pela compra de CBIOS, com base na fração de combustíveis fósseis que comercializam. Cada CBIO é equivalente a uma tonelada de CO₂ retirado da atmosfera, não tem prazo de vencimento, e é retirado de circulação somente quando for requisitada sua aposentadoria. Anualmente, os distribuidores de combustíveis devem aposentar CBIOS em quantidade correspondente às metas de descarbonização que lhe foram determinadas (B3, 2020).

A certificação dos CBIOS é realizada por empresas autorizadas pela ANP. As empresas certificadas recebem uma nota de eficiência energético-ambiental, que é baseada em uma taxa de intensidade de carbono emitido (Arocena et al., 2020). No RenovaBio, a eficiência ambiental dos combustíveis pode ser medida pela comparação entre combustíveis fósseis e renováveis, por exemplo, a gasolina possui uma intensidade de carbono de 87,4 gramas de CO₂ por MJ, já o etanol gera 20,8 gramas de CO₂ por MJ, portanto, a nota de eficiência será dada pela diferença $87,4 - 20,8 = 66,6 \text{ gCO}_2/\text{MJ}$. Assim, a nota de eficiência de uma usina equivale ao que ela reduz de emissão em relação a esse valor de referência, ou seja, quanto menor a intensidade de carbono do combustível comercializado por ela, maior será sua nota de eficiência (Silva et al., 2022).

Além disso, o programa sinaliza um modelo para a redução de emissões de carbono, além de oferecer previsibilidade para sustentabilidade ambiental, econômica e social sobre o papel dos biocombustíveis na matriz energética brasileira. No programa, o desempenho dos biocombustíveis quanto a emissão de GEE é medido por gCO₂/MJ, pela Avaliação de Ciclo de

Vida (ACV) atribucional, que consiste em uma técnica descritiva que busca atribuir a um produto, produzido em certo período, uma fração das emissões totais de poluentes usados na sua produção (Matsuura et al., 2018)

O RenovaBio possui uma estrutura para incentivar a produção e uso de biocombustíveis de forma sustentável e eficiente, e apoia-se nos seguintes pilares:

1- Certificação da produção de biocombustíveis: O RenovaBio demanda que os produtores de biocombustíveis, sejam certificados com base na eficiência energética e na redução de emissões de carbono de seus produtos. A certificação é feita por firmas inspetoras credenciadas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), por exemplo, a Société Générale de Surveillance, Green Domus, KPMG e outras. Os produtores recebem a certifica o que atesta a sustentabilidade de seu processo produtivo e o desempenho ambiental dos biocombustíveis. Essa etapa abrange um ponto principal, que   a Avalia o do Ciclo de Vida (ACV), os produtores de biocombustíveis devem se submeter a uma avalia o do ciclo de vida de seus produtos. Essa avalia o estima a eficácia energética, e a diminui o das emissões de gases de efeito estufa, em rela o aos combustíveis fósseis (IPEA, 2018; ANP, 2019).

2- Créditos de Descarboniza o (CBIOS): Emissão de CBIOS, após a certifica o, os produtores de biocombustíveis estão autorizados a emitir CBIOS, que são títulos financeiros negociáveis, cada CBIO representa a extin o de uma tonelada de CO₂ equivalente. Os CBIOS são negociados no mercado financeiro, principalmente para distribuidores de combustíveis fósseis que precisam cumprir metas de descarboniza o. Os distribuidores devem comprovar o atendimento às metas individuais compulsórias de redu o de emissões de gases causadores do efeito estufa nos termos do art. 7,   2 , da Lei n  13.576, de 26 de dezembro de 2017, e do art. 5  do Decreto n  9.888, de 2019 (ANP, 2019).

3- Metas de Descarboniza o para Distribuidoras: O governo brasileiro define metas anuais de redu o de emissões de CO₂ para distribuidores de combustíveis. Tais metas são proporcionais   participa o de cada distribuidora no mercado. Para cumprir estas metas, as distribuidoras devem comprar CBIOS no mercado financeiro. A compra dos CBIOS   a maneira, pela qual as distribuidoras compensam suas emissões (ANP, 2019).

4- RenovaCalc:   a ferramenta de cálculo oficial do RenovaBio, que calcula o ciclo de vida dos biocombustíveis, desde a matéria-prima até o consumo final. Essa avalia o   utilizada para definir a quantidade de CBIOS que um produtor pode gerar. A ferramenta contabiliza a intensidade do carbono de um biocombustível (gCO₂eq/MJ), comparando com   do seu combustível f ssil equivalente. Na calculadora, para cada rota de biocombustível, são

solicitados os dados de identificação da unidade produtora. Informes sobre a concretização dos critérios de elegibilidade do programa (medidas de controle), de modo a evitar a extinção da vegetação nativa, os dados do processo produtivo estão organizados em a) Fase agrícola; b) Fase industrial; c) Fase de distribuição. A RenovaCalc computa as emissões a partir de dados da fase agrícola e industrial cedidas pelos produtores, criando o índice de intensidade de carbono do biocombustível, que em seguida é amortizado do índice do combustível fóssil equivalente, gerando a sua nota de eficiência ambiental (Matsuura et al., 2018; ANP, 2019).

5- Integração com Políticas Climáticas: O programa RenovaBio se alinha com as metas do Brasil no Acordo de Paris, contribuindo para o país reduzir as emissões de gases de efeito estufa (ANP, 2019).

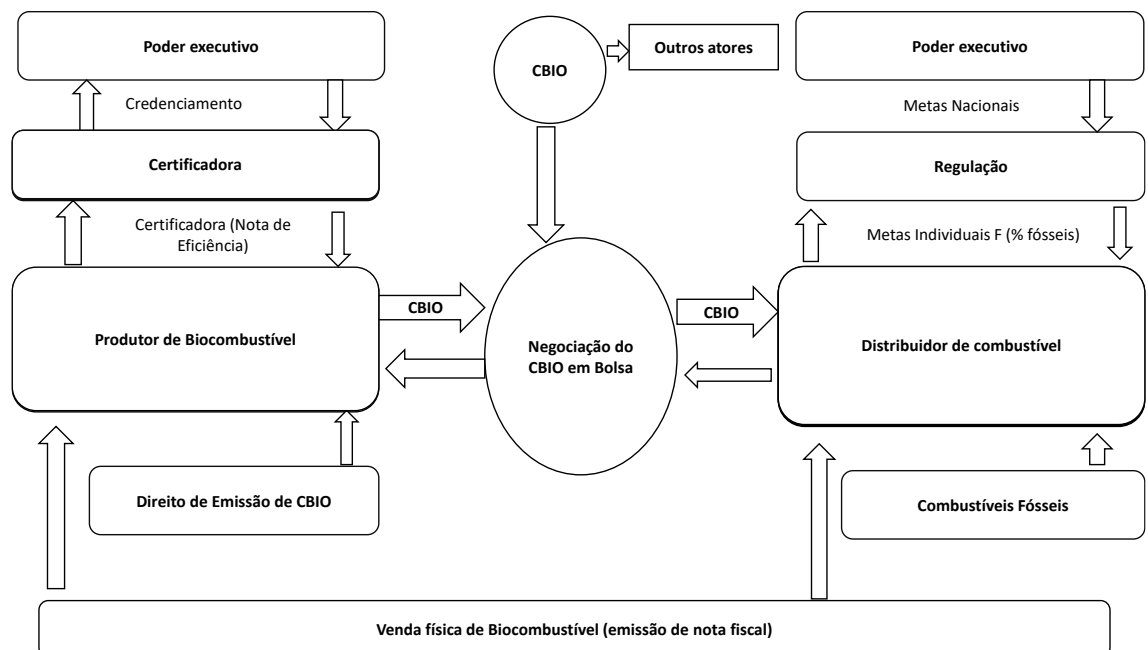
6- Incentivo ao Desenvolvimento Sustentável: O RenovaBio incentiva a inovação e a eficiência na produção de biocombustíveis, desenvolvendo práticas mais sustentáveis e tecnologicamente avançadas (ANP, 2019).

7- Transparência e Monitoramento: Existe um empenho para garantir a transparência, e a fiscalização adequada do programa, com informações acessíveis publicamente sobre a emissão e comercialização de CBIOs (ANP, 2019).

Observando os aspectos anteriores, um modelo do programa RenovaBio pode ser observado na figura a seguir;

Figura 1

Modelo de Funcionamento do RenovaBio (Formulada pelo autor)



Adaptado de: MME, 2017

Como pode ser observado na Figura (1), o modelo de funcionamento do programa RenovaBio foi criado para proporcionar um ciclo de incentivo à produção e uso de biocombustíveis mais sustentáveis, promovendo a redução de emissões de carbono e apoiando o desenvolvimento econômico sustentável. Este modelo é considerado inovador e pode servir de referência para outros países na gestão de políticas ambientais e energéticas. As empresas pertencentes ao programa, passam por uma análise técnica, na qual uma nota de eficiência energética é atribuída para cada uma, essa nota pode ser renovada anualmente. Na figura (1), o “Poder executivo” localizado à esquerda se refere ao Ministério de Minas e Energia (MME) e a Agência Nacional de Petróleo (ANP). O localizado à direita se refere ao Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). De acordo com o banco de dados coletado, um total de 52 empresas tiveram suas notas de eficiências renovadas pelo menos uma vez durante os 3 anos analisados, porém, somente 50 continham dados divulgados para coleta. Essa renovação era esperada, uma vez que o certificado da produção eficiente de biocombustíveis tem validade de três anos, conforme artigo 32 da Resolução ANP nº 758/2018, ou de um ano, nos casos previstos no § 6º do artigo 28 da mesma Resolução (ANP, 2020).

2.4 Apresentação da Hipótese de Pesquisa

Observando os estudos existentes sobre os mercados de carbono e sobre empresas que comercializam os créditos de carbono (Basso et al., 2015; Jung et al., 2016; Griffin et al., 2017; Datt et al., 2018; Bui et al., 2019; Caragnaro et al., 2020; Fridahl et al., 2020; Camia et al., 2021; Sanchez et al., 2021; Silva et al., 2022) tem-se uma oportunidade de pesquisa sobre o RenovaBio, que é um programa novo com forte apoio governamental. Sabe-se ainda que o setor sucroenergético tem alta necessidade de crédito (Silva, Ferreira & Botelho, 2016). Nesse sentido, as empresas estão constantemente buscando crédito para se financiar, contudo o custo da dívida é um aspecto chave. Essa pesquisa volta-se para o custo da dívida das entidades pertencentes ao RenovaBio, pois o mesmo pode ser influenciado pelo desempenho ambiental via nota de eficiência.

Além disso, na literatura internacional existem pesquisas que revelam uma relação entre ações ambientais praticadas por empresas, com consequente redução da intensidade de carbono, e assim sendo recompensadas pelos agentes credores do mercado com uma oferta de crédito mais barata (Chapple et al., 2013; Clarkson et al., 2014; Matsumura et al., 2014; Kim et al., 2015; Plumlee et al., 2015; Peri et al., 2019).

Além de que, no RenovaBio a nota de eficiência ambiental é de relevante importância para as empresas pertencentes ao programa, ademais, há uma linha de financiamento do

BNDES voltada para as empresas que participam do RenovaBio (BNDES, 2024). A linha prevê um desconto na taxa de remuneração básica do BNDES a partir do indicador “Litros/CBIO”, que implica em melhoria da eficiência energética do produtor de biocombustível. Neste sentido, um aumento na nota de eficiência pode resultar em diminuição no custo da dívida das empresas que tomam esse crédito, portanto uma possível relação entre o custo da dívida e a nota de eficiência ambiental pode ser explorada, visto a ausência de estudos sobre o tema no Brasil.

Além disso, de acordo com a teoria de investimento ético empresas que utilizam técnicas de sustentabilidade são mais propícias a constituir valor financeiro a longo prazo (Clark et al., 2015). Ademais existe uma relação positiva entre a teoria de equilíbrio de mercado e empresas que utilizam iniciativas ambientais, uma vez que elas podem conquistar investidores extras a um custo de capital menor, e essa postura ambiental pode gerar uma vantagem competitiva, garantindo assim o sucesso do negócio a longo prazo (Gallego-Álvarez et al., 2015; Schopp et al., 2015).

Observando todos os pontos citados anteriormente, esse estudo pretende estudar a hipótese de pesquisa a seguir:

Hipótese de pesquisa: Empresas que possuem maiores notas de eficiência ambiental, possuem menor custo da dívida.

Se a hipótese for comprovada, pode-se mostrar que uma maior nota de eficiência ambiental pode contribuir para reduzir o custo da dívida, incentivando as empresas presentes no Renovabio a melhorarem suas notas de eficiência. Ademais, pode ser útil para agentes financiadores, por mostrar que o setor sucroenergético pode ser atrativo para uma possível oferta de crédito atrelado à indicadores de sustentabilidade, como a nota de eficiência ambiental do programa RenovaBio. Os bancos podem reduzir suas taxas de juros em função de melhores indicadores ambientais por razões estratégicas e econômicas como: responsabilidade social corporativa; imagem/reputação; acesso a fontes de financiamento verdes, demanda de investidores (Siwela et al., 2024; Zhang, 2021).

3. Método

O estudo utiliza dados de 319 entidades produtoras de biocombustível que aderiram voluntariamente ao RenovaBio até o dia 18/01/2023 (ANP, jan. 2023). Em seguida apresenta-se a tabela 1 da seleção da amostra.

Tabela (1) – Amostra RenovaBio

Amostra Inicial (número total de produtores no RenovaBio até 18/01/2023)	319
--	-----

(-) Casos de exclusão por ausência de dados	107
(-) Unidades produtoras sem informação contábil individual	96
(=) Amostra Final	116

Fonte: formulada Pelo Autor

A tabela 1 revela dois casos de exclusão: i) ausência de dados das empresas devido à indisponibilidade de informações contábeis, nos bancos de dados utilizados para a realização da coleta; ii) outro ponto foi a questão de empresas pertencentes ao mesmo grupo, que possuem unidades produtoras distintas, como foram encontrados somente balanços patrimoniais consolidados, isso inviabilizou a análise individual de uma unidade industrial separadamente. Como exemplo tem-se a empresa “São Martinho” que possui muitas unidades individuais, porém os dados são publicados consolidados. Para tais casos, foram utilizados os dados consolidados dessas empresas.

Os dados foram coletados no site Balanços Patrimoniais (2023), no banco de dados Valor Pró (2023), no domínio oficial do RenovaBio (2023), e no site oficial do Banco Central (2023). Este último site foi usado para a coleta da taxa de juros oficial. O período de coleta corresponde a três anos safra: 2020/2021, 2021/2022 e 2022/2023. Os dados coletados em Balanços Patrimoniais (2023) foram: ativo circulante, ativo total, despesas financeiras, empréstimos e financiamentos (longo e curto prazo), imobilizado líquido, imobilizado total, passivo total, passivo circulante, patrimônio líquido, receita financeira e capital social. As notas de eficiência das empresas do RenovaBio foram coletadas no site da ANP (2023). Os tipos de biocombustíveis coletados, foram o Etanol hidratado e anidro, e o biodiesel ANP (2023). Os dados de usinas que possuem certificado BONSUCRO, foi obtido no site oficial Bonsucro (2023). Após as coletas, todos os dados foram usados apresentar as variáveis da tabela 2.

A análise do modelo econométrico foi baseada em Jung, Herbohn e Clarkson (2016), conforme equação (1) a seguir, que permitiu avaliar o efeito da nota de eficiência no custo da dívida das empresas do RenovaBio.

$$COD_t = \delta_0 + \delta_1 RENOABIO_{t+} + \delta_2 BONSUCRO + \delta_3 BIOCMB + \sum_k \lambda_k CONTROLE_{kt} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Onde:

COD_t é o custo da dívida, dado pela relação entre despesas financeiras líquidas do IR e passivo oneroso. Segundo o Instituto Assaf (2020), o custo de capital de terceiros ou custo da dívida pode ser inicialmente entendido como os juros que os provedores de capital ou credores exigem para emprestar recursos a uma empresa. De acordo com (Assaf, 2003, p. 356), o custo da dívida é definido “de acordo com os passivos onerosos identificados nos empréstimos e

financiamentos mantidos pela empresa”. Além disso, o custo da dívida é uma medida que vem sendo utilizada em trabalhos internacionais (Caragnaro et al., 2020; Apergis et al., 2022; Gimede et al., 2022; Xioran et al., 2022; Zhiwei et al., 2023; Eltayyeb et al., 2023).

RENOVABIO é a nota de eficiência energético-ambiental das empresas que participam do RenovaBio. As firmas inspetoras são responsáveis pela certificação de biocombustíveis e tem papel fundamental na determinação dessa nota. Para alguns casos, foi calculada a média da nota de eficiência energética para empresas que produzem mais de um tipo de biocombustível. Por exemplo, uma usina que produz etanol hidratado e etanol anidro recebe uma nota de eficiência para ambos. Neste sentido, optou-se pela média aritmética simples dos biocombustíveis produzidos por essa entidade. Verificou-se ainda alguns casos de renovação da nota de eficiência, previstos pela Resolução ANP nº 758/2018, os quais foram considerados neste estudo. Um total de 50 empresas tiveram suas notas de eficiência renovadas, em algum dos anos safra analisados, e possuíam as informações financeiras divulgadas para coleta, com 27 delas obtendo, um aumento no valor da nota após a renovação.

As variáveis de controle são:

- **BONSUCRO**⁵: variável *dummy*, que recebe 1 caso a usina possua a certificação ativa, e 0 caso contrário. Essa certificação promove a sustentabilidade na produção de cana de açúcar, e tem uma relação com o Renovabio, uma vez que, o programa tem como fundamento a diminuição na emissão de gases de efeito estufa, por meio do incentivo a maior produção de biocombustíveis. Além disso, a certificação BONSUCRO valoriza práticas sustentáveis na produção de biocombustíveis a partir da cana de açúcar (Sozinho et al., 2018; Giarolla et al., 2019). Neste sentido, empresas que atendem os critérios da certificação BONSUCRO podem, ao mesmo tempo, estar alinhadas com os objetivos do RenovaBio. Contudo, há evidências de uma relação negativa entre a nota de eficiência e a certificação BONSUCRO (Silva et al., 2022), o que se mostra um resultado não esperado, pois, a certificação BONSUCRO atende normas internacionais rigorosas⁶ de produção.

- **BIOCOMB**⁷: variável *dummy*, recebe 1 para caso a usina produza Etanol (hidratado ou anidro) e 0 caso a usina produza Biodiesel/Biometano. No caso do etanol, existe maior rastreabilidade ou volume elegível, e tal fato pode causar um efeito positivo na nota de

⁵ Refere-se a um mecanismo mundial, que garante a responsabilidade social e ambiental dos produtores de cana, atestando que eles cumprem com os modelos rigorosos de qualidade e diretrizes internacionais de produção sustentável e são responsáveis ambientalmente.

⁶ Gestão Ambiental: visa a proteção e conservação da biodiversidade, gestão sustentável do solo e da água. Energia e Emissão de Gases de Efeito Estufa: Eficiência energética, monitoramento e redução de emissão de GEE. Cadeia de Custódia: Rastreabilidade do produto ao longo da cadeia de suprimentos.

⁷ O total de usinas produtoras de Biodiesel é de 13. Produtoras de Biometano não compõem a base de dados.

eficiência energética ambiental, com a possibilidade de diminuição das taxas de financiamento junto ao BNDES (BNDES, 2024). No caso do Biodiesel/Biometano, existe uma menor rastreabilidade, causada principalmente por sua maior cadeia de suprimentos, pela indisponibilidade de informações públicas, e pela sua falta de padrões de regulamentação, por exemplo, as concessionárias de gás não estão sujeitas à regulação da ANP (Lima, 2020; Ubrabio, 2020). Assim, tal fato pode ter reflexo direto na nota de eficiência das usinas, uma vez que a metodologia do RenovaCalc é baseada na Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) do biocombustível. Em usinas de cana a ACV é dividida em duas fases, a agrícola e a industrial, na primeira fase, caso exista dificuldades de rastreio da matéria-prima, a empresa é penalizada na sua nota de eficiência, com o intuito de estimular a busca da rastreabilidade de todos os processos (Oliveira, 2023). Neste sentido, é possível que o processo de produção e a rastreabilidade dos biocombustíveis possam influenciar a nota de eficiência. Por exemplo, o BNDES RenovaBio prevê que as usinas produtoras de etanol (hidratado ou anidro), podem ter um desconto na taxa de juros, que corresponde a remuneração básica do BNDES. Contudo, somente 13 empresas da amostra tem crédito no BNDES RenovaBio (BNDES, 2024).

- TAMANHO t = tamanho da empresa, medido como o logaritmo natural do total ativos no ano t . Pesquisas anteriores sugerem que o tamanho da empresa (TAMANHO) está negativamente associado ao custo da dívida, com empresas maiores argumentando que têm, em média, históricos mais longos e mais ativos colaterais. Eles são menos propensos a serem afetados por choques negativos no fluxo de caixa e têm menor risco de inadimplência (Bharath et al., 2008; Gray et al., 2009; Goss e Roberts, 2011; Schneider, 2011; Jung, Herbohn e Clarkson, 2016). Por eventual falta de dados, algumas empresas não possuem valores para todos os anos safra pesquisados

- LEV t = alavancagem, medida como dívida total dividida por ativos totais no ano t . Pesquisas anteriores sugerem que a alavancagem da empresa (LEV) está positivamente associada ao custo da dívida, com maior alavancagem provavelmente aumentando o risco de inadimplência e, portanto, aumentando o custo da dívida (Bharath et al., 2008; Gray et al., 2009; Goss e Roberts, 2011; Schneider, 2011; Chen e Gao, 2012; Jung, Herbohn e Clarkson, 2016). Por eventual falta de dados, algumas empresas não possuem valores para todos os anos safra pesquisados.

- ENDIV(L) = Alavancagem, medida como passivo circulante mais passivo não circulante dividido pelos ativos totais da empresa. De acordo com pesquisas anteriores Jung, Herbohn e Clarkson (2016), Bharath et al. (2008) e Gray et al. (2009), esse método de cálculo pode ser usado para se encontrar o nível de endividamento geral de uma empresa.

- ZSCORE t = risco de crédito, medido usando Pontuação Z desenvolvida por Sanvicente & Minardi, (1998)⁸, dado o cenário brasileiro das empresas estudadas. O score de Sanvicente & Minardi foi utilizado por Soares et al. (2021), para uma análise no setor aéreo brasileiro, também foi utilizado por Andrade & Lucena. (2018), para fazer uma análise da capacidade de predição do modelo, para as normas internacionais de contabilidade. O Modelo também foi utilizado por Mendes et al. (2014), para uma análise com base nos indicadores contábeis. Para essa variável foi utilizado despesa financeira livre de imposto de renda, para cálculo da variável “X5”, e para o cálculo do lucro operacional⁹, foram utilizadas as despesas e receitas financeiras, livres do efeito do IR e posteriormente deduzido o IR para chegar ao resultado, e o cálculo do lucro operacional antes de juros e IR, foi feito usando o lucro sem os efeitos das despesas e receitas financeiras e sem o efeito do IR. Por eventual falta de dados, algumas empresas não possuem valores para todos os anos safra pesquisados

- ZSCORE(LOP) t = Idem com ZSCORE t , porém foi removido o efeito financeiro (despesas e receitas financeiras) para o cálculo da variável “X3”. Utilizando somente o lucro operacional para o cálculo de “X3”, uma vez que, o score de Sanvicente & Minardi (1998) é de uma época em que as demonstrações financeiras eram apresentadas ligeiramente diferente do que é feito nos dias atuais, e como os efeitos financeiros no lucro operacional já haviam sido calculados, as contas de despesa e receita financeira foram retiradas para o cálculo da variável, para não haver duplicidade de efeito. Por eventual falta de dados, algumas empresas não possuem valores para todos os anos safra pesquisados

- ROI = Retorno sobre o Investimento, dado por lucro operacional dividido pela média das somas das dívidas totais das empresas com seus respectivos patrimônios líquidos dos anos safra em questão. Criado em 1977 pela consultora Gartner¹⁰, o ROI pode ser definido como a relação entre o bônus esperado sobre um investimento, ou seja, ao estimar a rentabilidade do investimento possibilita avaliar o quão adequado é o gasto que se efetuou (Santos, 2012). Por eventual falta de dados, algumas empresas não possuem valores para todos os anos safra pesquisados

⁸ Z-score é calculado como: $-0,042 + 2,909X1 - 0,875X2 + 3,636 X3 + 0,172 X4 + 0,029 X5$ onde X1: (Ativo Circulante - Passivo circulante) / Ativo Total; X2 = (Patrimônio Líquido - Capital Social) / Ativo Total; X3 = (Lucro Operacional - Despesas Financeiras + Receitas Financeiras) / Ativo Total; X4 = Valor Contábil Do Patrimônio Líquido / Valor Contábil Do Exigível Total; X5 = Lucro Operacional Antes De Juros E Imposto De Renda / Despesas Financeiras; onde para X1 e X2 > 0 temos empresa solvente e para X3, X4 e X5 < 0 temos empresa insolvente (Sanvicente & Minardi, 1998).

⁹ Para o cálculo do lucro operacional, foi utilizada a fórmula: lucro operacional = receita de vendas – custo do produto vendido – despesas operacionais – imposto de renda operacional.

¹⁰ Empresa de Consultoria Americana.

- $TANG_t$ = ativos tangíveis, medidos como imobilizado líquido, dividido pelo total de ativos no ano t . A medida de 'tangibilidade' do ativo (TANG) é importante pois argumenta-se que maiores detenções de ativos tangíveis aumentam as taxas de recuperação de falências, mitigando a perda de um credor no pagamento e reduzindo o custo da dívida (Bharath et al., 2008; Jung, Herbohn e Clarkson, 2016). Por algumas empresas não apresentarem seus dados de maneira consistente, algumas limitações no cálculo dessa variável podem ser observadas, como por exemplo, o valor do Imobilizado bruto muitas vezes não foi possível ser encontrado, o que pode fazer com que os valores de determinados anos não sejam calculados para determinadas empresas. Por eventual falta de dados, algumas empresas não possuem valores para todos os anos safra pesquisados

- AGE_t = idade do ativo, medida como imobilizado líquido, dividido pelo imobilizado bruto no ano t , quanto mais próximo a 1 for o valor da divisão, mais novo é o ativo. Vários estudos anteriores incluem a novidade do ativo (NOVO) como um determinante do custo da dívida, como é o caso de Chen e Gao (2012¹¹) e Schneider (2011¹²), argumentando que a idade do ativo reflete a eficiência ambiental dos ativos da empresa e a provável necessidade de gastos futuros (Chen e Gao, 2012; Schneider, 2011; Jung, Herbohn e Clarkson, 2016). Por eventual falta de dados, algumas empresas não possuem valores para todos os anos safra pesquisados

- $TAXA\ DE\ JUROS_t$ = taxa de juros oficial (Selic), medida como a taxa de juros média no ano t . A taxa de juros média anual oficial do Brasil (TAXA DE JUROS) foi usada para controlar as condições macroeconômicas prevaletentes. Como os instrumentos de dívida geralmente são precificados a uma taxa de referência mais uma margem, taxas de referência mais altas podem ocasionar taxas de juros mais altas (Goss e Roberts, 2011; Jung, Herbohn e Clarkson, 2016).

Tabela (2) – Resumo das Variáveis (formulada pelo Autor)

Variável	Cálculo	Estudo base	Sinal esperado
RENOVABIO	Nota de eficiência energética das empresas do programa RenovaBio.	(Jung et al., 2016; Caragnaro et al., 2020; Chapple et al., 2013; Clarkson et al., 2015; Griffin et al., 2017; Matsumura et al., 2014; Plumlee et al., 2015)	Negativo

¹¹ Chen e Gao (2012) interpretam sua descoberta como implicando que, se as empresas com equipamentos mais novos tiverem taxas de emissão de carbono relativamente altas, os investimentos futuros adicionais necessários em equipamentos com melhores taxas de emissão de carbono reduzirão os fluxos de caixa disponíveis para pagamentos de dívidas e aumentarão o risco de inadimplência.

¹² Em contraste, Schneider (2011) atribui sua descoberta ao fato de que empresas com novos equipamentos podem apresentar desempenho ambiental superior, reduzindo assim o custo da dívida.

BONSUCRO	Variável <i>dummy</i> , sendo 1 caso a empresa possua a certificação ativa, ou 0 caso não possua.	(Sozinho et al., 2018; Giarolla et al., 2019; Ding et al., 2022)	Negativo/positivo
BIOCOMB	Variável <i>dummy</i> , sendo 1 caso a empresa produza Etanol, ou 0 se produza Biodiesel/Biometano	(Oliveira, 2023; Lima, 2020)	Positivo/negativo
TAMANHO	Logaritmo natural do total ativos no ano <i>t</i>	(Bharath et al., 2008; Gray et al., 2009; Goss e Roberts 2011; Schneider 2011; Jung, Herbohn e Clarkson 2016)	Negativo
LEV	Alavancagem, medida como dívida total dividida por ativos totais no ano <i>T</i>	(Bharath et al., 2008; Gray et al., 2009; Goss e Roberts, 2011; Schneider, 2011; Chen e Gao, 2012; Jung, Herbohn e Clarkson, 2016)	Positivo
ENDIV(L)	Alavancagem, medida como passivo circulante mais passivo não circulante dividido pelos ativos totais da empresa	(Jung, Herbohn e Clarkson, 2016; Bharath et al., 2008; Gray et al., 2009)	Positivo
ZSCORE(LOP)	risco de crédito, medido usando Pontuação Z	Jung, Herbohn e Clarkson, (2016); (Sanvicente & Minardi, 1998).	Se > 0; tem-se empresa solvente. Se < 0; tem-se empresa insolvente.
ROI	Retorno sobre Investimento. lucro operacional dividido pela média das somas das dívidas totais das empresas com seus respectivos patrimônios líquidos dos anos safra em questão	(Santos, 2012; Galesne et. Al., 1999)	Positivo/negativo
TANG	ativos tangíveis, medidos como imobilizado líquido, dividido pelo total de ativos no ano <i>t</i>	(Bharath et al., 2008; Jung, Herbohn e Clarkson, 2016)	Negativo
AGE	idade do ativo (novidade), medida como imobilizado líquido, dividido pelo imobilizado bruto no ano <i>t</i> , quanto mais próximo a 1 for o valor da divisão, mais novo é o ativo	(Chen e Gao, 2012; Schneider, 2011; Jung, Herbohn e Clarkson, 2016)	Positivo

TAXA DE JUROS	taxa de juros oficial, medida como a taxa de juros média no ano t	Jung, Herbohn e Clarkson, (2016)	Positivo
---------------	---	----------------------------------	-----------------

Primeiramente a amostra foi submetida aos testes de normalidade para verificar se a amostra é normal ou não, foi utilizado o teste de Shapiro-Francia para testar a normalidade. Após, foram feitos testes de homo/heterocedasticidade e multicolineariedade para verificar se a amostra contém tais problemas. Para o teste de homocedasticidade foi utilizado o teste Breusch-Pagan, para a multicolinearidade foi utilizado o teste VIF (*Variance Inflation Factor*). Após, foi feita a primeira abordagem de regressão, foi utilizado o modelo de dados em *cross-section*. Por se tratar de uma abordagem mais simples, foi utilizada para observar uma análise por ano safra separadamente, e para verificar qual a relação entre a variável de interesse e as notas de eficiência ambiental. Posteriormente foi realizada a análise de regressão com os dados em modo de painel, pois de acordo com Hsiao (2005), esse modelo possui melhor acurácia para inferência de parâmetros, dados em painel tendem a ter mais graus de liberdade e menos multicolinearidade que as suas contrapartidas *cross-section*, maior capacidade em capturar a complexidade do comportamento que uma série de tempo ou um *cross-section*, e para controles de efeitos fixos na equação.

Posteriormente, foram utilizados os testes de Chow, Breuch-Pagan e Hausman para verificar qual dos três modelos de painel utilizar (*pooled*, efeitos fixos ou efeitos aleatórios), e posteriormente foi feito o teste de Wald para verificar heterocedasticidade. Após a correção dos erros de heterocedasticidade, foi utilizado o teste de Hausman Robusto para verificar qual dos dois modelos (efeitos fixos ou efeitos aleatórios) após as correções, melhor se encaixaria na análise.

Assim, observando a importância do custo da dívida, e das demais variáveis como fontes de informações financeiras, e sabendo da relevante função desempenhada pela nota de eficiência ambiental no funcionamento do programa RenovaBio, tem-se que, os resultados dos modelos de regressões analisados para essas variáveis podem ser observados na sessão seguinte.

4. Análise dos Resultados

4.1 Estatística descritiva e correlação

As variáveis observadas tiveram suas estatísticas descritivas analisadas, e foram submetidas a testes de correlação, onde foram utilizados os testes de Spearman e Pearson. O teste de Pearson varia de -1 a 1, e o sinal indica a direção do relacionamento entre as duas variáveis: se o sinal é positivo, há uma relação crescente, enquanto o sinal negativo indica uma

relação inversa. Quanto maior o coeficiente, mais forte é a correlação; de acordo com Cohen, (1988), valores entre 0,10 e 0,29 indicam uma correlação pequena, entre 0,30 e 0,49 significa uma correlação média, e entre 0,5 e 1,0 pode ser considerada uma correlação grande. Assim, quanto mais próximo de 1,0, independente do sinal, maior é a dependência estatística linear entre as variáveis. O coeficiente de Spearman é uma medida que determina se duas variáveis são apresentadas em uma escala de medida ordinal, para que os sujeitos em estudo formem duas séries ordenadas. (Siegel, 1975). Os resultados das estatísticas descritivas e dos testes de correlação são apresentados a seguir, da tabela 3 a 26:

Tabela (3) – Estatística Descritiva do Custo da Dívida

Ano Safra	N(Observações)	Média	Mínimo	Máximo
Safra 20/21	112	0,5373	0,0009	29,68
Safra 21/22	102	0,3547	0,0173	8,5852
Safra 22/23	52	0,3409	0,0163	5,9954

A tabela 3 mostra a estatística descritiva do custo da dívida, que diminuiu nos anos safras, saindo de 0,5373 em 20/21 para 0,3409 em 22/23. Uma possível razão para essa diminuição pode ser o fato das dívidas totais médias das empresas terem diminuído; a dívida média em 20/21 era (em milhares) de R\$ 2.555.283, e em 21/22 caiu para R\$ 1.889.431. Essa variação pode ser explicada pelo aumento da taxa Selic, como pode ser observado na tabela 25, o que pode ter influenciado as empresas a diminuir suas dívidas totais no período. Em 22/23, apesar da pouca variação do custo da dívida, em relação a 21/22, a dívida total aumentou, passando para R\$ 3.972.841, em 22/23, e tal aumento pode indicar um maior investimento por parte das empresas para renovar seus ativos imobilizados, como pode ser visto no aumento do indicador médio dos ativos imobilizados (AGE) em 22/23.

A tabela 4 apresenta alguns coeficientes de correlação entre a variável custo da dívida e outras.

Tabela (4) – Correlações para a variável Custo da Dívida.

Correlação (Pearson)	Variável(s)	Valor(s)
Positivamente	AGE	0,0557
Negativamente	LEV	-0,1223

Nota: Optou-se por analisar a correlação entre COD-AGE e COD-LEV, pois foram os maiores coeficientes de correlação. COD: custo da dívida; AGE: idade do ativo; LEV: alavancagem. Foi usado um índice de significância de 95% para a realização dos testes

A correlação entre COD - AGE tem valor de 0,0557, e pode ser explicada pela aquisição de mais imobilizados para modernização da produção, resultado em algum efeito no custo da dívida, uma vez que as empresas podem financiar a compra dos ativos. A correlação de COD-LEV foi negativa, o que pode ser um indicativo de que, empresas com maiores alavancagens tendem a conseguir empréstimos com taxas de juros melhores, o oposto do visto em Jung,

Herbohn e Clarkson (2016), evidenciando que no setor sucroenergético brasileiros, empresas com maiores alavancagens tendem a diminuir seus COD.

A tabela 5 apresenta a estatística descritiva da variável RENOVABIO.

Tabela (5) – Estatística Descritiva RENOVABIO

Ano Safra	N(Observações)	Média das Notas	Mínimo	Máximo
Safra 20/21	95	61,58	45,8	81,2
Safra 21/22	108	60,95	44	81,25
Safra 22/23	116	60,32	45,23	81,1

A média da nota de eficiência das empresas pertencentes ao programa RenovaBio que fazem comercialização de CBIOS, de 61,58 em 20/21, a média durante os 3 anos safra observados variou de 61,58 para 60,32. Essa redução de 1,5 pode ser explicada pela revisão da nota de eficiência de algumas empresas, visto que houve redução nas notas. Além disso algumas empresas somente tiveram suas notas de eficiência calculadas a partir dos anos safra de 21/22 e 22/23, portanto, existe a possibilidade que as diminuições das médias observadas nos períodos, ocorreram devido a um aumento na quantidade de empresas analisadas tanto em 21/22 quanto em 22/23. Ademais, houve uma diminuição na produção de etanol durante o período da pandemia de COVID-19 (Dos Santos et al., 2022; EPE, 2023), e tal fato pode ter causado a diminuição das notas de eficiência ambientais observadas nos períodos, visto que a nota é calculada com base no volume produzido por cada empresa (Matsuura et al., 2018; ANP, 2019).

A tabela 6 exprime alguns coeficientes de correlação entre a variável RENOVABIO e outras.

Tabela (6) – Principais Correlações RENOVABIO

Correlação (Pearson)	Variável(s)	Valor(s)
Positivamente	ZSCORE; ZSCORE(LOP)	0,2096; 0,2124
Negativamente	TANG	-0,2244

Nota: Optou-se por analisar a correlação entre RENOVABIO-ZSCORE/ZSCORE(LOP) e RENOVABIO-TANG, pois foram os maiores coeficientes de correlação. RENOVABIO: Nota de Eficiência; ZSCORE/ZSCORE(LOP): Risco de crédito; TANG: Ativos tangíveis.

Foi usado um índice de significância de 95% para a realização dos testes

Em relação a correlação, RENOVABIO possui maior correlação positiva com as variáveis ZSCORE e ZSCORE(LOP), com o valor de 0,2096 e 0,2124, respectivamente, e tal fato pode indicar que a nota de eficiência tem uma relação leve com o score de pontuação Z de solvência das empresas, o que corrobora com trabalhos internacionais que mostraram uma correlação entre eficiência ambiental e o Score Z, por exemplo (Jung, Herbohn e Clarkson, 2016). Com relação a correlação inversa, a maior é com a variável TANG, e tal relação parece indicar que empresas com melhores notas de eficiência ambiental, possuem uma quantidade menor de ativos tangíveis, o que pode ser explicado por um possível aumento da quantidade de

ativos totais das empresas com melhores notas de eficiência, uma vez que, um possível acréscimo nos ativos totais resultaria em uma diminuição no valor absoluto da variável TANG.

A tabela 7 mostra a quantidade de empresas da amostra que possuem a certificação Bonsucro.

Tabela (7) – Número de certificações da variável *DUMMY BONSUCRO*

BONSUCRO (Observações)	Sim	Não
116	42	74

BONSUCRO; A variável *dummy* teve um total de 42 usinas com a certificação e 74 sem a certificação.

A Tabela 8 mostra qual o tipo de biocombustível produzido pelas empresas da amostra.

Tabela (8) – Tipo de Biocombustível Fabricado

Biocombustível(Observações)	Etanol(Hidratado/anidro)	Biodiesel/Biometano
116	103	13

BIOCOMB; A variável *dummy* teve um total de 13 usinas produtoras de Biodiesel/Biometano, das quais, todas as 13 são produtoras de Biodiesel. Um número relativamente baixo em comparação com as produtoras de etanol da amostra.

A tabela 9 apresenta a estatística descritiva da variável TAMANHO.

Tabela (9) – Estatística Descritiva Variável TAMANHO

Ano Safra	N(Observações)	Média	Mínimo	Máximo
Safra 20/21	115	14,21	11,77	18,93
Safra 21/22	105	14,38	11,57	19,05
Safra 22/23	55	14,97	12,26	19,11

A média da variável Tamanho foi de 14,21 para o ano safra 20/21; 14,38 para o ano safra 21/22 e 14,97 para 22/23, observa-se que a média aumentou para cada ano safra subsequente, o que mostra um aumento geral no investimento em ativos por parte das empresas da amostra.

A tabela 10 ilustra alguns coeficientes de correlação da variável TAMANHO com outras.

Tabela (10) – Principais correlações TAMANHO

Correlação (Pearson)	Variável(s)	Valor(s)
Positivamente	TXJ;AGE	0,2512;0,3137
Negativamente	ROI	-0,2103

Nota: Optou-se por analisar a correlação entre TAMANHO-AGE/TXJ e TAMANHO-ROI, pois foram os maiores coeficientes de correlação. TAMANHO: Tamanho; AGE: idade do ativo; TXJ: Taxa de juros (Selic); ROI: Retorno sobre investimento.

Foi usado um índice de significância de 95% para a realização dos testes.

Com relação a correlação, os testes mostraram que a variável possui uma maior correlação positiva com as variáveis AGE e TXJ, o que difere do resultado visto por Jung, Herbohn e Clarkson (2016). Uma possível explicação para essa maior correlação entre

TAMANHO e AGE pode ser o fato de empresas maiores possuírem ativos mais novos que empresas menores, visto que empresas maiores podem adquirir linhas de crédito mais extensas, elas podem investir mais na modernização de seus ativos imobilizados. Sobre a correlação com a taxa média de juros, uma possível explicação é a de que, empresas maiores podem sentir de maneira mais suave a variação das taxas de juros do país, visto que as instituições financeiras costumam cobrar taxas de juros diferentes, de acordo com o tamanho de uma empresa. A correlação inversa de maior destaque da variável é com o ROI, o que pode mostrar que quanto maior a empresa maior é a possibilidade de ela possuir um menor retorno sobre o investimento.

As tabelas 11 e 12, apresentam, respectivamente, a estatística descritiva das variáveis LEV e ENDIV(L).

Tabela (11) – Estatística Descritiva LEV

Ano Safra	N(Observações)	Média	Mínimo	Máximo
Safra 20/21	115	0,3747	0	4,75
Safra 21/22	105	0,3191	0	1,74
Safra 22/23	55	0,3177	0	1,58

Tabela (12) – Estatística Descritiva ENDIV(L)

Ano Safra	N(Observações)	Média	Mínimo	Máximo
Safra 20/21	115	0,7254	0,1522	3,1371
Safra 21/22	105	0,6984	0,1206	2,4616
Safra 22/23	55	0,7647	0,2737	2,0792

A Alavancagem (LEV) teve média decrescente em 20/21, 21/22 e 22/23, indo de 0,3747 para 0,3191 e 0,3177, porém as observações foram diminuindo com o passar dos anos, saindo de 114 para 102 e terminando com 55 em 22/23, uma possível causa para a diminuição da média da alavancagem, pode ser exatamente o fato do número menor de observações nas safras 21/22 e 22/23, uma vez que quinze empresas que não divulgaram os dados nesses dois períodos estão em recuperação judicial, portanto suas dívidas podem ser mais elevadas, porém nota-se que a variação das médias foi muito pequena. Todavia, ao olhar para a variável ENDIV(L), tem-se que as médias dos endividamentos das empresas foram muito mais elevadas, em relação as calculadas em LEV, em 20/21 a média foi 0,7254, passando para 0,6984 em 21/22 e 0,7647 em 22/23. Uma possível causa para essa diferença de valores entre as duas variáveis, pode estar no fato de as fórmulas para os cálculos serem distintas, enquanto em LEV foi utilizado somente dívida total (empréstimos e financiamentos de curto e longo prazo), na formulação de ENDIV(L), utilizou-se a fórmula de endividamento geral (passivo circulante mais passivo não circulante), o que pode ter ocasionado a diferença elevada entre elas. Ainda sobre a variável ENDIV(L), nota-se que em 2016 o nível médio de endividamento das empresas do setor foi de 56,86, passando para 76,47% em 22/23, e tal aumento pode ser consequência de eventos recentes, como por exemplo a crise da COVID-19 (Dos Santos et al., 2022; EPE, 2023).

As tabelas 13 e 14 ilustram respectivamente, alguns coeficientes de correlação das variáveis LEV e ENDIV(L) com outras.

Tabela (13) – Principais correlações LEV

Correlação (Pearson)	Variável(s)	Valor(s)
Positivamente	TANG	0,2053
Negativamente	CD	-0,1223

Tabela (14) – Principais correlações ENDIV(L)

Correlação (Pearson)	Variável(s)	Valor(s)
Positivamente	TANG	0,2784
Negativamente	ZSCORE	-0,1289

Nota: Optou-se por analisar a correlação entre LEV-TANG e LEV-CD; ENDIV(L)-TANG e ENDIV(L)-Zscore, pois foram os maiores coeficientes de correlação. LEV: Alavancagem; ENDIV(L): Alavancagem usando outra fórmula; TANG: Ativos Tangíveis; CD: Custo da Dívida; ZSCORE: Risco de Crédito.

Foi usado um índice de significância de 95% para a realização dos testes.

A correlação das variáveis LEV e ENDIV(L) positiva é com TANG, o que condiz com os resultados vistos por Jung, Herbohn e Clarkson (2016). Uma possível explicação para a correlação pode estar no fato de que empresas se utilizam de alavancagem para melhorar seus ativos tangíveis, especificamente a modernização de seus ativos imobilizados. Com relação a correlação inversa, tem-se que a variável CD como sendo a maior para LEV, com o valor de -0,1223, o que pode mostrar que empresas com maiores alavancagens obtêm taxas de juros mais vantajosas no mercado. A correlação inversa para a variável ENDIV(L) é ZSCORE, e tal fato pode mostrar que empresas com altos índices de alavancagem tendem a possuir maior risco de crédito.

As tabelas 15 e 16 apresentam, respectivamente, a estatística descritiva das variáveis ZSCORE e ZSCORE(LOP).

Tabela (15) – Estatística Descritiva ZSCORE

Ano Safra	N(Observações)	Média	Mínimo	Máximo
Safra 20/21	115	0,5265	-6,92	25,27
Safra 21/22	104	0,3901	-6,70	6,41
Safra 22/23	50	0,1230	-2,15	1,0004

Tabela (16) – Estatística Descritiva ZSCORE(LOP)

Ano Safra	N(Observações)	Média	Mínimo	Máximo
Safra 20/21	115	0,6831	-6,96	25,16
Safra 21/22	104	0,4698	-6,90	6,17
Safra 22/23	50	0,3156	-1,24	1,04

O ZSCORE e o ZSCORE(LOP) tiveram sucessivas diminuições em suas médias tanto de 20/21 para 21/22, quanto de 21/22 para 22/23, saindo de 0,6831 para 0,4698, e de 0,6831 para 0,4698 respectivamente. Em 22/23 diminuíram respectivamente para 0,1230 e 0,3156, e esse resultado pode ser explicado pela pandemia de COVID-19, e como esta afetou os anos safra de 20/21 e 21/22, de maneira a ter influenciado negativamente os lucros e as despesas financeiras

das empresas, e, portanto, influenciado o risco de solvência das mesmas (Dos Santos et al., 2022; EPE, 2023).

A tabelas 17 e 18 mostram respectivamente, alguns coeficientes de correlação das variáveis ZCORE e ZSCORE(LOP) com outras.

Tabela (17) – Principais correlações ZSCORE

Correlação (Pearson)	Variável(s)	Valor(s)
Positivamente	RENOVABIO	0,2096
Negativamente	TANG	-0,1259

Tabela (18) – Principais correlações ZSCORE(LOP)

Correlação (Pearson)	Variável(s)	Valor(s)
Positivamente	RENOVABIO	0,2124
Negativamente	TANG	-0,1004

Nota: Optou-se por analisar a correlação entre LEV-TANG e LEV-CD; ENDIV(L)-TANG e ENDIV(L)-Zscore, pois foram os maiores coeficientes de correlação. LEV: Alavancagem; ENDIV(L): Alavancagem usando outra fórmula; TANG: Ativos Tangíveis; CD: Custo da Dívida; ZSCORE: Risco de Crédito.

Foi usado um índice de significância de 95% para a realização dos testes.

A correlação das variáveis ZSCORE e ZSCORE(LOP) positiva é com a variável RENOVABIO, o que difere do resultado encontrado por Jung, Herbohn e Clarkson (2016). Tal fato pode ser explicado pela diferença de setores analisados, uma vez que as empresas analisadas na pesquisa anteriormente citada não eram do setor sucroenergético. E tal resultado pode indicar uma relação positiva entre níveis de solvência, e notas de eficiência ambiental. A correlação inversa das variáveis é com o TANG, o que condiz com o resultado encontrado por Jung et al. (2016).

A tabela 19 apresenta a estatística descritiva da variável ROI.

Tabela (19) – Estatística Descritiva ROI

Ano Safra	N(Observações)	Média	Mínimo	Máximo
Safra 20/21	116	0,6256	-0,3284	31,7785
Safra 21/22	103	0,6760	-0,3736	47,8262
Safra 22/23	50	0,0521	-0,41	0,2688

O ROI médio foi de 0,6306 em 20/21, com aumento para 0,6760 em 21/22 e posterior diminuição para 0,05 para 22/23, uma razão para as altas médias em 20/21 e 21/22 são alguns valores exageradamente altos encontrados nos anos em questão. No ano safra de 20/21, duas empresas apresentaram valores de ROI de 31,77 e 17,24, o que afetou a média final do ano em questão. No ano safra de 21/22 houve um valor (47,82) que também afetou a média final do período, a causa para esses altos valores observados foi o fato de algumas empresas não possuírem dados completos de suas demonstrações contábeis, o que ocasionou cálculos realizados com ausência de alguma conta do balanço patrimonial, o que levou aos valores elevados observados.

A tabela 20 mostra os coeficientes de correlação da variável ROI com outras.

Tabela (20) – Principais correlações ROI

Correlação (Pearson)	Variável(s)	Valor(s)
Positivamente	ENDIV(L)	0,09
Negativamente	TAMANHO	-0,2103

Nota: Optou-se por analisar a correlação entre ROI-ENDIV(L) e ROI-TAM, pois foram os maiores coeficientes de correlação. ROI: Retorno Sobre Investimento; ENDIV(L): Alavancagem usando outra fórmula; TAMANHO: Tamanho.

Foi usado um índice de significância de 95% para a realização dos testes.

A correlação positiva é com ENDIV(L), porém o valor é muito pequeno. Com relação a correlação inversa, tem-se a variável TAMANHO, o que pode indicar que o tamanho de uma empresa influencia inversamente o seu retorno, pois, empresas maiores tendem a possuir maiores dívidas totais e tal fato pode diminuir seu ROI, o que pode ser o fator gerador da correlação inversa observada na análise.

A tabela 21 apresenta a estatística descritiva da variável TANG.

Tabela (21) – Estatística Descritiva Ativos Tangíveis

Ano Safra	N(Observações)	Média	Mínimo	Máximo
Safra 20/21	115	0,3724	0,04	0,83
Safra 21/22	104	0,36	0,05	0,80
Safra 22/23	51	0,3513	0,1346	0,6717

Os ativos tangíveis tiveram uma média oscilante nos três anos safra observados, com as médias indo de 0,3724 em 20/21 para 0,36 em 21/22 e 0,3513 em 22/23, e tal fato pode mostrar uma diminuição dos ativos imobilizados líquidos das empresas.

A tabela 22 mostra alguns coeficientes de correlação da variável TANG com outras.

Tabela (22) – Principais correlações Ativos Tangíveis

Correlação (Pearson)	Variável(s)	Valor(s)
Positivamente	LEV	0,2053
Negativamente	RENOVABIO	-0,2244

Nota: Optou-se por analisar a correlação entre TANG-LEV e TANG-RENOVABIO, pois foram os maiores coeficientes de correlação. TANG: Ativos Tangíveis; LEV: Alavancagem; RENOVABIO: Nota de Eficiência Energética.

Foi usado um índice de significância de 95% para a realização dos testes.

A correlação positiva da variável é com o LEV, o que condiz com o resultado encontrado por Jung, Herbohn e Clarkson (2016), e tal correlação pode indicar que empresas com maiores níveis de ativos tangíveis, tendem a possuir maiores graus de alavancagem. A correlação inversa é com a variável RENOVABIO, um resultado inverso se comparado ao visto por Jung, Herbohn e Clarkson, (2016). Tal correlação pode indicar que empresas do setor sucroenergético com maiores níveis de ativos tangíveis, não obtiveram benefícios nas suas notas de eficiência ambiental.

A tabela 23 apresenta a estatística descritiva da variável AGE.

Tabela (23) – Estatística Descritiva Age

Ano Safra	N(Observações)	Média	Mínimo	Máximo
Safra 20/21	75	0,5593	0,01	0,977

Safra 21/22	70	0,5490	0,1011	0,9489
Safra 22/23	46	0,5638	0,2828	0,9643

A média das idades dos ativos imobilizados foi decrescente em 21/22, passando de 0,5593 em 20/21 para 0,5490 em 21/22, porém aumentando em 22/23 para 0,5638. Sabendo que quanto mais próximo de 1 mais novos são os ativos imobilizados, nota-se indícios de que empresas em 22/23 possivelmente estão investindo na renovação de seus ativos imobilizados, porém tal indício necessita de maior investigação, uma vez que a diferença foi muito pequena, e a amostra para 22/23 é a menor em comparação com as amostras de 20/21 e 21/22.

A tabela 24 ilustra alguns coeficientes de correlação da variável AGE com outras.

Tabela (24) – Principais correlações Age

Correlação (Pearson)	Variável(s)	Valor(s)
Positivamente	TANG	0,17
Negativamente	ROI	-0,091

Nota: Optou-se por analisar a correlação entre AGE-TANG e AGE-ROI, pois foram os coeficientes de correlação, com valor significativo, que ainda não haviam sido abordados. AGE: Idade do Ativo Imobilizado; TANG: Ativos Tangíveis; ROI: Retorno Sobre Investimento

Foi usado um índice de significância de 95% para a realização dos testes.

A correlação positiva da variável é com a TANG, o que condiz com o visto por Jung, Herbohn e Clarkson (2016), e uma possível explicação reside na possibilidade de empresas com melhores níveis de ativos tangíveis possuir ativos imobilizados líquidos elevados, e com isso diminuem a idade de seus ativos imobilizados no geral. Com relação a correlação inversa, esta é com a variável ROI, e tal fato pode ser um sinal de que uma empresa com ativos imobilizados mais novos, possuem menores retornos sobre seus investimentos.

A tabela 25 apresenta a estatística descritiva da variável TAXA DE JUROS.

Tabela (25) – Estatística Descritiva Taxa de Juros Selic

Ano Safra	Média
20/21	2,275
21/22	6,118
22/23	13,212

A Selic teve média de 2,275 para o ano safra de 20/21, em 21/22 houve um aumento para 6,118 e em 22/23 outro aumento para 13,212, vários são os fatores para o aumento da taxa de juros, como um exemplo podemos destacar a COVID-19 como um dos grandes fatores para esse aumento (Barros, 2023).

A tabela 26 apresenta alguns coeficientes de correlação da variável TAXA DE JUROS com outras.

Tabela (26) – Correlação Taxa de Juros Selic

Correlação (Pearson)	Variável(s)	Valor(s)
Positivamente	AGE	0,01
Negativamente	RENOVABIO	-0,06

Nota: Optou-se por analisar a correlação entre TXJ-AGE e TXJ-RENOVABIO, pois foram os coeficientes de correlação que ainda não possuíam análise. TXJ: Taxa de Juros (Selic); AGE: Idade do Ativo Imobilizado; RENOVABIO: Nota de eficiência Energética.

Foi usado um índice de significância de 95% para a realização dos testes.

A correlação positiva analisada é com a variável AGE, o que condiz com o resultado observado por Jung, Herbohn e Clarkson (2016), porém os valores são pequenos o que mostra que a correlação possui pouca intensidade. Em relação a correlação inversa, tem-se a análise com a variável RENOVABIO, o que condiz com Jung, Herbohn e Clarkson (2016), e tal correlação sugere que, oscilações positivas na taxa de juros (Selic), afetam negativamente as notas de eficiência energéticas. Nos anos de 21/22 e 22/23, houveram aumentos sucessivos na taxa de juros (Selic), e queda nas médias das notas de eficiência nos dois períodos em relação à 20/21, o que corrobora com os resultados encontrados na correlação.

4.2 Análise dos Resultados da Regressão *Cross-section*

Os dados foram submetidos a uma análise de regressão do tipo *cross-section* (por ano safra) no *software* Stata, e foram utilizados os testes Breusch-Pagan, *Variance Inflation factor Tolerance* (VIF) e Shapiro-Francia, para verificação dos pressupostos de heterocedasticidade, multicolineariedade e normalidades dos dados, respectivamente. Inicialmente, os pressupostos não foram atendidos, e, por isso, optou-se pela transformação Box-Cox na variável dependente. A transformação Box-Cox foi utilizada para corrigir problemas de normalidade, heterocedasticidade e multicolineariedade, transformando a variável dependente, de maneira que a relação entre os valores previstos e observados seja mais linear, possibilitando estabilizar a variância da amostra, o que pode resultar em uma variabilidade dos resíduos mais constante (Box & Cox, 1964).

A ideia original da transformação Box-Cox, proposta por George Box e David Cox em 1964, era proporcionar uma maneira sistemática de estabilizar a variabilidade dos dados e torná-los mais próximos de uma distribuição normal. A transformação foi concebida principalmente para abordar problemas associados aos pressupostos da análise de regressão linear, tais como a homocedasticidade e a normalidade dos resíduos (Box & Cox, 1964).

A equação usada para a regressão *cross-section* do ano 20/21 é a mesma utilizada para a regressão em dados em painel, com exceção do período t, uma vez que no modelo *cross-section* é analisado cada ano separadamente. A equação para o ano safra 20/21 pode ser vista a seguir:

$$COD_{20/21} = \delta_1 RENOVABIO + \delta_2 BONSUCRO + \delta_3 BIOCUMB + \sum_k \lambda_k CONTROLE_{kt} + \varepsilon_{20/21}$$

Os resultados para o ano safra 20/21 podem ser observados na tabela a seguir:

Tabela (27) – Resultados da regressão *cross-section* 20/21, após Box-Cox

COD		
Variáveis independentes	Coefficiente	Sinais Esperados
RENOVABIO	-0,017	(-)
BONSUCRO	-0,1383	(-/+)
BIOCOMB	1,85**	(-/+)
TAMANHO	-0,4318**	(-)
ENDIV(L)	-0,9215***	(+)
ZSCORE(LOP)	0,2075	Se >0 (+); Se <0 (-)
ROI	2,7521***	(-/+)
TANG	-4,4921***	(-)
AGE	1,3946	(+)
Estatística F		6,94***
R-Quadrado		0,5655
Breusch-Pagan χ^2		2,26**
VIF		1,63
Shapiro-Francia W		0,4061**

Nota: Os coeficientes foram estimados após a transformação Box-Cox ser utilizada na variável dependente COD. A variável Taxa de juros média (Selic) foi excluída do modelo devido a colineariedade. O teste Breusch-Pagan avalia a heterocedasticidade, sendo que a sua H_0 é: a variância é constante. O teste resultou em $Prob > \chi^2$ de 0,1583, portanto, não rejeita-se H_0 e conclui-se que os resíduos tem uma variância constante, ou seja, eles são homocedásticos. O teste *Variance Inflation factor Tolerance* (VIF) avalia a multicolineariedade entre as variáveis explicativas, valores menores que 1 são ideais, valores entre 1 e 10 são aceitáveis, e valores acima de 10 indicam multicolineariedade problemática. O teste Shapiro-Francia testa a distribuição normal da população, sendo que a sua H_0 é: a amostra provém de uma população com distribuição normal. O teste resultou em $Prob > z$ de 0,9435, portanto, não rejeita-se H_0 e conclui-se que a distribuição é normal.

***, **, *, indicam significância estatística de nível 1%, 5% e 10%, respectivamente

Observando a tabela 27 pode-se afirmar que as variáveis independentes explicam 56,55% das variações do custo da dívida. Analisando os sinais encontrados na regressão, nota-se que a variável RENOVABIO teve seu coeficiente negativo, o que condiz com o sinal esperado, porém não foi uma variável pertencente ao modelo.

A variável *dummy* BONSUCRO teve coeficiente negativo, o que pode indicar uma correlação inversa entre o custo da dívida e empresas que possuem a certificação, porém no modelo analisado a variável não foi significativa estatisticamente, portanto novas pesquisas podem ser realizadas para comprovar tal hipótese.

A variável *dummy* BIOCOMB apresentou coeficiente positivo, e foi uma variável estatisticamente relevante ao nível de confiança de 95%. O seu coeficiente foi positivo, e isso indica que empresas produtoras de etanol possuem custo da dívida maior do que empresas produtoras de biodiesel, o que contradiz a ideia de uma maior rastreabilidade do etanol, e como ela poderia influenciar de maneira a diminuir o custo da dívida, porém na amostra analisada, somente 13 empresas eram produtoras de biodiesel, isso representa uma fração de apenas 11,20% do total, e tal fato evidencia que mais pesquisas podem ser realizadas para analisar essa questão.

A variável TAMANHO teve seu coeficiente sendo negativo o que condiz com o sinal esperado, e foi significativa estatisticamente ao nível de confiança de 95%. Analisando a variável tem-se que o empresas maiores possuem um custo da dívida menor se comparadas com empresas menores, o que corrobora com o resultado observado por Alberts & Archer (1973); Bharath et al. (2008); Gray et al. (2009); Goss e Roberts (2011) e Schneider (2011) Jung, Herbohn e Clarkson (2016). Observando seu coeficiente tem-se que para cada um ponto de possível aumento do TAMANHO, resulta em uma diminuição de 0,4318 no custo da dívida.

A variável ENDIV(L) foi significativa estatisticamente a um nível de 99%, e teve seu coeficiente sendo negativo, o que contradiz o sinal esperado. Analisando a variável, tem-se que empresas com maiores níveis de endividamento possuem custo da dívida menores, uma possível explicação pode estar no fato de o setor sucroenergético ser de alta alavancagem como foi mostrado por Silva et al., (2016). Portanto, no setor sucroenergético, empresas maiores, com maiores níveis de alavancagem, podem conseguir linhas de financiamentos melhores.

Observando TANG nota-se que seu coeficiente foi negativo, o que condiz com o sinal esperado, e foi significativa estatisticamente a 99%. Analisando a variável, tem-se que empresas com níveis maiores de ativos tangíveis possuem menores custos da dívida, e em média, houve uma diminuição de 1,6728 pontos, no custo da dívida em função do valor dos ativos tangíveis.

A variável AGE teve seu coeficiente sendo positivo, o que condiz com o sinal esperado, mas não foi uma variável pertencente ao modelo.

A variável ROI apresentou uma significância estatística de 99%, e coeficiente positivo, o que indica que empresas com retornos sobre investimentos maiores, tendem a possuir maiores custos da dívida, assim como foi observado na pesquisa de Jardim, Sales, Batista e Penha (2019).

A variável ZSCORE(LOP) apresentou coeficiente positivo para esse ano safra, porém não foi uma variável estatisticamente significativa para o modelo.

A variável Taxa de juros (Selic) foi excluída do modelo, por colinearidade.

A equação usada para a regressão *cross-section* do ano 21/22 é a mesma utilizada para a regressão em dados em painel, com exceção do período t, uma vez que no modelo *cross-section* é analisado cada ano separadamente. A equação para o ano safra 21/22 pode ser vista a seguir:

$$COD_{21/22} = \delta_1 RENOABIO + \delta_2 BONSUCRO \\ + \delta_3 BIOCUMB + \sum_k \lambda_k CONTROLE_{kt} + \varepsilon_{21/22}$$

A tabela 28 mostra os resultados da regressão *Cross-Section* para o ano safra de 21/22.

Tabela (28) – Resultados da regressão *Cross-Section* 21/22

COD		
Variável	COEFICIENTE	Sinais Esperados
RENOVABIO	-0,0102	(-)
BONSUCRO	-0,342	(-/+)
BIOCOMB	1,44**	(-/+)
TAMANHO	-0,4824***	(-)
ENDIV(L)	-0,3103	(+)
ZSCORE(LOP)	0,1458	Se >0 (+); Se <0 (-)
ROI	0,3713	(-/+)
TANG	-6,6726***	(-)
AGE	1,5128	(+)
Estatística F		4,63***
R-Quadrado		0,4309
Breusch-Pagan χ^2		1,36**
VIF		1,34
Shapiro-Francia W		0,9356

Nota: Os coeficientes foram estimados após a transformação Box-Cox ser utilizada na variável dependente COD. A variável Taxa de juros média (Selic) foi excluída do modelo devido a colineariedade. O teste Breusch-Pagan avalia a heterocedasticidade, sendo que a sua H_0 é: a variância é constante. O teste resultou em $Prob > \chi^2$ de 0,0953, portanto, não rejeita-se H_0 e conclui-se que os resíduos tem uma variância constante, ou seja, eles são homocedásticos. O teste Variance Inflation factor Tolerance (VIF) avalia a multicolineariedade entre as variáveis explicativas, valores menores que 1 são ideias, valores entre 1-10 são aceitáveis e valores acima de 10 são de multicolineariedade problemática. O teste Shapiro-Francia testa a distribuição normal da população, sendo que a sua H_0 é: a amostra provém de uma população com distribuição normal. O teste resultou em $Prob > z = 0,6934$, portanto, não rejeita-se H_0 e conclui-se que a distribuição da população é normal.

***, **, *, indicam significância estatística de nível 1%, 5% e 10%, respectivamente.

Observando a tabela 28 pode-se afirmar que as variáveis independentes explicam 43,09% das variações do custo da dívida (R-quadrado). Analisando os sinais encontrados na regressão, observa-se que a variável RENOVABIO teve seu coeficiente negativo, o que condiz com o sinal esperado, porém não foi significativo estatisticamente para o modelo.

A variável *dummy* BONSUCRO teve coeficiente negativo, acompanhando o resultado do ano anterior, mas não foi significativo para o modelo.

A variável *dummy* BIOCOMB atingiu um nível de significância de 95%, e teve seu coeficiente sendo positivo, o que condiz com o ano anterior, porém seu coeficiente foi menor, passando de 1,85 em 20/21 para 1,44 em 21/22.

A variável TAMANHO obteve significância estatística a um nível de 99%, o que condiz com o resultado encontrado por Jung et al., (2016), com coeficiente negativo o que condiz com o esperado, e foi observado um aumento do coeficiente, passando de -0,4318 em 20/21 para -0,4824.

A variável ENDIV(L) não foi estatisticamente relevante para o modelo do ano 21/22, e seu coeficiente foi negativo, assim como em 20/21, o que contradiz o sinal esperado inicialmente.

Observando TANG nota-se que foi uma variável com nível de significância estatística de 99%, seu coeficiente foi negativo, o que condiz com o sinal esperado. Analisando o valor do

seu coeficiente, nota-se que houve um aumento significativo, passando de -4,4921 em 20/21 para -6,6726 em 21/22, e tal variação mostra que, em comparação com o ano de 2021, o nível de ativos tangíveis em 21/22 foi mais significativa para uma possível diminuição do custo da dívida.

A variável AGE teve seu coeficiente sendo positivo, o que condiz com o sinal esperado, porém não foi uma variável pertencente ao modelo.

A variável ROI, diferente de 20/21, não foi estatisticamente significativa para o modelo, seu coeficiente foi positivo, o que condiz com o ano anterior.

A variável ZSCORE(LOP) não foi estatisticamente relevante para o modelo, seu coeficiente foi positivo, o que condiz com o ano anterior.

A variável Taxa de juros (Selic) foi excluída do modelo, por colinearidade.

A aquação usada para a regressão *cross-section* do ano 22/23 é a mesma utilizada para a regressão em dados em painel, com exceção do período t, uma vez que no modelo *cross-section* é analisado cada ano separadamente. A equação para o ano safra 22/23 pode ser vista a seguir;

$$COD_{22/23} = \delta_1 RNOVABIO + \delta_2 BONSUCRO + \delta_3 BIOCUMB + \sum_k \lambda_k CONTROLE_{kt} + \varepsilon_{22/23}$$

A tabela 29 ilustra os resultados da regressão *Cross-Section* para o ano safra 22/23.

Tabela (29) – Resultados da regressão *Cross-Section* 22/23

COD		
Variável	COEFICIENTE	Sinais Esperados
RENOVABIO	0,1224	(-)
BONSUCRO	-0,04154	(-/ +)
BIOCUMB	0,2954	(-/ +)
TAMANHO	-0,0710	(-)
ENDIV(L)	-0,6403*	(+)
ZSCORE(LOP)	-0,3262	Se >0 (+); Se <0 (-)
ROI	-5,2076***	(-/ +)
TANG	1,2624	(-)
AGE	0,0243	(+)
Estatística F		5,61***
R-Quadrado		0,5773
Breusch-Pagan χ^2		95,42
VIF		1,43
Shapiro-Francia W		0,001

Nota: Os coeficientes foram estimados sem a transformação Box-Cox, uma vez que não foi possível realiza-la por ausência de dados mínimos. A variável Taxa de juros média (Selic) foi excluída do modelo devido a colineariedade. O teste Breusch-Pagan avalia a heterocedasticidade, sendo que a sua H_0 é: a variância é constante. O teste resultou em $Prob > \chi^2$ de 0,000, portanto, rejeita-se H_0 e conclui-se que os resíduos não tem uma variância constante, ou seja, eles são heterocedásticos. O teste Variance Inflation factor Tolerance (VIF) avalia a multicolineariedade entre as variáveis explicativas, valores menores que 1 são ideias, valores entre 1-10 são aceitáveis e valores acima de 10 são de multicolineariedade problemática. O teste Shapiro-Francia testa a distribuição normal da população, sendo que a sua H_0 é: a amostra provém de uma população com distribuição normal. O teste resultou em $Prob > z = 0,005$, portanto, rejeita-se H_0 e conclui-se que a distribuição da população é não normal. Não foi possível realizar a

transformação Box-Cox, pois a amostra é muito pequena para o ano safra de 22/23, portanto não foi possível fazer a correção para os problemas nos testes.

***, **, *, indicam significância estatística de nível 1%, 5% e 10%, respectivamente

Observando a tabela 29 tem-se que as variáveis independentes explicam 57,73% das variações do custo da dívida (R-quadrado), porém a análise da regressão foi prejudicada, uma vez que a amostra contém erros de normalidade de dados, e de heterocedasticidade.

Analisando as variáveis, observa-se que a variável RENOVABIO não foi significativa para o modelo. Seu coeficiente foi positivo, o que contradiz com o sinal esperado, uma explicação para isso pode ser o fato de os dados desse ano safra apresentarem erros de normalidade

A variável *dummy* BONSUCRO não foi estatisticamente significativa para o modelo, e teve coeficiente positivo, o que condiz com o previsto inicialmente.

A variável *dummy* BIOCOMB não foi significativa para o modelo, e seu coeficiente foi positivo, o que condiz com o esperado. Porém, no ano em questão os dados não tiveram seus erros normalizados, pela ausência de dados da amostra.

A variável TAMANHO não foi estatisticamente relevante para o modelo, e seu coeficiente foi negativo, o que condiz o que era esperado.

A variável ENDIV(L) foi estatisticamente relevante a um nível de 90%, e apresenta coeficiente negativo, o que contradiz o sinal esperado.

Observando TANG nota-se que não foi uma variável significante para o modelo, e seu coeficiente foi positivo, o que contradiz com o sinal esperado, uma possível causa para a diferença de sinais são os erros da amostra no ano 22/23.

A variável AGE teve seu coeficiente sendo positivo, o que condiz com o sinal esperado, porém não foi estatisticamente relevante para o modelo.

A variável ROI foi uma variável estatisticamente relevante a um nível de 99% para o modelo, e apresentou coeficiente negativo, o que contradiz os resultados dos anos anteriores, uma possível explicação é o fato da amostra conter muitos erros de normalidade e heterocedasticidade.

A variável ZSCORE(LOP) não foi estatisticamente relevante para o modelo, e apresentou coeficiente negativo, o que contradiz os resultados dos anos anteriores.

A variável Taxa de juros (Selic) foi excluída do modelo, devido a colinearidade.

4.3 Análise dos Resultados da Regressão em Painel

De acordo com Fávero (2013), o modelo de dados em painel possui três métodos para estimar seus parâmetros: o método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), ou *Pooled*

Ordinary Least Square (POLS), o modelo de efeitos fixos, e o modelo de efeitos aleatórios. O modelo *Pooled* é o mais simples, porém não considera uma possível heterogeneidade entre as empresas, adotando que os dados se comportam de maneira similar em todos os períodos. Portanto as abordagens de efeitos fixos e de efeitos aleatórios são mais recomendadas, pois elas retratam a heterogeneidade não observada. Primeiramente a amostra foi submetida a transformação Box-Cox na variável dependente para correções nos dados. Em seguida, foi realizado o teste de Chow para verificar qual modelo seria o mais adequado, *Pooled*, ou efeitos fixos; o resultado sugeriu que o modelo de efeitos fixos é o mais adequado. Na sequência, foi utilizado o teste de Breusch and Pagan, para verificar se o modelo de efeitos aleatórios era mais adequado que o *Pooled*; os resultados sugeriram que o modelo *Pooled* é o mais adequado. Posteriormente foi realizado o teste Hausman, para comparar efeitos fixos e efeitos aleatórios; os resultados sugeriram que o modelo de efeitos fixos é mais adequado.

Aplicou-se também o teste de Wald para verificar a presença de heterocedasticidade na amostra; os resultados sugeriram a existência de heterocedasticidade, portanto foi feita a correção dos erros utilizando a regressão de efeitos fixos robustos. Após isso, foi usado o teste de Hausman Robusto, para verificar se, após a correção dos erros de heterocedasticidade, o modelo de efeitos fixos ainda era o mais adequado; contudo, os resultados sugeriram que o modelo de efeitos aleatórios, passou a ser o mais adequado. Finalmente, foi aplicado o teste Wooldridge para testar a existência de autocorrelação no painel; os resultados sugeriram que não existe autocorrelação no painel analisado.

Para a análise da regressão, foram utilizadas todas as variáveis independentes, exceto ZCORE e LEV, que foram substituídas por usar ZSCORE(LOP) e ENDIV(L). Optou-se pela utilização da variável ZSCORE(LOP), pois, o cálculo do *score* de Sanvicente & Minardi, (1998) é de uma época em que as demonstrações financeiras eram apresentadas ligeiramente diferente do que é feito nos dias atuais. Neste sentido, como os efeitos financeiros no lucro operacional atual já haviam sido calculados, as contas de despesa e receita financeira foram retiradas para o cálculo da variável ZSCORE(LOP), para não haver duplicidade de efeito. Ademais, optou-se pela utilização da variável ENDIV(L), devido ao maior número de observações.

Os Resultados da análise pode ser visto na tabela (30) a seguir:

Tabela (30) – Resultados da regressão em painel modelo de efeitos aleatórios

COD		
Variável	COEFICIENTE	Sinais Esperados
RENOVABIO	-0,0009	(-)
BONSUCRO	-0,2441	(-/+)
BIOCOMB	1,6408***	(-/+)

TAMANHO	-0,4685***	(-)
ENDIV(L)	-0,5791**	(+)
ZSCORE(LOP)	0,1647	Se >0 (+); Se <0 (-)
ROI	0,5993	(-/+)
TANG	-4,1405***	(-)
AGE	1,3111*	(+)
TAXA DE JUROS	0,0544***	(+)
Wald chi2		57,39
Estatística F		0,000***
TOR ¹³		12.610
Modified Wald Test ¹⁴		44400,28***

Nota: Os coeficientes foram estimados após a transformação Box-Cox ser utilizada na variável dependente COD. Os coeficientes foram estimados, após a realização dos testes de Chow, Bresch and Pagan e Hausman. Os resultados de cada um dos testes foram: Chow; Prob F = 0,0000, portanto prob F < 0,05, rejeita-se H₀, portanto o modelo de efeitos fixos é mais adequado do que o modelo Pooled. Teste Bresch and Pagan; Prob F = 0,000, portanto rejeita-se H₀, portanto o modelo de efeito aleatório é mais adequado que o modelo de efeito Pooled. Teste de Hausman, Prob F = 0,0910, portanto prob F > 0,05, não rejeita-se H₀, portanto o modelo de efeitos aleatórios é mais adequado que o modelo de efeitos fixos. Em seguida, foi aplicado o teste de heterocedasticidade Wald Test no modelo de efeitos fixos, com Prob F = 0,0000, portanto prob F < 0,05, permitindo concluir que existe heterocedasticidade. Na sequência foi realizada a regressão dos dados com correção de erros de heterocedasticidade, tanto para o modelo de efeitos fixos, quando para o modelo de efeitos aleatórios. Finalmente, foi aplicado o teste de TOR, com resultado Prob F = 0,1260, portanto Prob F > 0,05, permitindo não rejeitar H₀, o que indica que o modelo de efeitos aleatórios corrigidos é melhor.

***, **, *, indicam significância estatística de nível 1%, 5% e 10%, respectivamente

Observando a tabela 30, tem-se que as variáveis independentes explicam 57,39% (Wald Chi2) das variações do custo da dívida. A variável RENOVABIO não foi estatisticamente relevante para o modelo, o que não permite afirmar que a nota de eficiência tem algum efeito no custo da dívida das empresas que compõem a amostra. Por outro lado, o estudo de Jung et al., (2016), observou uma relação negativa entre o custo da dívida e *carbon risk awareness*¹⁵, para um conjunto maior de empresas, as quais pertencem a diferentes setores. Ressalta-se que a variável *carbon risk awareness* volta-se para estratégias ambientais direcionadas para reduzir o risco de carbono, o que está coerente com a obtenção de maiores notas de eficiência no RenovaBio. Neste sentido, o resultado para a variável RENOVABIO não está convergindo com de Clarkson et al. (2014), Matsumura et al. (2014), Plumlee et al. (2015), Jung et al. (2016) e Peri et al. (2019), pois nessas pesquisas os autores utilizaram dados de empresas pertencentes à setores diferentes do sucoenergético. O resultado da variável converge com o encontrado por Li et al. (2014), Griffin et al. (2017) e Zang et al. (2020), pois nessas pesquisas os autores não

¹³ *Test of overidentifying restrictions*: efeitos fixos vs efeitos aleatórios após correção heterocedasticidade.

¹⁴ *Modified Wald Test*: Teste para heterocedasticidade dos dados.

¹⁵ Estratégias ambientais para reduzir o risco de carbono; (i) maior sensibilidade para os pontos críticos das emissões de GEE, para reduzi-las; (ii) liderança empresarial na compreensão dos riscos das alterações climáticas; (iii) criar oportunidades para inovar e gerar receitas a partir de produtos sustentáveis; (iv) forma com que a empresa prepara sua atividade para as alterações climáticas.

encontraram evidências que mostram uma diminuição do custo da dívida em empresas divulgam as emissões de GEE no CDP, e as que não divulgam.

Além disso, deve-se considerar a estrutura altamente alavancada do setor sucroenergético brasileiro como visto nas tabelas 11 e 12, como um possível fator influente no resultado. Visto que há um elevado grau de alavancagem, o que pode interferir no custo de financiamentos, e tal fato independe da nota de eficiência ambiental das empresas. Ademais, houve um impacto causado pela pandemia COVID-19 em empresas do setor, com diminuições na produção de etanol principalmente nos anos safra de 20/21 e 21/22, e com possíveis aumentos de endividamentos gerais durante os anos da pandemia, o que pode ter afetado a análise (Dos Santos et al., 2022; Oliveira, 2022; EPE¹⁶, 2023). O coeficiente da variável RENOVABIO foi negativo, o que condiz com o sinal esperado inicialmente.

A variável *dummy* BONSUCRO não foi estatisticamente consistente com o que foi encontrado em 20/21 e 21/22 pelo modelo *cross-section*.

A variável *dummy* BIOCUMB apresentou coeficiente positivo, o que condiz com o resultado dos anos safra estudados separadamente, além de ser uma variável significativa estatisticamente. De acordo com o coeficiente da variável, empresas produtoras de etanol possuem custo da dívida superior aos de empresas produtoras de biodiesel. Esse resultado não condiz com as melhores condições oferecidas para as empresas produtoras de etanol, levando em consideração a linha de crédito BNDES RenovaBio. Essa linha de crédito oferece para empresas do programa RenovaBio reduções nas taxas de juros, que variam de acordo com as metas atingidas (BNDES, 2024). Observando a maior rastreabilidade do etanol, e como ela pode influenciar para a redução do custo de financiamentos, a análise deveria mostrar um desfecho diferente, porém, o resultado sugere que empresas produtoras de biodiesel possuem custo da dívida inferior. Entretanto, o número de empresas produtoras de biodiesel é muito pequeno, 11,20% do total da amostra, portanto uma nova análise, com um número semelhante de empresas produtoras de etanol e biodiesel/biometano, pode obter um resultado diferente quanto ao sinal da variável.

A variável TAMANHO teve seu coeficiente sendo negativo o que condiz os resultados encontrados nas análises anteriores, e atingiu uma significância estatística no nível de 99%, o que a torna pertencente ao modelo, o que condiz com os achados de Bharath et al. (2008), Gray et al. (2009), Goss e Roberts (2011), Schneider (2011) e Jung et al. (2016). Analisando o

¹⁶ Empresa de Pesquisa Energética.

coeficiente da variável, nota-se que para cada um ponto de aumento do TAMANHO de uma empresa, uma diminuição de 0,4685 pode ser observada no seu custo da dívida.

A variável ENDIV(L) A variável foi significativa para o modelo em um nível de 95%, o que contradiz com o resultado visto por Jung et al. (2016). Apresentou coeficiente negativo, o que condiz com o sinal observado nas análises anteriores, porém foi o oposto do esperado inicialmente. Uma possível explicação pode estar no fato do setor sucroenergético ser de alta alavancagem, com empresas possuindo níveis de endividamento elevados, o que aparentemente afeta de maneira inversa o custo da dívida (Silva et al., 2016). Setores de altas alavancagens podem possuir empresas que apresentam relação inversa entre o custo da dívida e o endividamento (Forte et al., 2019; Ahmed et al., 2023).

A variável ZSCORE(LOP) não foi significativa para o modelo de regressão, e apresentou coeficiente positivo. A variável ROI não foi estatisticamente relevante para o modelo, e apresentou coeficiente positivo. Uma possível causa para a ausência de relevância estatística da variável, pode estar relacionada com o fato do setor pouco investir no aproveitamento de biomassa para produção de etanol de segunda geração (E2G)¹⁷. De acordo com Guiducci et al. (2020), estimativas de ganhos econômicos em cenários de adesão da tecnologia E2G e na comercialização de CBIOS, poderiam gerar ganhos de R\$ 37,4 milhões na comercialização de CBIOS.

Observando TANG nota-se que atingiu uma significância estatística de 99%, o que corrobora com os resultados vistos por Jung et al. (2016). Seu coeficiente foi negativo, o que condiz com o sinal esperado, portanto a variável é pertencente ao modelo. Analisando a significância da variável, nota-se que um maior investimento em ativos tangíveis diminui o custo da dívida, visto que, de acordo com Bharath et al. (2008) e Jung et al. (2016), empresas com maiores quantidades de ativos tangíveis possuem maiores possibilidades de recuperação em casos de falência, o que pode atenuar uma possível perda por parte do credor no reembolso do crédito cedido, e pode levar a uma diminuição do custo da dívida.

A variável AGE apresentou nível de significância é de 90%, portanto um resultado mais fraco, e coeficiente positivo, o que condiz com o sinal esperado. De acordo com esse achado, o maior investimento em ativos imobilizados aumenta a necessidade de investimentos, o que pode acarretar em um aumento do custo da dívida, o que corrobora com os resultados obtidos por Schneider (2011), Chen e Gao (2012) e Jung et al. (2016).

¹⁷ Etanol de segunda geração.

A variável Taxa de juros (Selic) teve seu coeficiente sendo positivo, o que condiz com o sinal esperado inicialmente. A variável pertence ao modelo, e possui um nível de significância de 99%, o que pode indicar que oscilações de aumento da taxa Selic possivelmente resultam em aumento no do custo da dívida das empresas. Recorde-se que, normalmente, para o cálculo das taxas de referência (custo da dívida), as instituições financeiras se utilizam de uma taxa de referência (Selic), acrescida de alguma margem específica. A remuneração dos bancos normalmente é feita por meio de uma taxa específica de cada instituição, como exemplo tem-se o “fator taxa do BNDES”; que representa a remuneração do BNDES acrescida da taxa de risco de crédito (BNDES, 2024).

4.4 Análise de Robustez.

Nessa subseção foi realizada uma análise dos dados sem a presença de *outliers* na amostra. Ademais, somente foram usados os dados de empresas que possuíam informações para os três anos safra consecutivos, para que houvesse um balanceamento do painel de dados. Em seguida, foi realizada a transformação Box-Cox na variável dependente, além de estimar as regressões em dados em painel. Os resultados podem ser vistos nas tabelas 31 e 32.

Tabela (31) – Resultados da regressão em painel modelo de efeitos fixos após exclusão dos *outliers* e balanceamento dos dados

COD		
Variável	COEFICIENTE	Sinais Esperados
RENOVABIO	0,03146*	(-)
TAMANHO	-0,1743	(-)
ENDIV(L)	-0,2370	(+)
ZSCORE(LOP)	-0,0088	Se >0 (+); Se <0 (-)
ROI	0,0706	(-/ +)
TANG	-0,1743	(-)
AGE	0,6113	(+)
TAXA DE JUROS	0,0173	(+)
Wald chi2		18,17
Estatística F		0,067*

Nota: Os coeficientes foram estimados após a transformação Box-Cox ser utilizada na variável dependente COD. O modelo fixo contém erros de normalidade e heterocedasticidade.

***, **, *, indicam significância estatística de nível 1%, 5% e 10%, respectivamente

Observando o modelo de efeitos fixo da tabela 31, nota-se que a variável RENOVABIO tornou-se relevante estatisticamente a 90%, porém seu coeficiente foi positivo, o que contradiz o sinal esperado. A significância estatística do modelo foi de 94,3%, mostrando que o painel de efeitos fixos sem a exclusão dos erros de normalidade e heterocedasticidade não atingiu os 95% de significância estatística total esperada inicialmente. Portanto, o painel de efeitos fixos não é a melhor escolha para a análise, mesmo após a retirada de *outliers* e o balanceamento do banco de dados.

Os resultados da regressão utilizando os dados em painel de efeitos aleatórios podem ser vistos na tabela 32;

Tabela (32) – Resultados da regressão em painel modelo de efeitos aleatórios após exclusão dos *outliers* e balanceamento dos dados

COD		
Variável	COEFICIENTE	Sinais Esperados
RENOVABIO	-0,0028	(-)
BONSUCRO	-0,0960	(-/+)
BIOCOMB	0,9885***	(-/+)
TAMANHO	-0,0825	(-)
ENDIV(L)	-0,0780	(+)
ZSCORE(LOP)	-0,0264	Se >0 (+); Se <0 (-)
ROI	0,0825	(-/+)
TANG	-1,4111***	(-)
AGE	0,8875***	(+)
TAXA DE JUROS	0,0157***	(+)
Wald chi2		55,23
Estatística F		0,000***
TOR ¹⁸		11.777
Modified Wald Test ¹⁹		6,3e ²⁸ ***

Nota: Os coeficientes foram estimados após a transformação Box-Cox ser utilizada na variável dependente COD. Os coeficientes foram estimados, após a realização dos testes de Chow, Bresch e Pagan e Hausman. Os resultados de cada um dos testes foram: Chow; Prob F = 0,0000, portanto prob F < 0,05, rejeita-se H₀, portanto o modelo de efeitos fixos é mais adequado do que o modelo Pooled. Teste Bresch e Pagan; Prob F = 0,000, portanto rejeita-se H₀, portanto o modelo de efeito aleatório é mais adequado que o modelo de efeito Pooled. Teste de Hausman, Prob F = 0,3687, portanto prob F > 0,05, não rejeita-se H₀, portanto o modelo de efeitos aleatórios é mais adequado que o modelo de efeitos fixos. Em seguida, foi aplicado o teste de heterocedasticidade Wald Test no modelo de efeitos fixos, com Prob F = 0,0000, portanto prob F < 0,05, permitindo concluir que existe heterocedasticidade. Na sequência foi realizada a regressão dos dados com correção de erros de heterocedasticidade, tanto para o modelo de efeitos fixos, quando para o modelo de efeitos aleatórios. Finalmente, foi aplicado o teste de TOR, com resultado Prob F = 0,1614, portanto Prob F > 0,05, permitindo não rejeitar H₀, o que indica que o modelo de efeitos aleatórios corrigidos é melhor.

***, **, *, indicam significância estatística de nível 1%, 5% e 10%, respectivamente

Observando a tabela 32, tem-se que houve uma diminuição de variáveis significantes estatisticamente em comparação com o painel de efeitos aleatórios com o banco de dados completo. A variável TAMANHO deixou de ter significância estatística, porém a variável AGE, teve sua significância aumentada para 99%. As demais variáveis mantiveram suas significâncias estatísticas, com exceção da variável ENDIV(L) que deixou de ser significativa estatisticamente.

Resumidamente, eliminar alguns *outliers* e optar pelo balanceamento dos dados não trouxe mudanças no que diz respeito aos resultados observados na seção anterior. Portanto, a hipótese de pesquisa foi rejeitada tanto utilizando os dados originais, quanto após o tratamento para balanceamento dos dados.

¹⁸ Test of overidentifying restrictions: efeitos fixos vs efeitos aleatórios após correção heterocedasticidade.

¹⁹ Modified Wald Test: Teste para heterocedasticidade dos dados.

4.5 Síntese dos Resultados

Nessa subseção foi feita uma síntese das análises, com destaque para as regressões em *cross-section* e dados em painel, além de explicações sobre as diferenças encontradas nestas duas abordagens. Esses resultados são apresentados na tabela 33:

Tabela (33) – Síntese dos resultados para Cross-section e Dados em painel

Variáveis	<i>Cross-section</i>	Dados em painel
RENOVABIO	Variável não estatisticamente significativa	Variável não estatisticamente significativa
BONSUCRO	Variável não estatisticamente significativa	Variável não estatisticamente significativa
BIOCOMB	Variável positiva na safra 20/21 e 21/22, e sem estatística significativa na safra 22/23	Variável positiva
TAMANHO	Variável negativa na safra 20/21 e 21/22, e sem estatística significativa na safra 22/23	Variável negativa
ENDIV(L)	Variável negativa em 20/21 e 22/23, e sem estatística significativa em 21/22	Variável negativa
ZSCORE(LOP)	Variável não estatisticamente significativa	Variável não estatisticamente significativa
ROI	Positiva em 20/21, sem estatística significativa em 21/22 e negativa em 22/23	Variável não estatisticamente significativa
TANG	Negativo em 20/21 e 21/22, sem estatística significativa em 22/23	Variável negativa
AGE	Variável não estatisticamente significativa	Variável positiva
TAXA DE JUROS	Variável excluída do modelo por colinearidade	Variável positiva

Nota: as variáveis sem indicação sobre significância estatística sinalizam significância estatística a 1%, 5 ou 10%.

A variável RENOVABIO não foi estatisticamente significativa em nenhum dos modelos utilizados. Com esse resultado, não se pode afirmar que há uma relação negativa entre as notas de eficiência ambiental e custo da dívida, conforme previsto na hipótese de pesquisa. Esse resultado pode ser explicado pela estrutura de alavancagem do setor sucroenergético, pela crise causada pelo COVID-19 e pela métrica para o cálculo da nota de eficiência ambiental ser

diferente das variáveis ambientais utilizadas em trabalhos internacionais como Jung et al. (2016) e Eltayyeb et al. (2023).

A variável *dummy* BONSUCRO não foi estatisticamente significativa em nenhum dos modelos analisados, o que revela que essa certificação não tem nenhum efeito sobre o custo da dívida das empresas do RenovaBio. Deve-se destacar que o RenovaBio e a certificação BONSUCRO estão voltadas para práticas sustentáveis na produção de biocombustíveis, e os resultados para as duas variáveis estão alinhados, o que difere com o resultado visto em Ding et al. (2022), portanto novas pesquisas futuras podem ser úteis para explorar melhor essa relação.

A variável *dummy* BIOCUMB apresentou coeficiente positivo e significância estatística em todas as análises, exceto para o ano safra 22/23, o que pode indicar uma relação positiva entre o custo da dívida e produção de etanol. Na amostra, destaca-se que 13 empresas são produtoras de biodiesel²⁰, enquanto tem-se 103 empresas produtoras de etanol. Sabe-se que, o etanol tem maior rastreabilidade ou volume elegível, o que pode favorecer a nota de eficiência energético ambiental das usinas produtoras de etanol, resultando em diminuição das taxas de financiamento junto ao BNDES (BNDES, 2024). Contudo, somente treze empresas da amostra analisada possuem crédito ativo junto ao BNDES, e tal fato evidencia que pesquisas futuras sobre o tema serão importantes. Uma vez que ainda não existem estudos voltados para analisar o custo da dívida das empresas que tem crédito junto ao BNDES RenovaBio. Neste sentido, futuramente, pode-se buscar respostas para essa relação positiva entre BIOCUMB e custo da dívida, visto que, os descontos oferecidos pelo BNDES podem favorecer as empresas produtoras de etanol, dada a maior rastreabilidade da matéria-prima.

A variável TAMANHO foi significativa estatisticamente com sinal negativo para todos os casos, exceto para o ano safra de 22/23, o que indica que empresas maiores tendem a conseguir melhores taxas de financiamento. Esse achado está coerente com o resultado de Bharath et al. (2008), Gray et al. (2009), Goss e Roberts (2011), Schneider (2011) e Jung et al. (2016).

A variável ENDIV(L) A variável foi estatisticamente relevante para os modelos de 20/21, 22/23 e no modelo de dados em painel. Seu coeficiente negativo em todas as análises realizadas, e tal fato mostra que empresas no Brasil, com custo da dívida mais elevado, tendem a possuir menor taxas de financiamentos, o que contradiz com o encontrado por Jung et al. (2016).

²⁰ Em 18/01/2023 havia apenas 3 empresas produtoras de biometano.

A variável ZSCORE(LOP) se manteve com coeficiente positivo em todas as análises, exceto em 22/23, e não foi estatisticamente relevante nos modelos analisados.

A variável ROI teve relevância estatística somente nos anos de 20/21, e 22/23, porém em 22/23 conforme explicado anteriormente, foi um ano em que os dados obtidos ficaram muito abaixo dos anos anteriores, portanto os erros encontrados na análise dos dados não puderam ser corrigidos. Seu coeficiente foi positivo em todas as análises, exceto em 22/23, e tal correlação positiva pode indicar que, empresas com maiores custos da dívida, podem possuir um maior retorno sobre o investimento, porém dada a inconsistência dos resultados obtidos durante os períodos, tal relação pode ser melhor explorada em pesquisas futuras.

A variável TANG, foi estatisticamente relevante e com sinal negativo em todas as análises realizadas, exceto em 22/23. Portanto empresas com maior investimento em ativos tangíveis, tendem a diminuir seus custos da dívida, o que condiz com o resultado observado por Bharath et al. (2008) e Jung et al. (2016).

A variável AGE não foi significativa para nenhum dos modelos analisados, com exceção da análise em painel, onde ela é de sinal positiva, o que pode mostrar que empresas com ativos imobilizados mais novos, possuem custo da dívida mais elevado, o que condiz com o resultado encontrado por Schneider (2011), Chen e Gao (2012) e Jung et al. (2016).

A variável TAXA DE JUROS excluída nas análises *cross-section* por colinearidade, porém na regressão em painel, foi uma variável pertencente ao modelo e seu coeficiente foi positivo, o que indica que aumentos na taxa Selic, aumentam o custo da dívida. O resultado condiz com o encontrado por Jung et al. (2016).

5. Considerações Finais

Esse estudo investigou a relação entre custo da dívida e nota de eficiência ambiental das empresas do RenovaBio, visto que no Brasil ainda não se sabe quais os efeitos do programa no custo da dívida das empresas participantes. Portanto esse estudo é inédito no Brasil, pois ainda não há relatos de trabalhos abordando essa temática. Na literatura internacional, há evidências empíricas sobre práticas ambientais e o custo da dívida, porém tais práticas não possuem métricas semelhantes às encontradas nas notas de eficiência ambiental do RenovaBio (Jung, Herbohn e Clarkson, 2016; Bui, Moses e Houqe, 2019).

Observando as variáveis do modelo, tem-se como significantes em pelo menos um dos modelos analisados, as variáveis: BIOCUMB, ROI, TAMANHO, ENDIV(L), TANG, AGE e TAXA DE JUROS, onde todas mantiveram os sinais dos coeficientes coerentes com o esperado

inicialmente, com exceção de ENDIV(L) e ROI. As variáveis que não foram significantes para nenhum dos modelos foram: RENOVABIO, BONSUCRO e ZSCORE(LOP).

Os resultados para a variável RENOVABIO não foram significantes para os modelos analisados. Neste sentido, a hipótese de pesquisa foi rejeitada, tanto no modelo *cross-section*, quanto no modelo de dados em painel. Uma possível explicação para esse resultado podem ser as consequências financeiras da pandemia da COVID-19 para as empresas, como a diminuição da produção de etanol, principalmente nos anos safra de 20/21 e 21/22, e aumentos dos níveis de endividamentos gerais, durante parte do período analisado. Ademais, em pesquisas internacionais foram utilizadas variáveis com métricas diferentes em comparação com a nota de eficiência ambiental, e nestes estudos, as empresas analisadas eram de setores diferentes do setor analisado nessa pesquisa. Ademais o financiamento com taxas específicas oferecido pelo BNDES para empresas do programa ainda não foi muito utilizado, somente 11,20% da amostra inicial de empresas possuem crédito ativo com a instituição, portanto uma possível melhora no custo da dívida pode ser observada no futuro, se houver maior adesão por parte das empresas ao financiamento (BNDES, 2024).

Assim, os resultados obtidos podem ser úteis para a adesão de novas empresas no programa RenovaBio, pois apesar da hipótese principal ter sido rejeitada, outras variáveis obtiveram significância estatística relevante para o modelo, como é o caso de TAMANHO, TANG, BIOCOMB, ENDIV(L), AGE e TAXA DE JUROS. Assim, empresas que desejam ingressar no programa RenovaBio podem ter benefícios, além da oportunidade de comercialização de créditos de carbono, como por exemplo uma diminuição no custo da dívida, para empresas maiores. Ademais os resultados obtidos podem ser úteis para entidades financiadoras, como o BNDES, visto que o número de empresas que possuem a linha de crédito voltada para o programa RenovaBio ainda é muito baixo, portanto é possível que observando os resultados obtidos, novos instrumentos para o cálculo da taxa de financiamentos possam ser introduzidos para aumentar a demanda pela linha de crédito por parte das empresas. Logo, apesar da pesquisa realizada não confirmar a hipótese de pesquisa, ela pode ter relevância para a tomada de decisão de empresas que ainda não estão no programa, uma vez que o RenovaBio é novo e as notas de eficiência energética serão emitidas de maneira constante durante os próximos anos, e a crise causada pela COVID-19 possivelmente afetou os resultados obtidos. Ademais, há uma constante interferência do governo brasileiro no programa, como o decreto nº 11.141, de 21 de julho de 2022, que alongou o prazo de execução das metas de 2022, abalando o RenovaBio, e a protelação da desoneração dos impostos federais sobre os combustíveis (PIS/COFINS e Cide) pela Medida Provisória (MP) nº 1.157/2023, que diminui

o distintivo de competitividade do etanol previsto em emenda constitucional (Silva et al., 2022). Portanto, em vista de tais fatos, novas pesquisas sobre o programa RenovaBio serão muito importantes.

Observando o alto endividamento do setor sucroenergético, novas ações para consolidar o programa RenovaBio podem ser importantes, como uma expansão na linha de financiamento do programa por parte do BNDES. Tal ação pode incentivar a adesão de um maior número de empresas ao crédito oferecido pelo banco, fazendo assim com que o programa RenovaBio seja mais requisitado.

Essa pesquisa possuiu limitações, como a quantidade relativamente baixa de dados obtidos, principalmente no ano safra 22/23, além do fato da pandemia de COVID-19 ter influenciado nos resultados encontrados. Além disso, há a limitação de nos modelos de regressão não foi considerado o volume de produção de etanol das usinas, e não se sabe se há uma relação entre a nota de eficiência energética e produção. De acordo com Matsuura (2018), a nota de eficiência pode ser influenciada por vários fatores, dentro do ciclo de produção, dentre eles, o volume de produção de etanol. Assim, os nossos resultados poderiam ser diferentes se considerado o volume de produção de etanol das usinas.

Além de ser útil para futuras pesquisas que envolvam a nota de eficiência ambiental, uma vez que, observando as pesquisas internacionais, nota-se que não foi utilizada qualquer variável com métricas semelhantes a ela (Gimede et al., 2022; Zhiwei et al., 2023; Eltayyeb et al., 2023).

Por fim, novas pesquisas sobre emissões de GEE, principalmente na área de transportes, com dados colhidos a partir do ano safra 22/23, um período posterior ao da pandemia de COVID-19, podem ser importantes, e têm potencial de obterem resultados diferentes dos encontrados nesta pesquisa. Uma vez que as crescentes preocupações climáticas demandam soluções, e a utilização de biocombustíveis como uma solução ambientalmente saudável e sustentável, é uma possível resposta para a diminuição na emissão de GEE do setor de transportes, o qual é muito importante, e tem no programa RenovaBio uma proposta muito interessante, para ajudar na diminuição da emissão de GEE, e na conscientização para produção de biocombustíveis.

Referências:

- Ahmed, Amanj Mohamed, Deni Pandu Nugraha, and István Hágén. 2023. The Relationship between Capital Structure and Firm Performance: The Moderating Role of Agency Cost. *Risks* 11: 102. <https://doi.org/10.3390/risks 11060102>
- Alberts, W. W., & Archer, S. H. (1973). Some Evidence on the Effect of Company Size on the Cost of Equity Capital. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 8(2), 229–242. <https://doi.org/10.2307/2330019>.
- Aldamen, H., & Duncan, K. (2013). Pricing of innate and discretionary accruals in Australian debt. *Accounting and Finance*, 53, 31–53. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1467-629X.2011.00458.x>
- Álvarez, I. G., Segura, L., Ferrero, J. M. (2015). Carbon emission reduction: The impact on the financial and operational performance of international companies. *Journal of cleaner production* 103(1):149-159. Doi: [10.1016/j.jclepro.2014.08.047](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.047)
- Andrade, J. P., & Lucena, W. G. L. (2018). ANÁLISE DE DESEMPENHO DOS MODELOS DE PREVISÃO DE INSOLVÊNCIA E A IMPLEMENTAÇÃO DAS NORMAS INTERNACIONAIS DE CONTABILIDADE. *Revista Ciências Administrativas*, 24(2). <https://doi.org/10.5020/2318-0722.2018.6563>.
- Assaf Neto, A. (2003a). *Finanças Corporativas e Valor*. São Paulo: Atlas.
- Anbima.com.br: Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais. Disponível em <http://anbi.ma/cbio>.
- Anp.com.br: Agencia Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2020). Certificados da Produção ou Importação Eficiente de Biocombustíveis. Disponível em <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2019/dezembro&item=ranp-802-2019&export=pdf>. (recuperado em 16 de janeiro de 2023).
- Anp.com.br: Agencia Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2018). Sistema de Legislação. Disponível em <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-758-2018-regulamenta-a-certificacao-da-producao-ou-importacao-eficiente-de-biocombustiveis-de-que-trata-o-art-18-da-lei-no-13-576-de-26-de-dezembro-de-2017-e-o-credenciamento-de-firmas-inspetoras?origin=instituicao&q=resolu%C3%A7%C3%A3o%20758/2018>. (recuperado em 20 junho de 2023).
- Anp.com.br: Agencia Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2019). Sistema de Legislação. Disponível em <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-802-2019-estabelece-os-procedimentos-para-geracao-de-lastro-necessario-para-emissao-primaria-de-creditos-de-descarbonizacao-de-que-trata-o-art-14-da-lei-no-13-576-de-26-de-dezembro-de-2017-e-altera-a-resolucao-anp-no-758-de-23-de-novembro-de-2018?origin=instituicao>. (recuperado em 20 junho de 2023).
- Apergis, Nicholas., Poufinas, T., Antonopoulos, A. (2022). ESG scores and cost of debt. *Energy Economics*. Vol 112. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106186>
- Arocena, P., Orcos, R., & Zouaghi, F. (2020). The impact of ISO 14001 on firm environmental and economic performance: The moderating role of size and environmental awareness. *Business*

Strategy and the Environment, 30(2), 955–967. <https://doi-org.ez67.periodicos.capes.gov.br/10.1002/bse.2663>.

Asian Development Bank. (2020). EMISSIONS TRADING SCHEMES AND THEIR LINKING: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN ASIA AND THE PACIFIC. Disponível em <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/182501/emissions-trading-schemes.pdf>.

Banco Central do Brasil. (2023). Busca. Banco Central do Brasil. <https://www.bcb.gov.br/resultadobusca?termo=balan%C3%A7os%20patrimoniais%20usinas%20de%20a%C3%A7ucar%20e%20alcool>. (recuperado em 10 de janeiro de 2024).

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. (2024). BNDES Consulta a operações do BNDES. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/transparencia/consulta-operacoes-bndes> (recuperado em 26 de março de 2024)

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. (2024). BNDES RenovaBio. Disponível em [https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/!ut/p/z1/fY5BC4JAEIXv_govHmW0oryKhySEkjiWvchmW07lrLpr9PPbRKhLzeG9BzPfy4A7ruvYAWaDjZP8cuAkHngRBhWJOzAo-LJc5eskjRdhts7CWZAfol2-j9L5NlnAZgQ_LcA_8-yiZ3OfxgUeO06HgOvFBn5NMCOdJK6RNIGzVCNn3pBrRrpBWckQRWKRpJR2gvuSLXQfturSy8am84Dnd6LscPvJamHOKKC9saLF4-A2oc!/. \(recuperado em 16 de março de 2024\).](https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/!ut/p/z1/fY5BC4JAEIXv_govHmW0oryKhySEkjiWvchmW07lrLpr9PPbRKhLzeG9BzPfy4A7ruvYAWaDjZP8cuAkHngRBhWJOzAo-LJc5eskjRdhts7CWZAfol2-j9L5NlnAZgQ_LcA_8-yiZ3OfxgUeO06HgOvFBn5NMCOdJK6RNIGzVCNn3pBrRrpBWckQRWKRpJR2gvuSLXQfturSy8am84Dnd6LscPvJamHOKKC9saLF4-A2oc!/)

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. (2024). BNDES Taxa de Juros. Disponível em https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia/taxa-de-juros/!ut/p/z1/tVRLd6IwFN73V7QLlzGRAIbZUQ-VoTi-aq1segIETY8SCKHb_voJlr7mFO2ZzrAgyeXjPr7v3sDg5PT05ATeqEVt6tflCoOUbvmSSi5SuoY3cBGYtx7xe66II7-vTU1kj8Yd7E5mWm_WhfM9ADU8NoKB-twd93uurXf8oTPU0LjvX5sDy8N9bMBrGMAgSmUmV3ARpjErbnlaSC7LaJ9BC63EhrVQwlOaRpxuWCpF0ULLklPwwdhCkj5QEDNwV-aiqPxmEY_hwrJYGJuxCVisG0A3cQLCMIImAgZIFupFBiJXUdRxINPgKDwcAwWGavL0AbzpUSrxPqO93VEIzMhpPiYuHPb3W7xX-usCFlg96g6Uqn8oV4Gki4M2eWbCh96WirAAMFCzf8kjRNK-Iep86upgYKvWrCXZ0D6OpVgN869Jx9SHyhz-xg2y35xu6c9npW7gGHGqCY_QtFH3dRvo9Hc63nO3gLBX5RrXI9E1dEoeJrhMdWBRRoGuxBSxGTYBNHBOMYyNJCHTRsQjGNyMcdn_e-aZ779gcqUHld_f3ga2mSaSSPcha9L8fp6gs1Lfaynhe4eQ6Ay9jthbpUoAsp0-iCv9J1zWhVTXLtQif7xc7DTRF_-UsYTnL22WuzCsps-JHC7XQbrdr7wtpL8W2HebKkqlEMpHLqpyCS_ZpUQqSi7isNs3N_0n4lSgUdX9GrfV9m4GJS5Dt9_yr0QVBzOzWd8vXT_P7psGpGP8E_dN2X_bvXdsvBva48N9_R86-GOAbDPbEPzIQRCaEycZOFhfeNun81_K8liffDYH9bla1NE-O_sNIoGGGg!/dz/d5/L2dBISevZ0FBIS9nQSEh/

Balancos Patrimoniais. Informações Seguras Para Seu Negócio. (2024). Balancos Patrimoniais.com.br Disponível em: <https://www.balancos.com.br/home/busca>. (recuperado em 20 de janeiro de 2024).

Barreto, E., & Alencastro, C. (2016, 12 de setembro). Brasil ratifica Acordo de Paris para reduzir emissões de gases-estufa. O Globo. Disponível em <https://oglobo.globo.com/brasil/sustentabilidade/brasil-ratifica-acordo-de-paris-para-reduzir-emissoes-de-gases-estufa-20093780>.

- Basso, R., Bertagnolli, D., & Santos, L. (2017). Análise econômico-financeira mediante geração e comercialização de créditos de carbono. *Ambiente & Sociedade*, 20(1), 8-15. Disponível em <https://periodicos.ufrn.br/ambiente/article/view/10091/8607>.
- Bauer, R., & Hann, D. (2010). Corporate Environmental Management and Credit Risk. Working paper. Disponível em SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1660470>.
- Barros, G.S.C. (2023). A Polêmica Sobre a Taxa de Juros no Brasil. CEPEA. Disponível em [https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_TAXA%20DE%20JUROS\(1\).pdf](https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_TAXA%20DE%20JUROS(1).pdf).
- Bharath, S. T., Sunder, J., & Sunder, S. V. (2008). Accounting quality and debt contracting. *The Accounting Review*, 83(1), 1–28. Doi: <https://doi.org/10.2308/accr.2008.83.1.1>
- Bonsucro. (2023). Bonsucro.com. <https://bonsucro.com/certified-members-3/>. (recuperado em 29 de novembro de 2023).
- Branger, F., & Quirion, P. (2014). Climate policy and the ‘carbon haven’ effect. *WIREs Clim Change*, 5, 53–71. Disponível em <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/wcc.245>.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Gabinete do Ministro. (2022). Portaria Normativa Nº 56 de 21 de dezembro de 2022. Brasília, 2022. Disponível em: <file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/Portaria%20Normativa%20n%2056-GM-MME-2022.pdf>.
- BRASIL. Serviços e Informações do Brasil. (2020). Fontes de Energia Renováveis representam 83% da matriz elétrica brasileira. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2020/01/fontes-de-energia-renovaveis-representam-83-da-matriz-eletrica-brasileira>
- Bui, B., Moses, O., & Houque. (2019). Carbon Disclosure, emission intensity and cost of equity capital: Multi-Country Evidence. Doi: [10.1111/acfi.12492](https://doi.org/10.1111/acfi.12492)
- B3.com.br: A Bolsa de Valores. (Data desconhecida). Crédito de Descarbonização (CBIO). Disponível em: <file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/Lamina-CBIO-1.pdf>.
- Câmara dos Deputados. (2023). Câmara Aprova Projeto que Regulamenta o Mercado de Carbono no Brasil. Disponível em < <https://www.camara.leg.br/noticias/1029046-camara-aprova-projeto-que-regulamenta-o-mercado-de-carbono-no-brasil-acompanhe/>>.
- Camia, A., Giuntoli, J., Jonsson, R., Robert, N., Cazzaniga, N.E., Jasinevicius, G., et al. (2021). The Use of Woody Biomass for Energy Production in the EU. Ispra: Joint Research Centre. Doi: <https://doi.org/10.2760/831621>.
- Caragnano, A., Mariani, M., Pizzutilo, F., & Zit, M. (2020). Is it worth reducing GHG emissions? Exploring the effect on the cost of debt financing. *Journal of Environmental Management*, 270, 110860. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110860>
- Carlos, C. F., Meneses, L. L. ESG scores and debt costs: Exploring indebtedness, agency costs, and financial system impact, *International Review of Financial Analysis*, Volume 94, 2024, 103240, ISSN 1057-5219. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2024.103240>

- Clark, G. L., Feiner, A., & Viehs, M. (2015). From the stockholder to the stakeholder: How sustainability can drive financial outperformance. *Journal of Business Ethics*, 127(1), 79-90. Doi: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2508281>.
- Clarkson, P.M., Li, Y., Pinnuck, M., & Richardson, G. (2014). The Valuation Relevance of Greenhouse Gas Emissions under the European Union Carbon Emissions Trading Scheme. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09638180.2014.927782>.
- Chapple, L., Clarkson, PM, & Gold, DL. (2013). O custo do carbono: efeitos no mercado de capitais do esquema de comércio de proposto. *Abacus*, 49(1), 1–33. <https://doi.org/10.1111/abac.12006>.
- Chen, L. H., & Gao, L. S. (2012). The pricing of climate risk. *Journal of Financial and Economic Practice*, 12(2), 115–131. Doi: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1940727>
- COHEN, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Connors, E., & Silva-Gao, L. (2008). The impact of environmental risk on the cost of equity capital: evidence from the toxic release inventory. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228785898_The_impact_of_environmental_risk_on_the_cost_of_equity_capital_evidence_from_the_toxic_release_inventory.
- Creutzig, F., Ravindranath, N.H., Berndes, G., Bolwig, S., Bright, R., Cherubini, F., Chum, H., Corbera, E., Delucchi, M., Faaij, A., Fargione, J., Haberl, H., Heath, G., Lucon, O., Plevin, R., Popp, A., Robledo-Abad, C., Rose, S., Smith, P., Stromman, A., Suh, S. and Masera, O. (2015), Bioenergy and climate change mitigation: an assessment. *GCB Bioenergy*, 7: 916-944. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12205>.
- Datt, R., Luo, L., Tang, Q., & Mallik, G. (2018). An International Study of Determinants of Voluntary Carbon Assurance. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327047399_An_International_Study_of_Determinants_of_Voluntary_Carbon_Assurance.
- Ding, X., Appolloni, A., Shahzad, M. (2022). Environmental Administrative penalty, corporate environmental disclosures and the cost of debt. *Journal of Cleaner Production*, vol 332. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129919>
- Dos Santos, F. H., Sampaio, M. A., Mesquita, F., Pereira, M. F. V. (2022). Crise do setor sucroenergético no Brasil e a vulnerabilidade territorial dos municípios canavieiros. *EURE (Santiago)*, 48(145), 1-26. <https://dx.doi.org/10.7764/eure.48.145.02>
- Dhaliwal, D. S., Li, O. Z., Tsang, A., & Yang, Y. G. (2011). Voluntary Nonfinancial Disclosure and the Cost of Equity Capital: The Initiation of Corporate Social Responsibility Reporting. *The Accounting Review*, 86(1), 59–100. <http://www.jstor.org/stable/29780225>.
- Eltayyeb, Al., Afzalur, R., Syed, S., & Uden, S. (2023). Corporate carbon performance and cost of debt: Evidence from Asia-Pacific countries. *International Review of Financial Analysis*, 88, 102641. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2023.102641>.
- Epe.gov.br: Empresa de Pesquisa Energética. (2023). Análise de Conjuntura dos biocombustíveis – Ano 2022. Nota Técnica. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-756/NT-EPE-DPG-SDB-2023-01_Analise_de_Conjuntura_dos_Biocombustiveis_Ano2022.pdf

- Farrel, A. E., Sperling, D., Arons, S. M., Brandt, A. R., Delucci, M. A., Eggert, A., Farrell, A. E., Haya, B. K., Hughes, J., Jenkins, B. M., Jones, A. D., Kammen, D. M., Kaffka, S. R., Knittel, C. R., Lemoine, D. M., Martin, E. W., Melaina, M. W., Ogden, J. M., Plevin, R. J., Sperling, D., Turner, B. T., Williams, R. B., Yang, C. (2007). A Low-Carbon Fuel Standard for California Part 1: Technical Analysis. Transportation Sustainability Research Center. Disponível em: <https://escholarship.org/uc/item/8zm8d3wj>
- Fávero, L. P., Belfiore, P., Silva, F. L., & Chan, B. L. (2009). Análise de Dados: modelagem multivariada para tomada de decisões. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Fávero, L. P. (2013). Panel data in accounting and finance: theory and application. *Brazilian Business Review*, 10(1), 131-156. Doi: <https://doi.org/10.15728/bbr.2013.10.1.6>
- Forte, R. & Tavares, J. (2019). The relationship between debt and a firm's performance: the impact of institutional factors. *Managerial Finance*. ahead-of-print. 10.1108/MF-04-2018-0169.
- Fridahl, M., Bellamy, R., Hansson, A., & Haikola, S. (2020). Mapping multi-level policy incentives for bioenergy with carbon capture and storage in Sweden. *Frontiers in Climate*, 2, 604787. Doi: <https://doi.org/10.3389/fclim.2020.604787>.
- Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Bakker, D. C. E., Hauck, J., Landschützer, P., Le Quéré, C., Luijkx, I. T., Peters, G. P., Peters, W., Pongratz, J., Schwingshackl, C., Sitch, S., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Alin, S. R., Anthoni, P., Barbero, L., Bates, N. R., Becker, M., Bellouin, N., Decharme, B., Bopp, L., Brasika, I. B. M., Cadule, P., Chamberlain, M. A., Chandra, N., Chau, T.-T.-T., Chevallier, F., Chini, L. P., Cronin, M., Dou, X., Enyo, K., Evans, W., Falk, S., Feely, R. A., Feng, L., Ford, D. J., Gasser, T., Ghattas, J., Gkritzalis, T., Grassi, G., Gregor, L., Gruber, N., Gürses, Ö., Harris, I., Hefner, M., Heinke, J., Houghton, R. A., Hurtt, G. C., Iida, Y., Ilyina, T., Jacobson, A. R., Jain, A., Jarníková, T., Jersild, A., Jiang, F., Jin, Z., Joos, F., Kato, E., Keeling, R. F., Kennedy, D., Klein Goldewijk, K., Knauer, J., Korsbakken, J. I., Körtzinger, A., Lan, X., Lefèvre, N., Li, H., Liu, J., Liu, Z., Ma, L., Marland, G., Mayot, N., McGuire, P. C., McKinley, G. A., Meyer, G., Morgan, E. J., Munro, D. R., Nakaoka, S.-I., Niwa, Y., O'Brien, K. M., Olsen, A., Omar, A. M., Ono, T., Paulsen, M., Pierrot, D., Pockock, K., Poulter, B., Powis, C. M., Rehder, G., Resplandy, L., Robertson, E., Rödenbeck, C., Rosan, T. M., Schwinger, J., Séférian, R., Smallman, T. L., Smith, S. M., Sospedra-Alfonso, R., Sun, Q., Sutton, A. J., Sweeney, C., Takao, S., Tans, P. P., Tian, H., Tilbrook, B., Tsujino, H., Tubiello, F., van der Werf, G. R., van Ooijen, E., Wanninkhof, R., Watanabe, M., Wimart-Rousseau, C., Yang, D., Yang, X., Yuan, W., Yue, X., Zaehle, S., Zeng, J., and Zheng, B.: Global Carbon Budget 2023, *Earth Syst. Sci. Data*, 15, 5301–5369, <https://doi.org/10.5194/essd-15-5301-2023>, 2023
- Galesne, A., Fensterseifer, J. E., & LAMB, R. (1999). Decisões de Investimentos da Empresa. São Paulo: Atlas.
- Giarolla, A., Giatti, L., & Lazaro, L.L.B. (2019). Sustainability and governance of sugarcane ethanol companies in Brazil: Topic modeling analysis of CSR reporting. *Journal Of Cleaner Production*. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.212>.
- Gimede, G., & Davide, M. (2022). The ESG effect on the cost of debt financing: A sharp RD analysis. *International Review of Financial Analysis*, 84, 102382. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2022.102382>.

- Goss, A., & Roberts, G. S. (2011). The impact of corporate social responsibility on the cost of bank loans. *Journal of Banking & Finance*, 35, 1794–1810. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2010.12.002>.
- Guiducci, R., Molinari, H. B. C., Pacheco, T. F., Kobayashi, A. (2020). Avaliação de impacto ex ante da adoção do ativo tecnológico Cana Flex para produção de etanol de segunda geração. *Caderno de Ciência & Tecnologia* 38(3). Doi: [10.35977/0104-1096.cct2021.v38.26882](https://doi.org/10.35977/0104-1096.cct2021.v38.26882).
- Gray, P., Koh, P. S., & Tong, Y. H. (2009). Accruals quality, information risk and cost of capital: Evidence from Australia. *Journal of Business Finance and Accounting*, 36, 51–72. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1468-5957.2008.02118.x>
- Griffin, P. A., Lont, D. H., Sun, E. Y. (2017). The Relevance to Investors of Greenhouse Gas Emission Disclosures. Doi: <https://doi.org/10.1111/1911-3846.12298>
- Heinkel, R., Kraus, A., Zechner, J. (2001). The Effect of Green Investment on Corporate Behavior. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*. Vol.36, 431-449. Doi: <https://doi.org/10.2307/2676219>
- Hoffman, A. J. (2005). Climate Change Strategy: The Business Logic behind Voluntary Greenhouse Gas Reduction. *California Review Management*, 47(3), 21-45. Doi: [10.2307/41166305](https://doi.org/10.2307/41166305).
- Hsiao, C. (2005). Why Paineil Data? *The Singapore Economic Review*. Vol. 50, No. 02, pp. 143-154. Doi: <https://doi.org/10.1142/S0217590805001937>
- Imprensa Nacional.gov.br. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-419-de-20-de-novembro-de-2019-228863910>.
- International Carbon Action Partnership (ICAP). China National ETS. Disponível em: https://icapcarbonaction.com/system/files/ets_pdfs/icap-etsmap-factsheet-55.pdf.
- International Carbon Action Partnership (ICAP). China National ETS. Disponível em: https://icapcarbonaction.com/system/files/ets_pdfs/icap-etsmap-factsheet-47.pdf.
- Instituto Assaf. (Data desconhecida). Análise Conceitual do Custo de Capital. Disponível em: <https://institutoassaf.com.br/2019/03/26/analise-conceitual-do-custo-de-capital/>.
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. (2018). RenovaBio. Disponível em https://catalogo.ipea.gov.br/uploads/276_1.pdf.
- International Integrated Reporting Council. A estrutura internacional para relato integrado. Disponível em: <https://integratedreporting.ifrs.org/wp-content/uploads/2015/03/13-12-08-THE-INTERNATIONAL-IR-FRAMEWORK-Portugese-final-1.pdf>.
- Jardim, M.R., Sales, H.L., Batista, A.T.N., Penha, R.S., (2019). A Influência da alavancagem financeira na rentabilidade dos investidores em empresas brasileiras. *Revista Foco*, v. 12, n. 2, p. 68-87, mar./jun. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/48621/2/A%20influ%C3%Aancia%20da%20alavancagem%20financeira%20na%20rentabilidade%20dos%20investidores%20em%20empresas%20brasileiras.pdf>.

- Jeffrey, C., & Perkins, J. D. (2015). The association between energy taxation, participation in an emissions trading system, and the intensity of carbon dioxide emissions in the European Union. *The International Journal of Accounting*, 50, 397–417. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.intacc.2015.10.004>.
- Jung, J., Herbohn, K., & Clarkson, P. (2016). Carbon risk, carbon risk awareness and the cost of debt financing. *Journal of Business Ethics*, 150(4), 1151–1171. <https://doi.org/10.1007/s10551-016-3207-6>.
- 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. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.006>.
- Lade, G. E., & Lin Lawell, C. Y. C. (2015). The design and economics of low carbon fuel standards. *Research in Transportation Economics*, 52, 91-99. <http://dx.doi.org/10.1016/j.retrec.2015.10.009>
- Li, Y, Eddie, I, & Liu, J. (2014). Carbon emissions and the cost of capital: Australian evidence. *Review of Accounting and Finance*. Doi: <https://doi.org/10.1108/RAF-08-2012-0074>.
- Lima, I.C.M. (2020). *Perspectivas e Propostas Para a Expansão do Biogás no Brasil: Uma análise de Políticas Públicas*. Dissertação de Mestrado, UFRJ. Disponível em <https://www.ppe.ufrj.br/images/IsabelaLima- Mestrado.pdf>.
- Long, Z., Axsen, J., Kitt, S. (2020). Public Support for Supply-focused transport policies: Vehicle emissions, low-carbon fuels, and ZEV sales standards in Canada and California. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol 141, pg 98-115. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.08.008>
- Martins, J. P., Monte-mor, D. S., Nossa, S. N., & Nossa, V. (2019). RESPONSABILIDADE AMBIENTAL, CUSTO DE CAPITAL, RISCO E ENDIVIDAMENTO. *Advances in Scientific and Applied Accounting*, 1(2), 124–146. Doi: [10.14392/ASAA.2019120207](https://doi.org/10.14392/ASAA.2019120207)
- Matsumura, E. M., Munhoz, S. V., Prakash, R. (2014). Firm-Value Effects of Carbon Emissions And Carbon Disclosure. *The Accounting Review* 89(2):695-724. Doi: [10.2308/accr-50629](https://doi.org/10.2308/accr-50629).
- Matsuura, M. I. S. F., Seabra, J. E. A., Chagas, M. F., Scachetti, M. T., Morandi, A. B. M., Moreira, M. M. R., Novaes, R. M. L. N., Ramos, N. P., Cavalett, O., Bonomi, A. (2018). *Renovacalc: A Calculadora do Programa Renovabio*. Congresso Brasileiro sobre Gestão do Ciclo de Vida. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/196899/1/Marilia-renovacalc.pdf>.
- Mendes, I. O., Frega, J. R., Silva, W.V. (2014). Fatores Determinantes Para Definição de Modelos de Previsão de Insolvência: Uma Revisão de Paradigma. *Escola de Negócios*. Disponível em: <file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/2208-Texto%20do%20artigo-8745-1-10-20170221-8.pdf>.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. 2017. Nota explicativa sobre a proposta de criação da Política Nacional de Biocombustíveis. Disponível em: <https://antigo.mme.gov.br/documents/36224/460049/RenovaBio+-+Nota+Explicativa.pdf/08c6adbe-afea-5456-514e-e2bc9b6a30d0?version=1.0>

- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. (21 de dezembro de 2022). Imprensa nacional. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-normativa-n-56/gm/mme-de-21-de-dezembro-de-2022-452754677>
- Nações Unidas Brasil. (2015). Acordo de Paris sobre o Clima. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/88191-acordo-de-paris-sobre-o-clima> (recuperado em 10 de janeiro de 2021).
- Oliveira, F. (2022). Produção Brasileira de Etanol caiu em 2021. Combustível. Disponível em: <https://www.sustenare.com.br/producao-brasileira-de-etanol-caiu-em-2021/>.
- Oliveria, V.M.C. (2023). Avaliação do RenovaBio como indutor da eficiência energética ambiental no processo produtivo do etanol. [Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo]. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11153/tde-03082023-102916/publico/Veronica_Martins_Costa_de_Oliveira_versao_revisada.pdf.
- Orsato, R. J., Campos, J. G. F., Barakat, S. R., Nicolletti, M., & Monzoni, M. (2014). Why join a carbon club? A study of the banks participating in the Brazilian “Business for Climate Platform. *Journal of Cleaner Production*, 96, 387-396. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.007>.
- Peri, M., & Gianfrate, G. (2019). The Green Advantage: Exploring The Convenience Of Issuing Green Bonds. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.022>
- Planalto.gov.br. (n.d.). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9888.htm.
- Picheta, R. (2021, Out 25). Níveis atuais de CO₂ na atmosfera colocam o mundo muito longe das metas climáticas. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/niveis-atuais-de-co2-na-atmosfera-colocam-o-mundo-muito-longo-de-metas-climaticas/>.
- Plumlee, M., Brown, D., Hayes, R. M., Marshall, R. S., (2015). Voluntary environmental disclosure quality and firm value: Further evidence, *Journal of Accounting and Public Policy*, Volume 34, Issue 4, 2015, Pages 336-361, ISSN 0278-4254. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaccpubpol.2015.04.004>.
- Pwc.com.br (2023). PricewaterhouseCoopers – Global. Disponível em: https://www.pwc.com.br/pt/publicacoes/auditoria/2023/issb_2023.pdf (recuperado em 21 de março de 2024).
- Qontigo. (2024). Stoxx Europe 600. Disponível em <https://qontigo.com/index/sxxp/>. (recuperado em 10 de março de 2024).
- Sanvicente, A. & Minardi, A. (1998). Identificação de indicadores contábeis significativos para previsão de concordata de empresas. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/5104691_Identificacao_de_indicadores_contabeis_s_ignificativos_para_previsao_de_concordata_de_empresas.
- Sanchez, D. L., Fingerman, K., Herbert, C., & Uden, S. (2021). Policy Options for Deep Decarbonization and Wood Utilization in California's Low Carbon Fuel Standard. *Front. Clim.*, 3, 665778. <https://doi.org/10.3389/fclim.2021.665778>.

- Santos, S. F. (2012). O Risco na Análise de Investimentos (Master's thesis, Universidade Portucalense). Disponível em: <https://repositorio.upt.pt/entities/publication/7781739a-315f-44a9-bd9c-bb1c11c0c240/full>.
- Seuring, S., Gold, S. (2013). Sustainability management beyond corporate boundaries: from stakeholders to performance. *Journal of Cleaner Production* 56:1-6. Doi: [10.1016/j.jclepro.2012.11.033](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.033)
- Schenuit, F., Colvin, R., Fridahl, M., McMullin, B., Reisinger, A., Sanchez, D., Smith, S., Torvanger, A., Wreford, A., & Geden, O. (2021). Carbon Dioxide Removal Policy in the Making: Assessing Developments in 9 OECD Cases. <https://doi.org/10.3389/fclim.2021.638805>
- Schneider, T. B. (2011). Is environmental performance a determinant of bond pricing? Evidence from the U.S. pulp and paper and hemical industries. *Contemporary Accounting Research*, 28(5),1537–1561. Doi: [10.1111/j.1911-3846.2010.01064.x](https://doi.org/10.1111/j.1911-3846.2010.01064.x)
- Schnorrenberger, A. (2008). Decisões de endividamento e risco financeiro nas companhias brasileiras do agronegócio listadas na Bovespa (Doctoral dissertation, Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/12748>.
- Schopp, A., Acworth, W., Huppmann, D., Neuhoff, K. Modelling a Market Stability Reserve in Carbon Markets (2015). DIW Berlin Discussion Paper No. 1483. Doi:[http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2616333](https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2616333)
- SGS Sustentabilidade. (n.d.). Disponível em: <https://sgssustentabilidade.com.br/2018/02/05/o-que-e-e-para-que-serve-a-certificacao-bonsucro/>.
- Shad MK, Lai FW, Shamim A, McShane M. The efficacy of sustainability reporting towards cost of debt and equity reduction. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2020 Jun;27(18):22511-22522. doi: 10.1007/s11356-020-08398-9
- Sharfman, M. P., Fernando, C.S. (2008). Environmental risk management and the cost of capital. *Strategic Management Journal*. Doi: <https://doi.org/10.1002/smj.678>
- Shen, W. (2015). Chinese business at the dawn of its domestic emissions trading scheme: incentives and barriers to participation in carbon trading. *Climate Policy*, 15(3), 339-354. <https://doi.org/10.1080/14693062.2014.926263>.
- Siegel, S. (1975). Estatística não-paramétrica: para as ciências do comportamento. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil.
- Silva, A. A., Ferreira, D., & Botelho, M. (2016). Determinantes do endividamento na indústria sucroenergética brasileira; Análise a partir de teorias de estrutura de capital. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, 18(2), 140-153. Disponível em: <https://www.revista.dae.ufla.br/index.php/ora/article/view/962>.
- Silva, R. M., R., Batalha, M., & Carrer, M. (2022). Análise dos Direcionadores da Nota de Eficiência das Usinas de Açúcar e Alcool no RenovaBio. Disponível em www.even3.com.br/Anais/sober2022/472450-ANALISE-DOS-DIRECIONADORES-DA-NOTA-DE-EFICIENCIA-DAS-USINAS-DE-ACUCAR-E-ALCOOL-NO-RENOVABIO.

- Siwela, W., Ngwakwe, C. C. (2024). Effect of Corporate Environmental Performance on Banks' Loan Pricing. *International Journal Of Economics and Financial Issues*. Doi : <https://doi.org/10.32479/ijefi.15865>
- Soares, C. S., Marin, L. O., Degenhart, L., Kruger, C. (2021). Aplicação de Modelos de Previsão de Insolvência nas empresas do setor aéreo Brasileiro. *Revista Contabilidade e Controladoria*, Doi:<http://dx.doi.org/10.5380/rcc.v13i2.78031>.
- Sozinho, D. W. F., Gallardo, A. L. C. F., Duarte, C. G., Ramos, H. R., & Ruiz, M. S. (2018). Towards strengthening sustainability instruments in the Brazilian sugarcane ethanol sector. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.261>.
- International Integrated Reporting Council. A estrutura internacional para relato integrado. Disponível em: <https://integratedreporting.ifrs.org/wp-content/uploads/2015/03/13-12-08-THE-INTERNATIONAL-IR-FRAMEWORK-Portugese-final-1.pdf>.
- Triola, M. F. (2005). Introdução à estatística. Rio de Janeiro: LTC
- Ubrabio.com.br (2020). União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene. Relatório anual de atividades. Disponível em: https://ubrablo.com.br/wp-content/uploads/2022/02/Relatorio-Anual-2020_Ubrabio.pdf (recuperado em 20 de fevereiro de 2023)
- Valor Pró. (2024). Valorpro.globo.com. Disponível em: <https://valorpro.globo.com/#/>. (recuperado em 20 de janeiro de 2024).
- Wang, G.; Bai, J.; Xing, J.; Shen, J.; Dan, E.; Zheng, X.; Zhang, L.; Liu, P.; Feng, R. Operational Efficiency and Debt Cost: The Mediating Effect of Carbon Information Disclosure in Chinese Listed Companies. *Sustainability* 2023, *15*, 1512. <https://doi.org/10.3390/su15021512>
- World Bank. (2019). State and Trends of Carbon Pricing 2019. Washington, DC. Disponível em: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/191801559846379845/pdf/State-and-Trends-of-Carbon-Pricing-2019.pdf> (recuperado em 24 de maio de 2023).
- Wu, Y. (2024). The Impact of Corporate ESG Performance on Debt Financing Costs. *Transactions on Economics, Business and Management Research*. 6. 213-227. Doi: [10.62051/cz0tk269](https://doi.org/10.62051/cz0tk269)
- Xiaoran Ni, Qi Jin, & Kunhao Huan. (2022). Environmental regulation and the cost of debt: Evidence from the carbon emission trading system pilot in China. *Finance Research Letters*, 49, 103134. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103134>.
- Yeh, S., Witcover, J., Lade, G. E., Sperling, D. (2016). A Review of low carbon fuel policies: Principles, program status and future directions. *Energy Policy*. Vol 97, 220-234. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.07.029>
- Zang, Y., & Tang, D. Y. (2020). Do Shareholders Benefit From Green Bonds. *Journal of Corporate Finance*. <https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2018.12.001> .
- Zhang, D. (2021). How environmental performance affects firms' access to credit: Evidence from EU countries. *Journal of Cleaner Production*, vol. 315. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128294>.

Zhiwei Y., Yasir S., Yasir R., & Collins G. Ntim. (2023). Strategic deviation and the cost of debt financing. *Economic Modelling*, 125, 106371. ISSN 0264-9993. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2023.106371>.

Apêndice A: Correlações Completas

Tabela 34

Tabela(34) Resultados da Correlação de Pearson (Stata)

	Nota	Lev	Roi	CO D	Txj	Zcolop	Zco	Age	Tang	Tam	Endi vl
Nota	1	0,03	-0,09	-0,07	-0,06	0,21	0,20	0,02	-0,22	0,16	-0,06
Lev	0,03	1	-0,04	-0,12	-0,05	0,09	0,01	0,00	0,20	0,12	0,58
Roi	-0,09	-0,04	1	-0,09	-0,26	0,00	0,00	-0,09	0,02	-0,21	0,09
COD	-0,07	-0,12	-0,09	1	-0,03	-0,04	-0,07	0,05	0,02	-0,09	0,00
Txj	-0,06	-0,05	-0,26	-0,03	1	-0,07	-0,07	0,01	-0,05	0,25	0,03
Zcolop	0,21	0,09	0,00	-0,04	-0,07	1	0,99	-0,01	-0,10	0,01	-0,08
Zco	0,20	0,01	0,00	-0,07	-0,07	0,99	1	-0,02	-0,12	0,02	-0,13
Age	0,02	0,00	-0,09	0,05	0,01	-0,01	-0,02	1	0,17	0,31	0,06
Tang	-0,22	0,20	0,02	0,02	-0,05	-0,10	-0,12	0,17	1	-0,16	0,27
Tam	0,16	0,12	-0,21	-0,09	0,25	0,01	0,02	0,31	-0,16	1	0,12
Endivl	-0,06	0,58	0,09	0,00	0,03	-0,08	-0,13	0,06	0,27	0,12	1

Nota: nível de significância de 95% para toda a amostra.

Apêndice B: Lista de Empresas com a Certificação BONSUCRO

Tabela 35

Tabela(35) Lista de Empresas certificadas BONSUCRO

SÃO MARTINHO	Jalles Machado	Guariroba	Usina Barralcool	Usinas Itamarati	Adecoagro
Vertente	Usina Açucareira São Manoel	Sonora Estância	Usina Santa Adélia	Vale do Tijuco	Canápolis
Lins	Bunge Bionergia	Raízen	Usina Serra Grande	Vale do Pontal	Bioenergética Vale do Paracatú
Monte Alegre	Alta Mogiana	Vale Do Paracatú	Quatá	Usina Santo Antônio	Usina São Luiz
USJ	Usina Frutal	Cofco	Aroeira	Central Olho d'agua	Nardini
Usina Coruripe	Usina Uberaba	Usina São José	Usina Trapiche	Usina Petribu	Tereos
Usina Alto Alegre	Itapagipe	Delta Sucroenergia	Bunge Alimentos	Conquista do Pontal	Biosev

Apêndice C: 7.3 Regressão dados em Painel modelo de efeitos fixos

Tabela 36

Tabela(36) Resultados da regressão em painel modelo de efeitos fixos

COD		
Variável	COEFICIENTE	Sinais Esperados
RENOVABIO	0,0453	(-)
BONSUCRO		(-/+)
BIOCOMB		(-/+)
TAM	-1,3546	(-)
ENDIV(L)	-1,1326	(+)
ZSCORE(LOP)	0,2918	Se >0 (+); Se <0 (-)
ROI	-0,04876	(-/+)
TANG	-3,3548	(-)
AGE	0,9704	(+)
TAXA DE JUROS	0,07713**	(+)
F(8, 69)		3,13
Estatística F		0,0045**

Nota: Os coeficientes foram estimados após a transformação Box-Cox ser utilizada na variável dependente COD. Os coeficientes foram estimados, após a realização dos testes de Chow, Bresch and Pagan e Hausman. Os resultados de cada um dos testes foram: Chow; Prob F = 0,0000, portanto prob F < 0,05, rejeita-se H₀, portanto o modelo de efeitos fixos é mais adequado do que o modelo Pooled. Teste Bresch and Pagan; Prob F = 0,000, portanto rejeita-se H₀, portanto o modelo de efeito aleatório é mais adequado que o modelo de efeito Pooled. Teste de Hausman, Prob F = 0,0910, portanto prob F > 0,05, não rejeita-se H₀, portanto o modelo de efeitos aleatórios é mais adequado que o modelo de efeitos fixos. Em seguida, foi aplicado o teste de heterocedasticidade Wald Test no modelo de efeitos fixos, com Prob F = 0,0000, portanto prob F < 0,05, permitindo concluir que existe heterocedasticidade. Na sequência foi realizada a regressão dos dados com correção de erros de heterocedasticidade, tanto para o modelo de efeitos fixos, quando para o modelo de efeitos aleatórios. Finalmente, foi aplicado o teste de TOR, com resultado Prob F = 0,1260, portanto Prob F > 0,05, permitindo não rejeitar H₀, o que indica que o modelo de efeitos aleatórios corrigidos é melhor.

As variáveis *dummies* BIOCMB e BONSUCRO foram omitidas por colineariedade

***, **, *, indicam significância estatística de nível 1%, 5% e 10%, respectivamente

Apêndice D: Lista de empresas da amostra que possuem financiamento BNDES

RenovaBio

Tabela (37) Empresas pertencentes à amostra que possuem financiamento ativo no BNDES RenovaBio

Usina Santa Adélia	São Manoel	Usina Batatais	Usina Caete	Usina santa Fé
Usina São Domingos	Usina Itamaratí	Usina Coruripe	Açucareira Quatá	FS Agrosolutions
Alcoeste	Ferrari Agroindústria	Agropéu		

Apêndice E: Resultado dos testes realizados nos modelos *cross-section* em todos os anos safra após a transformação Box-Cox

Tabela (38) Testes dos Modelos *Cross-section* após Box-Cox

Testes	Cross-sec 20/21	Cross-sec 21/22	Cross-sec 22/23
VIF	1,63	1,61	*
Breusch – Pagan	0,6162	0,5767	*
Durbin - Watson	1,0682	1,2110	*

Nota: *, representa que não foi possível realizar os testes, pois a transformação Box-Cox não pode ser realizada, pois a amostra é muito pequena para o ano safra de 22/23, portanto não foi possível fazer a correção dos erros da amostra no ano safra em questão

Apêndice F: Resultado dos testes realizados no modelo de dados em painel após a transformação Box-Cox

Tabela(39) Testes do Modelo dados em painel após Box-Cox

Testes	Modelo dados em painel
Chow	0,000
Breusch – Pagan	0,000
Hausman	0,09
Wald Test	0,000
Hausman Robust	0,1260

Nota: Os coeficientes foram estimados após a transformação Box-Cox ser utilizada na variável dependente COD. Os coeficientes foram estimados, após a realização dos testes de Chow, Bresch and Pagan e Hausman. Os resultados de cada um dos testes foram: Chow; Prob F = 0,0000, portanto prob $F < 0,05$, rejeita-se H_0 , portanto o modelo de efeitos fixos é mais adequado do que o modelo Pooled. Teste Bresch and Pagan; Prob F = 0,000, portanto rejeita-se H_0 , portanto o modelo de efeito aleatório é mais adequado que o modelo de efeito Pooled. Teste de Hausman, Prob F = 0,0910, portanto prob $F > 0,05$, não rejeita-se H_0 , portanto o modelo de efeitos aleatórios é mais adequado que o modelo de efeitos fixos. Em seguida, foi aplicado o teste de heterocedasticidade Wald Test no modelo de efeitos fixos, com Prob F = 0,0000, portanto prob $F < 0,05$, permitindo concluir que existe heterocedasticidade. Na sequência foi realizada a regressão dos dados com correção de erros de heterocedasticidade, tanto para o modelo de efeitos fixos, quando para o modelo de efeitos aleatórios. Finalmente, foi aplicado o teste de TOR, com resultado Prob F = 0,1260, portanto Prob $F > 0,05$, permitindo não rejeitar H_0 , o que indica que o modelo de efeitos aleatórios corrigidos é melhor.

Apêndice G: Correlação entre as variáveis dummy Bonsucro e BIOCOMB

Tabela(40) Correlação Bonsucro e BIOCOMB

	Bonsucro
BIOCOMB	0,2337