

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

Mudanças climáticas: Riscos e oportunidades no contexto corporativo das empresas brasileiras de base florestal

Vitória Galinari Tôrres
Magister Scientiae

VIÇOSA - MINAS GERAIS
2025

VITÓRIA GALINARI TÔRRES

Mudanças climáticas: Riscos e oportunidades no contexto corporativo das empresas brasileiras de base florestal

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Laercio A. G. Jacovine

VIÇOSA - MINAS GERAIS
2025

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

Torres, Vitória Galinari, 1999-

T693m
2025 Mudanças climáticas: riscos e oportunidades no contexto corporativo das empresas brasileiras de base florestal / Vitória Galinari Torres. – Viçosa, MG, 2025.

1 dissertação eletrônica (72 f.): il. (algumas color.).

Inclui anexo.

Orientador: Laércio Antônio Gonçalves Jacovine.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Engenharia Florestal, 2025.

Referências bibliográficas: f. 59-69.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.792>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Mudanças climáticas. 2. Indústria madeireira - Brasil - Avaliação de riscos. 3. Sustentabilidade. 4. Governança corporativa . I. Jacovine, Laércio Antônio Gonçalves, 1963-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal. Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal. III. Título.

GFDC adapt. CDD 634.911183

VITÓRIA GALINARI TÔRRES

Mudanças climáticas: Riscos e oportunidades no contexto corporativo das empresas brasileiras de base florestal

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 28 de agosto de 2025.

Assentimento:

Vitória Galinari Tôrres
Autora

Laercio Antonio Goncalves Jacovine
Orientador

Essa dissertação foi assinada digitalmente pela autora em 08/12/2025 às 07:23:15 e pelo orientador em 08/12/2025 às 16:30:49. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **Q1DH.8VEB.HUGX** e clique no botão 'Validar documento'.

AGRADECIMENTOS

Concluir esta dissertação representa o fechamento de um ciclo importante, que só foi possível graças ao apoio e à presença de pessoas queridas ao longo do caminho.

A Deus, pela vida, pelos caminhos abertos e pela força diária para seguir em frente, mesmo nos momentos de incerteza.

À minha família, em especial aos meus pais, Rosilene e Cézar, e aos meus irmãos, por serem minha base e minha maior motivação. O amor e a confiança de vocês me sustentaram em todas as fases dessa jornada.

Ao professor Laércio Jacovine, meu orientador, pela orientação generosa e pela confiança depositada em meu trabalho.

Ao grupo de estudos GEEA, pelas trocas e aprendizados ao longo das reuniões durante o mestrado. A convivência nesse espaço contribuiu muito para o meu amadurecimento acadêmico.

Ao meu namorado, Alexandre, pelo amor, incentivo e companheirismo constante. Sua presença fez toda a diferença para que eu pudesse atravessar esse processo com mais leveza.

Aos amigos que estiveram ao meu lado, celebrando conquistas e oferecendo apoio nos momentos difíceis. Sou grata pelas conversas, pela escuta e por cada gesto de carinho e incentivo.

Ao Departamento de Engenharia Florestal da UFV, pela formação sólida e pelas oportunidades de aprendizado que tanto marcaram minha trajetória.

À CAPES, ao CNPq e à FAPEMIG pela concessão da bolsa de estudos. Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Por fim, a todos que, de alguma maneira, contribuíram com esse processo, meu sincero agradecimento.

RESUMO

TÔRRES, Vitória Galinari, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2025.
Mudanças climáticas: Riscos e oportunidades no contexto corporativo das empresas brasileiras de base florestal. Orientador: Laercio Antonio Goncalves Jacovine.

As mudanças climáticas têm gerado impactos significativos e pressões para que empresas adotem práticas mais sustentáveis e transparentes. Nesse contexto, o relato de riscos e oportunidades climáticas tornou-se essencial, especialmente para empresas de setores vulneráveis e estratégicos, como o florestal. No Brasil, embora haja avanços regulatórios e maior demanda por transparência, o nível de divulgação ainda é limitado. A falta de conhecimento sobre riscos e oportunidades climáticos pode comprometer a resiliência das empresas diante de eventos extremos e outros impactos. Desta forma, objetivou-se com este trabalho analisar os relatos climáticos de empresas brasileiras do setor de base florestal, com foco na identificação dos principais riscos e oportunidades, além da avaliação de métricas, metas, ações de mitigação e adaptação e do grau de maturidade das divulgações. A pesquisa foi conduzida com base em dados públicos disponibilizados por empresas associadas à Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ), por meio de documentos como relatórios de sustentabilidade e respostas ao questionário do Carbon Disclosure Project (CDP), em seus anos mais recentes, 2023 ou 2024. Para padronização de informações, foi utilizando como referência os conceitos trazidos pela Força-Tarefa sobre Divulgações Financeiras Relacionadas ao Clima (TCFD). Os resultados revelam que, embora haja um avanço no reconhecimento dos riscos e oportunidades climáticas, os relatos ainda apresentam baixo grau de integração com a estratégia corporativa, além de lacunas de consistência, detalhamento e alinhamento a frameworks internacionais. A maturidade do reporte climático no setor é, em geral, limitada, refletindo uma abordagem ainda reativa e pouco estruturada. Por fim, entende-se que o fortalecimento da divulgação climática requer a incorporação efetiva do tema à governança das empresas, além de maior articulação entre diagnóstico de riscos e oportunidades, metas e ações de mitigação e adaptação, como caminho para ampliar a resiliência frente à transição para uma economia de baixo carbono.

Palavras-chave: sustentabilidade corporativa; relatos corporativos; maturidade de divulgação climática; governança climática

ABSTRACT

TÔRRES, Vitória Galinari, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2025.
Climate change: Risks and opportunities in the corporate context of Brazilian forest-based companies. Adviser: Laercio Antonio Goncalves Jacovine.

Climate change has generated significant impacts and pressures for companies to adopt more sustainable and transparent practices. In this context, reporting on climate risks and opportunities has become essential, especially for companies in vulnerable and strategic sectors, such as forestry. In Brazil, despite regulatory advances and increased demand for transparency, the level of disclosure remains limited. A lack of knowledge about climate risks and opportunities can compromise companies' resilience to extreme events and other impacts. Therefore, the objective of this study was to analyze the climate reporting of Brazilian companies in the forestry sector, focusing on identifying the main risks and opportunities, as well as assessing metrics, targets, mitigation and adaptation actions, and the degree of disclosure maturity. The research was conducted based on public data provided by companies associated with the Brazilian Tree Industry (IBÁ), including documents such as sustainability reports and responses to the Carbon Disclosure Project (CDP) questionnaire, in their most recent years, 2023 or 2024. To standardize information, the concepts proposed by the Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD) were used as a reference. The results reveal that, although there has been progress in recognizing climate risks and opportunities, reporting still lacks a degree of integration with corporate strategy, as well as gaps in consistency, detail, and alignment with international frameworks. The maturity of climate reporting in the sector is generally limited, reflecting a still reactive and poorly structured approach. Finally, it is understood that strengthening climate disclosure requires the effective incorporation of the topic into corporate governance, as well as greater coordination between risk and opportunity assessments, targets, and mitigation and adaptation actions, as a path to increasing resilience in the face of the transition to a low-carbon economy.

Keywords: corporate sustainability; corporate disclosure; climate disclosure maturity; climate governance

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma metodológico do trabalho.....	16
Figura 2 - Identificação de riscos climáticos pelas empresas de base florestal brasileiras por setor.....	24
Figura 3 - Quantidade de riscos climáticos identificados e total de citações.....	25
Figura 4 - Identificação de oportunidades climáticas pelas empresas de base florestal brasileiras por setor.....	36
Figura 5 - Quantidade de oportunidades climáticas identificadas e total de citações.	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Empresas e setores avaliados no trabalho.....	16
Tabela 2 - Principais categorias de riscos climáticos definidos pelas recomendações da Força-Tarefa sobre Divulgações Financeiras Relacionadas às Mudanças Climáticas.....	18
Tabela 3 - Principais oportunidades climáticas definidas pelas recomendações da Força-Tarefa sobre Divulgações Financeiras Relacionadas às Mudanças Climáticas.	19
Tabela 4 - Matriz de avaliação da maturidade de reporte das empresas.....	23
Tabela 5 - Classificação do nível de maturidade conforme a pontuação total obtida pela empresa.....	24
Tabela 6 - Descrição dos riscos físicos, quantidade de citação pelas empresas, principal impacto associado e setor.....	26
Tabela 7 - Descrição dos riscos de transição, quantidade de citação pelas empresas e setor.....	30
Tabela 8 - Descrição das oportunidades, quantidade de citação pelas empresas e setor.....	38
Tabela 9 - Métricas associadas a gestão de emissões de GEE, número de citação e setor.....	43
Tabela 10 - Outras métricas ambientais relatadas, número de citação e setor.....	45
Tabela 11 - Metas relatadas, número de citação e setor.....	47
Tabela 12 - Medidas de adaptação relatadas, número de citação e setor.....	50
Tabela 13 - Medidas de mitigação relatadas, número de citação e setor.....	54
Tabela 14 - Distribuição das empresas por nível de pontuação em cada critério de maturidade de reporte climático.....	57
Tabela 15 - Classificação das empresas por nível de maturidade de reporte climático e setor.....	59

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACV – Análise de Ciclo de Vida

CBAM – *Carbon Border Adjustment Mechanism*

CDP – *Carbon Disclosure Project*

COP – Conferência das Partes

CVM – Comissão de Valores Mobiliários

ESG – *Environmental, Social, and Governance*

FLAG – *Forests, Land, and Agriculture*

GEE – Gás de Efeito Estufa

GRI – *Global Reporting Initiative*

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores

IFRS – *International Financial Reporting Standards*

ISSB – *International Sustainability Standards Board*

P&DI – Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

RECs – Certificados de Energia Renovável

SASB – *Sustainability Accounting Standards Board*

SBCE – Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa

SbN – Soluções baseadas na Natureza

SBT – *Science Based Target*

SBTi – *Science Based Targets Initiative*

TCFD – *Task Force on Climate-related Financial Disclosures*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVO	14
2.1. Objetivo Geral.....	14
2.2. Objetivos Específicos	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1. Seleção das empresas.....	14
3.2. Coleta e análise de dados	15
3.3. Padronização dos riscos e oportunidades.....	16
3.3.1. Riscos	17
3.3.2. Oportunidades	18
3.4. Padronização das métricas e metas	19
3.5. Medidas de adaptação e mitigação.....	20
3.6. Maturidade de reporte	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1. Riscos	24
4.1.1. Riscos físicos.....	25
4.1.2. Riscos de transição.....	27
4.2. Oportunidades	32
4.3. Métricas	41
4.4. Metas	47
4.5. Medidas de adaptação	49
4.6. Medidas de mitigação.....	51
4.7. Maturidade de reporte	55
5. CONCLUSÃO.....	60
REFERÊNCIAS.....	62
ANEXO A – Seções do Questionário CDP de Mudanças Climáticas utilizadas ..	73

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas estão sendo agravadas por atividades antrópicas, principalmente pelas emissões de gases de efeito estufa (GEE), além de já terem causado impactos adversos generalizados, com perdas e danos tanto para a natureza quanto para as populações. Projeções do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, em inglês) indicam que, sem reduções significativas nas emissões, a temperatura média global deve atingir 1,5 °C, amplificando riscos complexos e múltiplos com graves consequências para o ambiente e a sociedade (IPCC, 2023).

Nesse cenário, o setor corporativo torna-se um ator-chave na resposta a esses desafios, tanto por sua vulnerabilidade quanto pela sua capacidade de transformação. As mudanças climáticas não representam apenas riscos para operações, ativos e cadeias de valor corporativas (Kouloukou et al., 2023), mas também abrem oportunidades de investimento e financiamento voltadas à redução dessa exposição (IPCC, 2023) e ao fomento de estratégias de inovação e competitividade (Kraetzig et al., 2024). Seus impactos econômicos, sociais e ambientais têm gerado pressão para que empresas e governos adotem práticas mais sustentáveis e transparentes, sobretudo em resposta às demandas de seus *stakeholders* (Cruz et al., 2017).

O relato de informações relacionadas às mudanças climáticas tem sido amplamente demandado pelos *stakeholders* das empresas em geral (Cohen; Kadach; Ormazabal, 2023; Kouloukou et al., 2019a). Tal relato e divulgação são ferramentas essenciais que possibilitam a compreensão dos riscos climáticos enfrentados por uma empresa, permitindo que seus *stakeholders* avaliem com maior precisão sua exposição, estratégias e desempenho, e assim tomem decisões mais bem fundamentadas (Dey et al., 2023), além de favorecerem a identificação das oportunidades e possíveis ações de mitigação e adaptação.

No Brasil, o relato dessas informações pelas empresas é impulsionado principalmente pela Comissão de Valores Mobiliários (CVM) e normas internacionais (Murcia, 2024). A resolução N° 59 da CVM, de 2021, determina que as “empresas listadas”¹ divulguem informações ambientais, sociais e de governança corporativa, além da adoção de práticas voltadas à identificação e gestão de riscos (CVM, 2022). Mais recentemente, a resolução N° 193 da CVM, de 2023, recomenda o uso voluntário

¹ Uma empresa listada na CVM é uma empresa que se submete à regulamentação e fiscalização do órgão, garantindo que suas ações e outras operações financeiras sejam transparentes e que os investidores tenham acesso a informações confiáveis.

das diretrizes do Conselho Internacional de Padrões de Sustentabilidade (ISSB, em inglês) a partir de 2024, e os torna obrigatórios a partir de 2026 (CVM, 2023).

Embora as companhias brasileiras tendam a divulgar informações sobre riscos e oportunidades climáticas, o nível desse tipo de divulgação ainda é relativamente baixo, sendo impulsionado sobretudo por pressões públicas e regulatórias, além da necessidade de melhoria da imagem e reputação da companhia com os seus *stakeholders* (Kouloukoui et al., 2019a). No setor agropecuário, por exemplo, um levantamento realizado por Sardeiro et al., (2022) identificou que apenas 33% das empresas vinculadas à agricultura e pecuária não industrial listadas na Bolsa de Valores Brasileira reportaram riscos climáticos no período de 2016 a 2018. Esse dado evidencia uma lacuna relevante, mesmo em setores altamente expostos aos impactos das mudanças climáticas. De forma semelhante, no setor florestal, ainda há uma carência de estudos voltados para análise desses riscos e oportunidades, mesmo sendo um segmento altamente vulnerável e estratégico no contexto da economia de baixo carbono.

A falta de conhecimento sobre riscos e oportunidades climáticas pode ter consequências significativas para as empresas, dificultando a implementação de estratégias eficazes de gerenciamento e expondo-as a interrupções operacionais causadas por eventos climáticos adversos (Arquint; Berger, 2022). No setor florestal essa lacuna pode aumentar a vulnerabilidade das empresas a impactos como incêndios florestais, pragas, alterações no regime hídrico e outras adversidades, comprometendo sua viabilidade econômica e ambiental.

Adicionalmente, empresas que desconhecem suas vulnerabilidades podem subestimar os riscos associados, reduzindo investimentos em pesquisa e desenvolvimento e, consequentemente, limitando a inovação em tecnologias voltadas para a mitigação climática (Li; Lin; Lin, 2023), além de terem despesas inesperadas relacionadas com medidas de adaptação e conformidade regulatória (Oxford Analytica, 2024).

Dada a importância do tema, surgem os seguintes questionamentos: quais são os principais riscos e oportunidades climáticas das empresas de base florestal brasileiras? Como essas empresas estão relatando os riscos e oportunidades climáticas? Quais mecanismos têm utilizado para relatar? Quais as oportunidades para as empresas de base florestal brasileiras, dado o cenário atual e futuro? Qual o

grau de maturidade do reporte de riscos e oportunidades climáticas das empresas de base florestal no Brasil?

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo Geral

Objetivou-se com este trabalho realizar um levantamento e análise dos relatos de empresas de base florestal brasileiras sobre riscos e oportunidades relacionados às mudanças climáticas.

2.2. Objetivos Específicos

- Descrever os principais riscos e oportunidades climáticas relatadas pelas empresas de base florestal brasileiras;
- Identificar e analisar as métricas e metas estabelecidas, além de ações de mitigação e adaptação implementadas para lidar com os riscos e oportunidades decorrentes das mudanças climáticas;
- Identificar lacunas e avaliar a maturidade do reporte climático pelas empresas de base florestal brasileiras, considerando o nível de detalhamento, consistência e transparência das informações divulgadas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Seleção das empresas

Neste estudo foram consideradas todas as empresas associadas à Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ), entidade responsável pela representação institucional da cadeia produtiva de árvores plantadas no Brasil. A IBÁ contempla toda a cadeia produtiva, desde o cultivo florestal até as etapas industriais, e mantém diálogo com os principais *stakeholders* do setor (IBÁ, 2025).

A IBÁ reúne 59 associados, dos quais 50 são empresas e 9 são associações estaduais, atuantes em segmentos diversos como celulose, papel, painéis de madeira, pisos laminados, florestas energéticas e produção independente de árvores plantadas (IBÁ, 2025). Para fins desta análise, foram consideradas apenas as empresas associadas, cujos setores de atuação englobam papel e celulose, painéis de madeira, siderurgia, gestão de ativos florestais, serviços florestais diversos, produção madeireira e consultorias, majoritariamente voltadas à restauração ambiental.

3.2. Coleta e análise de dados

A coleta de dados foi realizada a partir de documentos e informações disponíveis nos sites institucionais das empresas. Foram analisados, prioritariamente, relatórios corporativos como: Relatórios de Sustentabilidade, Relatórios Integrados, Relatórios ESG, Relatórios Socioambientais e Relatórios de Impacto. Além desses, também foram considerados documentos específicos sobre mudanças climáticas, como Planos de Transição Climática, Planos Estratégicos de Descarbonização e Políticas Corporativas sobre Mudanças Climáticas.

Adicionalmente, foram utilizados os questionários de mudança climática respondidos ao *Carbon Disclosure Project* (CDP), desde que estivessem disponíveis publicamente nos meios de comunicação das empresas, considerando que o banco de dados do CDP não é de acesso livre. As seções do questionário utilizadas foram aquelas que continham informações relacionadas aos objetivos deste trabalho (riscos e oportunidades, métricas e metas, além de medidas de mitigação e adaptação), e estão disponíveis no ANEXO A. Também foi analisado o Formulário de Referência das empresas registradas na Comissão de Valores Mobiliários (CVM). Cabe ressaltar que, para todos os documentos mencionados, foram utilizadas as versões mais recentes disponibilizadas, predominantemente referentes aos anos de 2023 ou 2024.

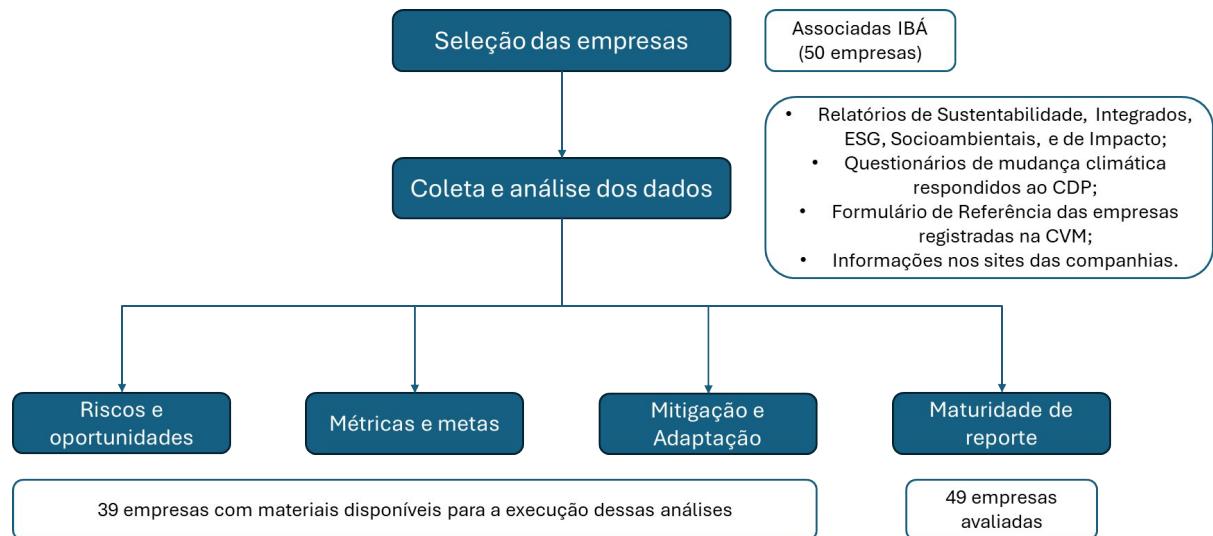
Das 50 empresas inicialmente consideradas, apenas 49 estavam disponíveis para inclusão no estudo, uma vez que uma delas havia sido adquirida por outra associada e não possuía mais site ativo para consulta. Dentre essas 49, 10 não apresentavam em seus sites nenhum relatório ou conteúdo relacionado às mudanças climáticas que pudesse ser analisado, restando, portanto, 39 empresas, que foram incluídas nas análises de riscos e oportunidades, métricas e metas, e medidas de mitigação e adaptação. Já para a análise da maturidade de reporte, como a existência dos documentos também foi um critério avaliado, foram incluídas todas as 49 empresas (Tabela 1). A Figura 1 ilustra as etapas desenvolvidas para a obtenção dos resultados deste trabalho.

Tabela 1 - Empresas e setores avaliados no trabalho.

Número de empresas	Descrição	Setor
25	Blendpaper; BO Paper; Bracell; Cenibra; CMPC; Eldorado Brasil; Forest Paper; Ibema; Irani; Klabin; LD Celulose; MD Papéis; Munksjö; Oji Papéis Especiais; Papirus; Penha; Santa Maria; Santher; Smurfit WestRock; Softys; Sonoco; StoraEnso; Suzano; Sylvamo; Veracel	Celulose e Papel
10	Adami S/A; Gerdau; Lacan; Melhoramentos; Norflor; Plantar; RMS do Brasil; The Forest Company; TRC; TTG Brasil	Outros ¹
9	Arauco; Berneck; Dexco; Eucatex; Flora; Greenplac; Guararapes; Placas do Brasil; Unilin	Painéis de madeira
5	Biomas; Carbon2Nature; Mombak; Regreen; Symbiosis	Restauração

¹ O setor referido como “Outros” inclui produção madeireira, gestão de ativos florestais, siderurgia e empresas com atuação predominante em mais de uma atividade.

Figura 1 - Fluxograma metodológico do trabalho.



3.3. Padronização dos riscos e oportunidades

Com o objetivo de uniformizar a identificação e categorização dos riscos e oportunidades climáticas reportados, foram adotadas as definições propostas pelas recomendações da Força-Tarefa sobre Divulgações Financeiras Relacionadas às

Mudanças Climáticas (TCFD – em inglês), detalhadas nos itens 3.3.1 (Riscos) e 3.3.2 (Oportunidades).

As recomendações da TCFD podem ser adotadas por organizações de diversos setores e jurisdições, e possui foco predominante nos riscos e oportunidades associados à transição para uma economia de baixo carbono (TCFD, 2017). Além disso, o questionário sobre mudanças climáticas do CDP está alinhado às principais recomendações da TCFD sobre divulgações financeiras relacionadas ao clima.

É importante ressaltar que todas as categorias de riscos e oportunidades climáticas identificadas nas análises se enquadram nas definições propostas pela TCFD, não sendo identificados casos adicionais fora desse escopo. As definições a seguir têm como objetivo padronizar a classificação dos tipos de riscos e oportunidades climáticas considerados no estudo, garantindo consistência e comparabilidade entre as respostas analisadas.

3.3.1. Riscos

Os riscos relacionados às mudanças climáticas são divididos em duas categorias principais: riscos físicos – relacionados aos impactos físicos das mudanças climáticas, e riscos de transição – resultantes do processo de transição para a economia de baixo carbono.

Os riscos físicos podem ser classificados em agudos e crônicos. Os riscos físicos agudos referem-se a eventos climáticos extremos de curta duração e alta intensidade, como tempestades, ciclones, enchentes e ondas de calor. Esses eventos podem causar danos imediatos e severos a ativos, operações e cadeias de suprimento. Já os riscos físicos crônicos estão associados a mudanças graduais e persistentes nos padrões climáticos ao longo do tempo, como o aumento contínuo da temperatura média, a elevação do nível do mar ou alterações nos regimes de precipitação.

Já os riscos de transição abrangem mudanças políticas e legais, tecnológicas, de mercado, e até mesmo reputacional, para atender aos requisitos de mitigação e adaptação relacionados às mudanças climáticas. Essas mudanças citadas representam os principais tipos de riscos associados à transição. A Tabela 2 apresenta um resumo dos principais riscos definidos pelas recomendações da TCFD.

Tabela 2 - Principais categorias de riscos climáticos definidos pelas recomendações da Força-Tarefa sobre Divulgações Financeiras Relacionadas às Mudanças Climáticas.

Riscos climáticos	
Risco físico	Risco agudo Risco crônico
Risco de transição	Risco regulatório Risco tecnológico Risco de mercado Risco de reputação

Adicionalmente, os riscos físicos foram classificados conforme o setor de impacto principal, sendo plantio, indústria ou ambos. Essa classificação foi baseada nas informações disponibilizadas pelas próprias empresas, quando explicitadas em seus relatos. Nos casos em que essa indicação não estava presente, a categorização foi realizada considerando o principal impacto associado ao risco. Por exemplo, o aumento do risco de surtos de insetos, pragas e doenças afeta predominantemente os plantios; o aumento na frequência e gravidade de eventos climáticos extremos pode impactar tanto o plantio quanto a indústria; enquanto crises de recursos naturais tendem a afetar principalmente a indústria.

3.3.2. Oportunidades

As oportunidades associadas às mudanças climáticas derivam, principalmente, de iniciativas de mitigação e adaptação. Entre as principais, destacam-se a melhoria na eficiência de recursos e redução de custos, a adoção de fontes de energia com baixa emissão, o desenvolvimento de novos produtos e serviços com menor impacto climático, a exploração de novos mercados e o fortalecimento da resiliência nas cadeias de suprimentos. A Tabela 3 apresenta um resumo das principais oportunidades definidas pelas recomendações da TCFD.

Tabela 3 - Principais oportunidades climáticas definidas pelas recomendações da Força-Tarefa sobre Divulgações Financeiras Relacionadas às Mudanças Climáticas.

Oportunidades climáticas
Eficiência de recursos e redução de custos
Fontes de energia menos emissoras
Produtos e serviços menos emissores
Novos mercados
Resiliência climática

3.4. Padronização das métricas e metas

Conforme as diretrizes da TCFD, as companhias devem divulgar métricas sobre os riscos associados a água, energia, uso do solo e gestão de resíduos, quando relevantes e aplicáveis. Essas métricas ambientais foram consolidadas apenas de forma temática, sem detalhamento individual por indicador. Por exemplo, dentro do tema água, podem haver métricas relacionadas à gestão dos recursos hídricos, como o volume total de captação e consumo de água, percentual de reutilização e reciclagem hídrica, intensidade hídrica e número de operações localizadas em regiões com alto risco de escassez.

Isso se deve ao fato de que muitas das empresas analisadas, especialmente aquelas que seguem os padrões da *Global Reporting Initiative* (GRI), já incluem de forma padronizada uma ampla gama de indicadores ambientais sobre água, energia, resíduos, relações com fornecedores, entre outros temas ambientais e sociais que este padrão adota. O padrão GRI é uma estrutura internacionalmente reconhecida para relatórios de sustentabilidade, que orienta as empresas na divulgação de seus impactos econômicos, ambientais e sociais. Ele define princípios, tópicos e indicadores específicos, como os das séries GRI 302 (Energia) e GRI 303 (Água e Efluentes), que permitem comparar o desempenho das organizações e evidenciar a gestão de riscos e oportunidades associados às mudanças climáticas.

Por se tratar de informações padronizadas e frequentemente presentes por exigência do modelo de relato, nem sempre é possível distinguir, nesses casos, o que de fato representa uma ação estratégica voltada à mitigação ou adaptação climática e o que está relacionado apenas ao cumprimento de diretrizes gerais de reporte dos temas materiais. Assim, optou-se por focar a análise nas métricas cuja relação com riscos ou oportunidades climáticas foi explicitada nos relatos, priorizando aquelas diretamente associadas à gestão das emissões de GEE.

Além dos temas mencionados, a TCFD também recomenda a divulgação do uso de preço interno de carbono, quando aplicável, e de métricas que refletem oportunidades relacionadas ao clima, como receita proveniente de produtos e serviços projetados para uma economia de baixo carbono. Adicionalmente, as empresas devem reportar suas emissões de GEE nos Escopos 1, 2 e, se for o caso, Escopo 3, além de índices de eficiência de GEE específicos para o setor em que atuam.

Já as metas corporativas devem contemplar objetivos relacionados às emissões de GEE, uso de recursos naturais, eficiência energética e outros aspectos relevantes ao enfrentamento das mudanças climáticas. Também podem incluir metas financeiras, de mitigação de perdas ou de aumento da receita líquida associada a soluções climáticas.

3.5. Medidas de adaptação e mitigação

Foram consideradas como medidas de mitigação aquelas estratégias, ações ou iniciativas com o objetivo de reduzir ou evitar a emissão de GEE, enquanto as medidas de adaptação foram definidas como aquelas voltadas para a redução da vulnerabilidade e o aumento da resiliência frente aos impactos das mudanças climáticas.

Para garantir a comparabilidade entre as diferentes empresas analisadas, as medidas encontradas foram organizadas e agrupadas conforme a natureza das ações e os principais eixos estratégicos adotados pelas organizações. No âmbito da mitigação, por exemplo, empresas que apresentaram medidas como “Substituição de combustíveis fósseis (gasolina e óleo diesel) por biocombustíveis (etanol) na sua frota de veículos internos”, “Substituição do transporte de cargas (rodoviário, ferroviário e marítimo) considerando modalidades, tecnologias e fontes de energia que emitam zero ou a menor emissão possível”, ou ainda ações mais específicas, como “Substituição de óleo por gás natural”, foram todas enquadradas em uma mesma categoria: “Redução do consumo e/ou substituição do uso de combustíveis fósseis por renováveis ou outro menos intensivo em emissões”. O mesmo raciocínio foi aplicado à classificação das medidas de adaptação.

3.6. Maturidade de reporte

A avaliação da maturidade dos relatos climáticos das empresas foi realizada com base em uma matriz composta por cinco critérios principais, que refletem o grau

de detalhamento e aderência das informações divulgadas. Os critérios analisados foram:

1. Existência de reporte climático: verificação da presença de informações relacionadas às mudanças climáticas nos documentos institucionais, como relatórios de sustentabilidade, ESG ou seções específicas nos sites das empresas;
2. Detalhamento dos riscos e oportunidades climáticas: avaliação da clareza, profundidade e organização das informações sobre riscos e oportunidades associadas às mudanças climáticas;
3. Ações de mitigação e adaptação: análise da existência de medidas concretas, abrangendo tanto mitigação quanto adaptação, e seu grau de integração com a estratégia corporativa;
4. Métricas e metas climáticas: verificação da divulgação de métricas e metas relacionadas ao enfrentamento das mudanças climáticas, considerando prazos, monitoramento e alinhamento com *Science Based Targets Initiative* (SBTi), no caso das metas;
5. Participação em iniciativas voluntárias: avaliação do engajamento em *frameworks* e plataformas de reporte reconhecidas, como *Carbon Disclosure Project* (CDP), *Task Force on Climate-related Financial Disclosures* (TCFD), *International Financial Reporting Standards* (IFRS), ou *Sustainability Accounting Standards Board* (SASB), bem como a conformidade na divulgação dos resultados.

As iniciativas apresentadas no critério 5 foram selecionadas por serem atualmente os principais referenciais internacionais para reporte de riscos, oportunidades e informações financeiras relacionadas às mudanças climáticas. O CDP é uma plataforma global que coleta, sistematiza e divulga dados ambientais de empresas e governos, especialmente sobre mudanças climáticas, gestão hídrica e florestas, utilizando um questionário detalhado e comparável.

A TCFD fornece recomendações para que organizações divulguem, de forma estruturada, informações financeiras relacionadas aos riscos e oportunidades climáticas, com foco em governança, estratégia, gestão de riscos e métricas e metas. O padrão da IFRS, mais recentemente desenvolvido, consolida e amplia os princípios da TCFD, buscando oferecer um padrão contábil global para informações de sustentabilidade, incluindo riscos climáticos. Por fim, o SASB estabelece padrões

específicos para setores, orientando a divulgação de informações ambientais, sociais e de governança que sejam financeiramente relevantes.

Cada critério apresentado foi avaliado em uma escala de 0 (baixa) a 2 (alta), resultando em uma pontuação total que variou de 0 a 10 pontos. As empresas foram então classificadas em três níveis de maturidade, conforme a faixa de pontuação obtida. As Tabelas 4 e 5 detalham a matriz de avaliação da maturidade de reporte das empresas e a classificação do nível de maturidade conforme a pontuação total obtida pela empresa, respectivamente.

Tabela 4 - Matriz de avaliação da maturidade de reporte das empresas.

Critério	Descrição	Pontuação 0 (Baixa)	Pontuação 1 (Média)	Pontuação 2 (Alta)
1. Existência de reporte climático	Presença de informações relacionadas às mudanças climáticas em documentos institucionais	Não possui informações climáticas	Informações presentes em relatórios institucionais genéricos ou apenas em página no site.	Reporte estruturado e regular, como relatório climático, de sustentabilidade, ou outros
2. Detalhamento dos riscos e oportunidades	Clareza e profundidade das descrições dos riscos e oportunidades climáticas	Não identifica riscos e oportunidades	Presença de riscos ou oportunidades genéricos/pouco detalhados	Análise de ambos estruturada com tipo, impacto, horizonte temporal e planejamento
3. Ações de mitigação e adaptação	Identificação de medidas concretas e sua integração à estratégia empresarial	Não menciona ações de adaptação e mitigação	Menciona ações de mitigação ou adaptação vagas, sem plano estruturado	Apresenta ambas as ações planejadas, implementadas e integradas à estratégia
4. Métricas e metas climáticas	Divulgação de métricas e metas relacionadas a GEE e outros indicadores	Não possui métricas nem metas	Divulga métricas, como o inventário de GEE, ou metas pouco detalhadas	Métricas e metas robustas, baseada em ciência, com base comparativa, prazos e monitoramento
5. Participação em iniciativas voluntárias	Engajamento com frameworks como CDP, TCFD, IFRS, SASB	Não participa de iniciativas	Participa de 1 ou 2 iniciativas e divulga resultados conforme os frameworks	Participa no mínimo de 3 iniciativas e divulga resultados conforme os frameworks.

Tabela 5 - Classificação do nível de maturidade conforme a pontuação total obtida pela empresa.

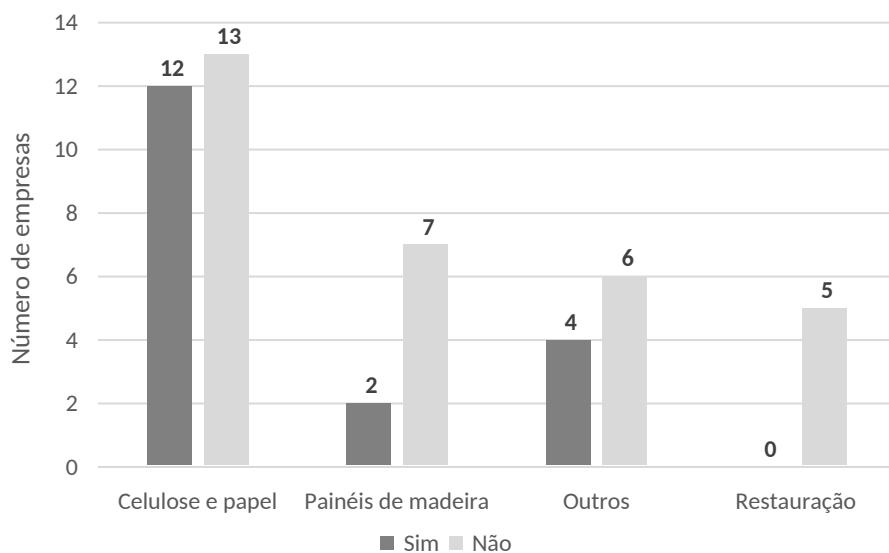
Pontuação total	Nível de maturidade
0 a 3	Baixa
4 a 7	Média
8 a 10	Alta

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Riscos

Das 39 empresas com informações disponíveis, apenas 18 (46,15%) faz a identificação de riscos climáticos. Essas empresas pertencem aos setores de Celulose e Papel, Painéis de Madeira e Outros (Figura 2). Dentre elas, uma empresa divulga os riscos apenas na resposta ao questionário de Mudanças Climáticas do CDP, o qual não foi possível acessar. No restante das empresas que não identificam riscos climáticos, uma delas afirmou que questões climáticas, incluindo riscos físicos e de transição, não eram relevantes.

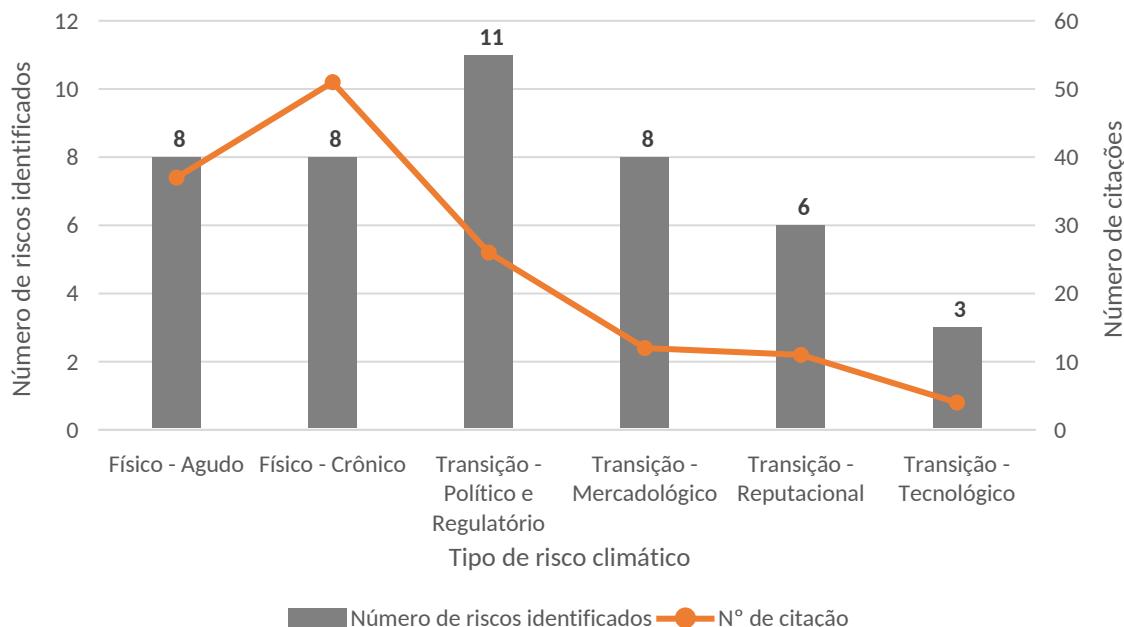
Figura 2 - Identificação de riscos climáticos pelas empresas de base florestal brasileiras por setor.



No total, foram identificados 44 riscos climáticos, dos quais 28 foram riscos de transição e 16 foram riscos físicos. Entre os tipos analisados, os riscos de transição políticos e regulatórios foram os mais identificados (11), seguidos pelos riscos físicos agudos e crônicos e pelos riscos de transição mercadológicos (8 cada). Quanto ao

número de citação de cada risco, os tipos mais citados nos relatos foram os físicos, tanto crônicos (51) quanto agudos (37) (Figura 3).

Figura 3 - Quantidade de riscos climáticos identificados e total de citações.



4.1.1. Riscos físicos

Os riscos físicos crônicos foram citados mais vezes (51) pelas empresas, quando comparado aos agudos (37) (Tabela 6). Essa prevalência pode ser influenciada pela característica da produção florestal, que é de longa duração, tornando o sistema particularmente vulnerável às mudanças ambientais graduais (Venäläinen et al., 2022), fazendo com que as empresas se preocupem com essa visão de médio/longo prazo.

Tabela 6 - Descrição dos riscos físicos, quantidade de citação pelas empresas, principal impacto associado e setor.

Tipo de risco	Descrição	Nº de citação	Impacto principal	Setor
Físico crônico	Mudanças no regime hídrico (estresse hídrico e chuvas fortes)	13	Plantio e indústria	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros
	Aumento da frequência de incêndios florestais	11	Plantio	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros
	Variação da temperatura média (aumento ou diminuição)	9	Plantio	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros
	Aumento do risco de surtos de insetos, pragas e doenças	7	Plantio	Celulose e papel; Outros
	Aumento na frequência e gravidade de eventos climáticos extremos	7	Plantio e indústria	Celulose e papel; Outros
	Outras condições ambientais (não especificadas)	2	Plantio e indústria	Celulose e papel; Outros
	Crises de recursos naturais	1	Indústria	Celulose e papel
	Aumento do nível do mar	1	Indústria	Painéis de madeira
	Total de riscos físicos crônicos	51	-	-
Físico agudo	Chuvas intensas e inundações	10	Indústria	Celulose e papel
	Secas intensas, escassez de recursos hídricos	8	Plantio	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros
	Eventos climáticos extremos, catástrofes naturais ou desastres ambientais	8	Plantio e indústria	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros
	Furacões, tornados e ciclones	3	Plantio e indústria	Celulose e papel
	Geadas e eventos específicos de temperaturas mais baixas	2	Plantio	Celulose e papel
	Deslizamentos de terra	2	Indústria	Celulose e papel
	Tempestades	2	Indústria	Celulose e papel; Painéis de madeira
	Vendavais	2	Indústria	Celulose e papel
	Total de riscos físicos agudos	37	-	-

As áreas de plantio foram relatadas como vulneráveis a uma série de riscos físicos, como alterações nos regimes de chuva (estresse hídrico e chuvas fortes), aumento da frequência de incêndios florestais, variação da temperatura média (aumento ou redução), surtos de pragas e doenças, além do aumento e frequência de eventos climáticos extremos. As instalações fabris também foram reportadas como estando expostas a riscos físicos relevantes, especialmente aqueles associados a eventos climáticos extremos.

Os impactos associados ao estresse hídrico, tanto em eventos extremos e de curta duração quanto em alterações de longo prazo, além do aumento da ocorrência de incêndios florestais, estão entre os principais focos de preocupação das empresas do setor florestal brasileiro em relação aos riscos físicos decorrentes das mudanças climáticas. Segundo (Rocha, 2022), setores intensivos em água, como o agropecuário e florestal são os principais impactados pelas mudanças climáticas, justamente por sua forte dependência dos recursos hídricos, justificando a preocupação das empresas do setor com essas alterações.

Esse risco é realmente relevante para o setor, uma vez que o estresse hídrico crônico, por exemplo, reduz significativamente o crescimento das árvores, comprometendo o acúmulo de biomassa e o estoque de carbono, o que se traduz em menor produção de madeira disponível para a indústria (Brzostek et al., 2014). O estresse hídrico também leva ao aumento da mortalidade de árvores, aumenta a vulnerabilidade a distúrbios como incêndios e pragas, impactando negativamente a produtividade florestal (Grant; Tague; Allen, 2013), podendo gerar também perdas financeiras significativas.

Dentre o risco de mudança no regime hídrico, também foi muito mencionado pelas empresas a escassez hídrica. Esse risco gera pressão sobre o custo operacional, com aumentos nas tarifas de uso e captação de água, além de impactar o fornecimento de energia elétrica (Santos; Justino; Rodrigues, 2024; Soares; Costa, 2023). No contexto brasileiro, a dependência da matriz hidrelétrica torna a escassez hídrica um risco adicional, já que a redução da disponibilidade de água afeta a geração de energia elétrica (Semertzidis; Spataru; Bleischwitz, 2018; Tancredi; Abbud, 2010).

Outra condição hídrica muito mencionada, e incluída dentro do risco mais citado foram as chuvas fortes, trazendo danos tanto para os plantios quanto para a indústria. A acessibilidade às áreas florestais é frequentemente prejudicada por chuvas fortes

e repentinhas, que tornam estradas não pavimentadas intransitáveis e podem exigir investimentos adicionais em infraestrutura rodoviária (Oliveira et al., 2014; Rocha; Magri; Pereira, 2021).

Entre os riscos mencionados, aqueles relacionados às chuvas intensas, inundações, deslizamentos de terra, tempestades e vendavais foram associados principalmente aos impactos na indústria. Esses riscos podem danificar estruturas físicas, maquinário e estoques, além de causar interrupções no fornecimento de energia. Adicionalmente, a cadeia de suprimentos também é afetada de forma significativa por esses riscos, os quais podem interromper o transporte de insumos e produtos, dificultar o acesso a áreas remotas e elevar os custos logísticos (Altay; Ramirez, 2010; Dai; Tang, 2024).

Além dos impactos industriais, mudanças nos padrões de precipitação, somadas ao aumento da temperatura média, outro risco muito citado pelas empresas, também criam condições mais favoráveis para surtos de pragas e doenças (Hamada; Ghini, 2011), uma vez que enfraquecem a árvore e reduzem sua resiliência e capacidade de se recuperar dessas infestações (Linnakoski et al., 2019).

Adicionalmente, a variação de temperatura, tanto seu aumento quanto diminuição do ponto de vista industrial, pode levar ao superaquecimento de equipamentos industriais, causando falhas mecânicas e reduzindo a vida útil das máquinas. Isso é particularmente relevante em setores como a agricultura, onde o maquinário é frequentemente usado em campos abertos sob luz solar direta (Souza, 2023), implicando no aumento das necessidades de manutenção e maiores custos (Eldaly; Eldin; Elgizawi, 2023).

A frequência crescente dos incêndios florestais também foi um risco muito citado por várias empresas, o qual tende a se tornar mais frequente com o aumento das temperaturas e condições mais secas (Seidl et al., 2017). O impacto desse risco afeta não somente o setor florestal, como também leva ao aumento dos preços da madeira e afeta a cadeia de suprimentos, impactando as indústrias que dependem de matéria prima florestal (Riviere et al., 2022).

Embora os impactos imediatos de eventos extremos na infraestrutura e no fornecimento de matéria-prima sejam evidentes e evidenciados pelas empresas, há implicações mais amplas para a indústria florestal brasileira. O aumento da frequência desses eventos devido às mudanças climáticas exige estratégias adaptativas para aumentar a resiliência. Isso inclui melhorar os padrões de projeto de infraestrutura,

implementar práticas sustentáveis de manejo florestal e fortalecer as estruturas institucionais para mitigar os impactos de eventos extremos (Kuschnig et al., 2023; Silva et al., 2023).

Ademais, a repetição de algumas condições nas duas categorias de risco físico, evidencia que diversos riscos agudos possuem relação direta com riscos crônicos, compondo um ciclo de reforço mútuo entre impactos de curto e longo prazo. Secas extremas, por exemplo, quando recorrentes, alteram o regime hídrico e configuram um risco crônico, enquanto ondas de calor intensificam a probabilidade e a severidade de incêndios florestais. Esse encadeamento demonstra que eventos pontuais podem acelerar ou agravar tendências permanentes, ampliando a magnitude dos impactos sobre o setor.

No geral, a análise dos riscos físicos climáticos relatados evidencia uma série de impactos interligados, muitos dos quais se repetem em diferentes categorias ou contextos, revelando não apenas a magnitude, mas também a complexidade dos desafios climáticos enfrentados pelo setor. Esses riscos têm implicações diretas tanto para a produtividade dos plantios quanto para a operação da indústria, exigindo estratégias integradas de mitigação e adaptação por parte das empresas.

4.1.2. Riscos de transição

Os riscos de transição políticos e regulatórios se destacaram como os mais citados (26). Entre eles, os mais recorrentes incluem mudanças rápidas na legislação e maior exigência regulatória, bem como a criação de um mercado regulado de carbono no Brasil (Tabela 7).

Tabela 7 - Descrição dos riscos de transição, quantidade de citação pelas empresas e setor.

Tipo de risco	Descrição	Nº de citação	Setor
Transição – político e regulatório	Mudanças rápidas na legislação e maior exigência regulatória	8	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros
	Criação de um mercado regulado - precificação de carbono no Brasil	8	Celulose e papel; Outros
	Tributação de produtos brasileiros no exterior	2	Celulose e papel
	Não atendimento à regulamentação atual ou emergente compulsório por emissão de GEE	1	Outros
	Padrões ambientais cada vez mais rigorosos	1	Celulose e papel
	Potenciais políticas de mitigação e adaptação assumidas por um governo	1	Celulose e papel
	Mudanças regulatórias que impliquem menor disponibilidade de água para processos produtivos	1	Celulose e papel
	Maiores restrições no uso do solo	1	Celulose e papel
	Regulamentações florestais que restringem a extração de madeira	1	Outros
	Risco político devido à presença em diversos continentes	1	Painéis de madeira
Transição – mercadológico	Cumprimento de cláusulas contratuais em títulos de dívida e empréstimos sustentáveis assumidos	1	Celulose e papel
	Total de riscos de transição políticos e regulatórios	26	-
	Preços mais altos para certas matérias-primas e combustíveis	2	Celulose e papel; Painéis de madeira
	Escassez de oferta de recursos	2	Celulose e papel; Painéis de madeira
	Mudança na preferência dos consumidores	2	Celulose e papel; Painéis de madeira
	Perda de mercados em razão de políticas públicas e descumprimento de compromissos, metas e objetivos ambientais	2	Celulose e papel
	Concorrência e demanda de mercado	1	Celulose e papel
Não adaptação às mudanças de mercado		1	Outros
Aumento do custo de exportação		1	Celulose e papel

Tipo de risco	Descrição	Nº de citação	Setor
Transição – reputacional	Risco econômico e competitivo devido à presença em diversos continentes	1	Painéis de madeira
	Total de riscos de transição mercadológicos	12	-
	Aumento da exigência para fazer compromissos, definir metas e tomar medidas para alcançá-las	3	Celulose e papel; Outros
	Não cumprimento dos compromissos da agenda climática (metas SBT) e agenda ESG	2	Celulose e papel
	Qualquer acontecimento que leve a perda de reputação	2	Painéis de madeira; Outros
	Maior sensibilidade da sociedade e mídia, além de aumento do foco público em relação ao tema	2	Celulose e papel
	Percepção do público e dos investidores sobre a gestão de riscos climáticos	1	Painéis de madeira
	Visão externa sobre as políticas públicas relacionadas ao clima no Brasil, em especial na região Amazônica e no Pantanal	1	Celulose e papel
	Total de riscos de transição reputacionais	11	-
	Aumento de despesas de capital e/ou custos operacionais para atender metas baseadas em ciência	2	Celulose e papel; Painéis de madeira
Transição – tecnológico	Risco de interrupção operacional devido a transição para fontes de energia mais limpas e sustentáveis	1	Painéis de madeira
	Não adaptação às mudanças tecnológicas impulsionadas pelo tema	1	Outros
	Total de riscos de transição tecnológicos	4	-

Os resultados dos riscos políticos e regulatórios se alinham ao avanço recente da tributação de carbono como ferramenta para mitigar as mudanças climáticas, ao colocar um preço nas emissões de GEE visando induzir sua redução. Nos últimos anos, esses mecanismos tem sido implementado de várias formas em todo o mundo (García; Sterner, 2021) e atualmente, cerca de 25% das emissões globais de GEE são cobertas por mecanismos de precificação de carbono, incluindo impostos de carbono e sistemas de comércio de emissões (World Bank, 2025).

No contexto internacional, mecanismos como *Carbon Border Adjustment Mechanism* (CBAM), da União Europeia, estão atualmente em fase de transição, exigindo que empresas exportadoras de determinados bens para o bloco europeu reportem as emissões de GEE incorporadas aos seus produtos, sem, contudo, arcar ainda com o pagamento correspondente. A aplicação definitiva, com a cobrança financeira sobre o carbono embutido nas importações, está prevista para 2026 (European Commission, 2025).

No contexto do trabalho, empresas do setor de siderurgia (ferro e aço) já respondem a esse mecanismo, devendo quantificar e comunicar à União Europeia as emissões associadas à produção dos bens exportados, como etapa preparatória para o início da tarifação. Além da siderurgia, o mecanismo também abrange setores como cimento, alumínio, fertilizantes, eletricidade e hidrogênio, que, embora relevantes, não foram objeto de análise do trabalho.

A adoção desses mecanismos pode desafiar ainda mais as exportações brasileiras, particularmente nos setores de ferro e aço, ao impor custos adicionais aos produtos intensivos em carbono (Feijó; Kuik, 2017). No entanto, caso o Brasil estabeleça sua própria política de precificação de carbono, os valores pagos internamente poderão ser deduzidos do montante devido à União Europeia, evitando a dupla cobrança e incentivando a convergência regulatória entre os sistemas.

Os relatos referentes a esses riscos também podem indicar que empresas do setor de papel e celulose, por exemplo, estão atentas a possíveis taxações de seus produtos, uma vez que o Brasil é o maior exportador de celulose do mundo (IBÁ, 2024), e os principais destinos dessa exportação – China, Europa e América do Norte, já possuem sistemas de tributação de carbono consolidados (World Bank, 2025).

Com relação ao risco de precificação de carbono no Brasil, em 2024, foi aprovada a lei que institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases

de Efeito Estufa (SBCE), a qual obriga que, empresas que emitem acima de 10.000 tCO₂e (toneladas de dióxido de carbono equivalente), estarão sujeitas a relatar suas emissões e possuir um plano de monitoramento, enquanto aquelas que emitem acima de 25.000 tCO₂e, além das ações mencionadas, também deverão compensar e trabalhar na redução de suas emissões (Brasil, 2024). Importante destacar que, em sua fase inicial, o SBCE não inclui o setor do agronegócio, o qual pode vir a ser incorporado em etapas posteriores de regulamentação. Para as empresas reguladas, essas medidas implicam em custos adicionais para execução das ações e necessidade de adequações técnicas e estratégicas para garantir conformidade.

Neste trabalho não foram avaliados como as empresas analisadas se enquadrariam dentro da lei do SBCE, em razão da dificuldade de acesso aos resultados completos dos inventários de emissões de GEE por parte de algumas companhias. Além disso, no caso de empresas multinacionais, muitas vezes as emissões são reportadas de forma agregada, sem a devida segmentação por país, o que dificultou a análise específica do escopo das emissões no contexto nacional. Ainda que algum setor ou empresa não venha a ser regulado pelo SBCE, pode haver um enfrentamento da transferência desse custo ao longo de sua cadeia produtiva, refletido no aumento dos preços de insumos como energia e combustíveis fósseis, além de um possível encarecimento do transporte e da logística (Halim et al., 2019).

Além dos riscos regulatórios mais recorrentes, foram identificadas menções pontuais a outros tipos de riscos, como o não atendimento à regulamentação compulsória sobre emissões de GEE, padrões ambientais mais rigorosos, mudanças regulatórias que afetem a disponibilidade hídrica e restrinjam o uso do solo, entre outras. No entanto, cada um desses riscos foi citado apenas uma vez e, em geral, de forma pouco detalhada. Por essa razão, optou-se por não aprofundar a análise individual desses casos, considerando seu baixo grau de representatividade no conjunto de empresas analisadas.

Ainda assim, vale destacar que alguns desses riscos poderiam, potencialmente, ser aplicáveis a um número maior de empresas do setor. Mudanças regulatórias que afetem o uso da água, por exemplo, levam a indústria a adotar estratégias que mitiguem esse impacto das restrições do uso da água nos processos produtivos, como a reutilização de água e coleta de água da chuva (Sánchez, 2021; Valle; Pinheiro; Ferrari, 2007), podendo gerar custos operacionais mais elevados, exigindo o desenvolvimento de tecnologias alternativas. O fato de tais riscos não

terem sido amplamente mencionados pode indicar uma subestimação de suas implicações, refletindo limitações na capacidade prospectiva de algumas empresas ou o estágio ainda incipiente de maturidade na gestão e identificação de riscos de forma geral.

Os riscos de transição mercadológicos aparecem em segundo lugar, com 12 citações (Tabela 7). Destacam-se o aumento de preços de matérias-primas e combustíveis, escassez de recursos e mudança nas preferências dos consumidores. Esses riscos mercadológicos refletem, em grande parte, os efeitos indiretos de políticas climáticas adotadas em escala global, como a precificação de carbono, que tende a pressionar custos ao longo das cadeias produtivas, como já mencionado. O aumento dos preços de combustíveis fósseis, por exemplo, pode impactar diretamente o transporte de madeira e produtos (Ghaffariyan et al., 2018), especialmente no Brasil, país com forte dependência do modal rodoviário.

A escassez de recursos, por sua vez, pode resultar de dois fatores distintos: limitações físicas na disponibilidade de insumos essenciais, como água e biomassa – muitas vezes impactados pelos riscos físicos mencionados no tópico acima, e aumento da competição entre setores por esses recursos. Essas condições podem elevar preços e pressionar as empresas a adaptarem processos e estratégias de suprimento.

A mudança nas preferências dos consumidores também representa um risco frente ao crescimento da demanda por produtos com menor pegada ambiental ou intensidade carbônica (Young, 2011). Por outro lado, essa transformação nos padrões de consumo também abre espaço para inovação e reposicionamento competitivo por meio da oferta de produtos sustentáveis (Silva et al., 2024), como será visto no tópico de oportunidades.

Outro risco mercadológico identificado refere-se à possibilidade de perda de mercados em decorrência de políticas públicas e do descumprimento de acordos internacionais voltados à redução das emissões de GEE. O não alinhamento às metas globais estabelecidas, como as do Acordo de Paris, pode resultar não apenas em penalidades regulatórias e restrições de acesso a mercados estratégicos, mas também em prejuízos à reputação das empresas (Cenci et al., 2023; Rekker et al., 2022).

Entre os riscos de transição reputacionais citados, destacam-se justamente o aumento da exigência para assumir compromissos, definir metas e demonstrar seu

progresso, bem como o não cumprimento de metas climáticas ou compromissos ESG, no geral. É observado um aumento da pressão por parte de investidores para que as empresas assumam compromissos climáticos ambiciosos, definam metas claras e demonstrem ações concretas para alcançá-las. Uma pesquisa realizada pela *PricewaterhouseCoopers* (PwC) revelou que cerca de 75 % dos investidores afirmam que aumentariam expressiva ou moderadamente seus investimentos em empresas que adotam ações climáticas específicas (PricewaterhouseCoopers, 2024). Esse fato também tem se refletido no aumento do reporte das empresas ao CDP ao longo dos últimos anos (CDP, 2023). Apesar disso, apenas 9 empresas do total avaliado aderem a esse reporte.

Ademais, modelos de reporte também vem sendo exigidos por parte de alguns órgãos, como por exemplo o IFRS, agora obrigatório pela CVM, os quais são rigorosos quanto a iniciativas de descarbonização e planos de transição climática. Empresas que não se posicionam de forma transparente ou que falham em cumprir metas e compromissos previamente anunciados passam a ser vistas como desalinhadas com as demandas da transição para uma economia de baixo carbono, o que pode impactar negativamente sua atratividade perante investidores e consumidores (Hadziosmanovic, 2017; Souza et al., 2016).

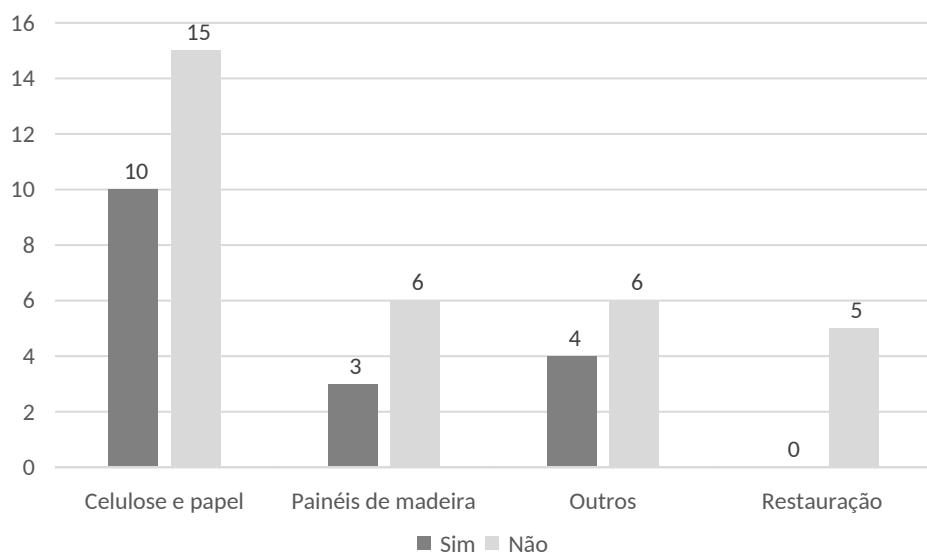
Chama-se a atenção ao risco mencionado de visão externa sobre as políticas públicas relacionadas ao clima no Brasil, especialmente Amazônia. Isto porque, no cenário internacional, a associação entre o Brasil e as mudanças climáticas costuma estar fortemente vinculada a esse bioma, dada sua relevância ecológica e climática em escala global (Alves et al., 2024), e agora também em foco para a realização da COP30.

Por fim, os riscos tecnológicos foram os menos frequentes, no geral tratados como custos de transição tecnológica para atender metas baseadas na ciência (SBTs). O atendimento à essas metas pode exigir aumento inicial dos custos operacionais e de investimento, seja no desenvolvimento e implementação de tecnologias de baixo carbono ou durante os processos de substituição de infraestrutura ou mudança de matriz energética (Tsiropoulos et al., 2018), como uso de biomassa e substituição de produtos derivados de combustíveis fósseis, ações já adotadas por algumas empresas do setor (Rodrigues et al., 2023).

4.2. Oportunidades

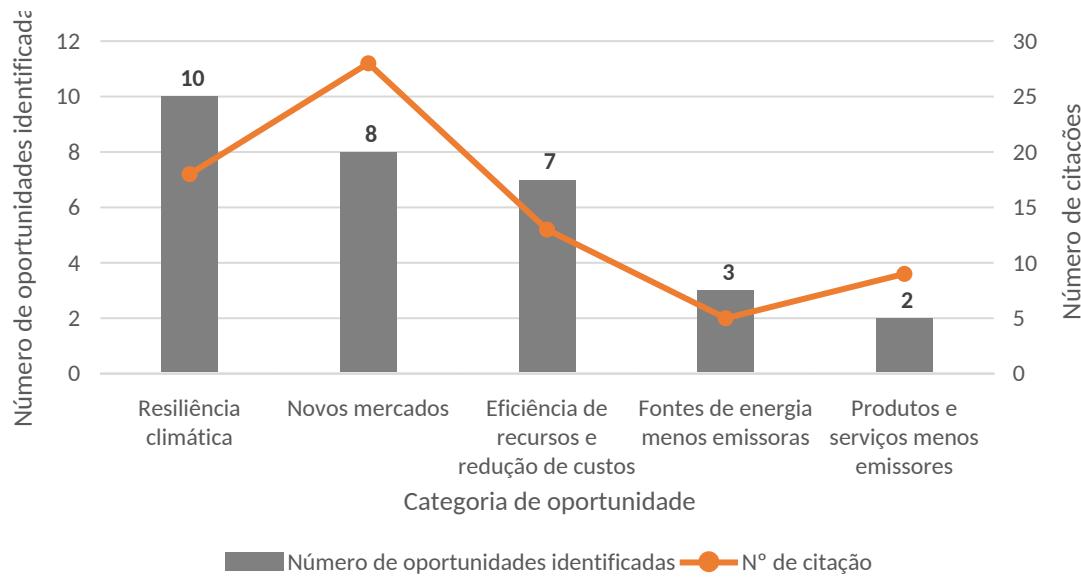
Das 39 empresas analisadas, 17 (43,59%) fazem a identificação de oportunidades, as quais abrangem os setores de Celulose e Papel, Painéis de Madeira e Outros (Figura 4). Uma empresa possuía em seu site um tópico referente a descrição de riscos e oportunidades climáticos, porém não citava oportunidades, apenas riscos.

Figura 4 - Identificação de oportunidades climáticas pelas empresas de base florestal brasileiras por setor.



No total, foram identificadas 30 oportunidades climáticas, das quais as mais identificadas e citadas foram relacionadas a resiliência climática e novos mercados (Figura 5).

Figura 5 - Quantidade de oportunidades climáticas identificadas e total de citações.



As oportunidades climáticas identificadas pelas empresas do setor florestal abordam uma visão voltada tanto para a mitigação das mudanças climáticas quanto para o aproveitamento de novos mercados que surgem com a transição para uma economia de baixo carbono. Essa perspectiva é relevante quando relacionada aos riscos físicos e de transição discutidos anteriormente, como a escassez de recursos, o aumento das exigências regulatórias e os custos associados à precificação de carbono. Entre as oportunidades mais citadas, destaca-se a geração, comercialização e uso de créditos de carbono (Tabela 8).

Tabela 8 - Descrição das oportunidades, quantidade de citação pelas empresas e setor.

Tipo de oportunidade	Descrição	Nº de citação	Setor
Novos mercados	Geração, comercialização ou uso de créditos de carbono	10	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros
	Acesso a linhas de crédito disponibilizadas para empresas mais sustentáveis e diversificação das formas de financiamento	5	Celulose e papel; Painéis de madeira
	Demonstrar a liderança em sustentabilidade, atraindo parceiros e clientes, posicionando o negócio como parte da solução rumo à transição para uma economia de baixo carbono	5	Celulose e papel; Painéis de madeira
	Investir em P&DI para soluções sustentáveis pode abrir novos mercados e oportunidades de receita	3	Celulose e papel; Painéis de madeira
	Fazer novos negócios, pela exigência de soluções coletivas e inovadoras, relacionadas ao atingimento de metas e mitigação das mudanças climáticas	2	Celulose e papel; Outros
	Migrar para divulgações com base ao IFRS S1 e S2 em 2025	1	Celulose e papel
	Melhorar a cadeia de valor ao colaborar com fornecedores, clientes e organizações não governamentais em iniciativas de sustentabilidade	1	Painéis de madeira
	Expandir para soluções de alto valor agregado	1	Outros
	Total de oportunidades em novos mercados	28	-
Resiliência climática	Contribuir com a mitigação das mudanças climáticas por meio da gestão florestal, de forma a aumentar as remoções, e reduzindo as emissões	9	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros
	Desenvolver meta de descarbonização conforme SBTi	1	Celulose e papel
	Melhorar a resiliência da cadeia de fornecimento de energia e reduzir custos operacionais, reduzindo ou eliminando combustíveis fósseis	1	Celulose e papel
	Investir em adaptação às mudanças climáticas	1	Painéis de madeira
	Expansão de florestas comerciais devido as metas de reflorestamento determinadas pela NDC brasileira	1	Celulose e papel
	Recuperação de APPs ao longo de corpos hídricos	1	Celulose e papel
	Desenvolvimento de mudas adaptadas aos efeitos das mudanças climáticas	1	Painéis de madeira
	Resiliência estratégica por meio da diversificação geográfica dentro do	1	Celulose e papel

Tipo de oportunidade	Descrição	Nº de citação	Setor
Eficiência de recursos e redução de custos	portfólio de ativos florestais		
	Aprimorar a governança de risco climático	1	Outros
	Desenvolvimento de modelos inteligentes para gestão climática	1	Celulose e papel
	Total de oportunidades em resiliência climática	18	-
	Redução no consumo de energia pelo aumento de eficiência energética e avanços tecnológicos	4	Celulose e papel; Painéis de madeira
	Redução de custos operacionais ou necessidades de licenças por adoção de novas tecnologias de baixo carbono	3	Celulose e papel
	Reaproveitamento da biomassa e dos resíduos de madeira do processo produtivo	2	Celulose e papel; Painéis de madeira
	Venda de energia para o SIN	1	Celulose e papel
	Produção de combustível renovável a partir do processo de tratamento de água	1	Celulose e papel
	Possuir uma base estratégica de recursos renováveis	1	Celulose e papel
Produtos e serviços menos emissores	Redução da exposição a impostos ou outros custos ambientais e à volatilidade dos preços e da disponibilidade de energia	1	Celulose e papel
	Total de oportunidades em eficiência de recursos e redução de custos	13	-
	Fornecimento e desenvolvimento de produtos sustentáveis em substituição àqueles que demandam maior uso de água, consumo de energia e tem maior pegada de carbono	5	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros
	Aumento da demanda global por produtos de madeira, de baixa intensidade carbônica e sustentáveis	4	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros
Fontes de energia menos emissores	Total de oportunidades em produtos e serviços menos emissores	9	-
	Utilização de fontes de energia menos emissoras / renováveis	2	Celulose e papel; Outros
	Utilização de tecnologias alinhadas à estratégia de descarbonização (ex.: <i>Carbon Capture</i> e <i>Carbon Capture and Storage</i> (CCU e CCUS) e hidrogênio)	2	Outros
	Investimentos em tecnologias e projetos que diversifiquem a matriz energética	1	Celulose e papel
Total de oportunidades em fontes de energia menos emissores			5

A ênfase nos créditos de carbono está diretamente relacionada a essa dinâmica de riscos e oportunidades. Ao se engajar em projetos de florestamento, reflorestamento e conservação, as empresas podem contribuir para o sequestro de carbono e mitigação das suas pegadas (Kapoor; Motilal, 2024). Além disso, essa oportunidade demonstra um alinhamento com as tendências regulatórias, como a instituição do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE), e com uma estratégia de mitigação de riscos financeiros ao gerar novas receitas que possam compensar os custos adicionais decorrentes da regulação climática.

Nesse sentido, o desenvolvimento de projetos elegíveis para a geração de créditos não só oferece retorno econômico, mas também reforça a imagem das empresas como parte da solução climática, o que pode contribuir para minimizar riscos identificados, como a crescente pressão por compromissos públicos e a perda de mercados. Não serão discutidos neste trabalho questões técnicas de execução ou viabilidade dos projetos relacionados ao setor.

O acesso a linhas de crédito específicas para empresas sustentáveis e a diversificação das formas de financiamento também surgem como oportunidades, considerando que instituições financeiras e investidores estão cada vez mais condicionando o acesso ao capital ao desempenho socioambiental das empresas, incentivando-as a adotarem práticas mais sustentáveis (Raji, 2023). Esses subsídios podem desempenhar um importante papel na promoção de P&DI em soluções sustentáveis e em baixo carbono, visto que fornecem incentivos necessários para que as empresas destinem recursos a essas tecnologias (Cordonnier; Saygin, 2023; Liu; Li; Li, 2023; Liu; Sun, 2023).

Outras oportunidades citadas, como demonstrar liderança em sustentabilidade e atrair parceiros estratégicos podem ser vistas como resultado de um conjunto de ações climáticas bem estruturadas e integradas à estratégia empresarial. Quando uma empresa adota metas ambiciosas, investe em tecnologias de baixo carbono, participa de mercados de carbono e reporta de forma transparente suas iniciativas e resultados, ela tende a se posicionar como referência em seu setor.

Na categoria de resiliência climática, a oportunidade mais relatada foi a de contribuir com a mitigação das mudanças climáticas por meio da gestão florestal, aumentando as remoções e reduzindo as emissões. O papel do setor quanto às remoções de carbono já é reconhecido amplamente, e o manejo florestal eficaz,

incluindo florestamento, reflorestamento e colheita sustentável, pode melhorar o armazenamento de carbono em florestas e produtos de madeira sem a necessidade de expansão da área florestal (Daigneault et al., 2022).

As demais oportunidades na categoria de resiliência, como desenvolvimento de metas de descarbonização, melhoria da resiliência da cadeia de fornecimentos, desenvolvimento de mudas adaptadas e aprimoramento da governança climática, dentre outras, foram citadas uma vez cada e não serão detalhadas. Porém, cabe destacar que esses também são exemplos de ações que fortalecem a capacidade adaptativa das empresas e contribuem para a redução de riscos identificados.

Na categoria de oportunidades relacionadas a produtos e serviços menos emissores foi mencionada como oportunidade a crescente demanda global por soluções de menor pegada ambiental, como produtos de madeira. Importante ressaltar que o aumento dessa demanda, apesar de benéfico por um lado, também levanta preocupações sobre o manejo florestal sustentável, particularmente em regiões com governança fraca, onde predominam a extração ilegal de madeira e práticas insustentáveis (White, 2006; Xu; White, 2004).

Os produtos de madeira tendem a ter um perfil ambiental mais favorável em comparação com produtos funcionalmente equivalentes de outros materiais, particularmente em termos de consumo de combustíveis fósseis (Werner; Richter, 2007). Por isso, esses produtos têm cada vez mais substituído materiais intensivos em carbono, como concreto e aço, no setor de construção, e se tornado uma estratégia fundamental para mitigar as mudanças climáticas nesse setor (Gu et al., 2021). A quantificação desse efeito de substituição pode ser realizada conforme as diretrizes estabelecidas pela norma ISO 14044:2006, que define regras e procedimentos para a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e para a comparação de produtos com funções equivalentes.

Oportunidades voltadas à eficiência de recursos e redução de custos, além de fontes de energia menos emissoras, estão amplamente ligadas às medidas de adaptação e mitigação adotadas pelas empresas, as quais também foram analisadas neste trabalho e serão discutidas mais a fundo nos próximos tópicos. Cabe destacar que foram mencionadas algumas tecnologias emergentes, como captura e armazenamento de carbono (CCUS, em inglês) e uso de hidrogênio, indicando que uma empresa já observa tendências tecnológicas que poderão ser determinantes para a descarbonização e alcance as emissões líquidas zero no longo prazo.

As diversas oportunidades relatadas demonstram a capacidade das empresas de transformar riscos também em oportunidades. No entanto, o número relativamente reduzido de citações para muitas dessas também sugere que ainda há espaço para maior desenvolvimento e consolidação dessas práticas, especialmente entre empresas que ainda estão na fase inicial da gestão de riscos e oportunidades climáticas.

4.3. Métricas

As métricas mais frequentes referem-se às emissões absolutas de GEE. Das 39 empresas analisadas, 30 (76,92%) realizam o inventário de emissões para os Escopos 1 e 2 (Tabela 9). Esse resultado indica um avanço importante na gestão climática do setor, considerando que um inventário de GEE abrangente é essencial para avaliar riscos e oportunidades corporativas, pois permite que as empresas entendam seu perfil de emissões, identifiquem estratégias de redução e se alinhem às metas internacionais, como o Acordo de Paris (Dietz et al., 2018).

Tabela 9 - Métricas associadas a gestão de emissões de GEE, número de citação e setor.

Métricas associadas a gestão de emissões de GEE	Nº de citação	Setor
Emissões absolutas de escopo 1 e 2	30	Celulose e papel; Painéis de madeira; Restauração; Outros
Emissões absolutas de escopo 3	22	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros
Intensidade de emissões	19	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros
ACV ou pegada de carbono	11	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros
Balanço de carbono	5	Celulose e papel; Painéis de madeira
Precificação de carbono	4	Celulose e papel; Outros
Remoções de carbono	4	Celulose e papel; Outros
Neutralidade de carbono	1	Painéis de madeira
Estoque de carbono	1	Celulose e papel
Participação no mercado de carbono	1	Celulose e papel
Total de citações	97	-

No entanto, quando se trata do Escopo 3, referente às emissões indiretas, das 30 empresas que reportam os Escopos 1 e 2, apenas 22 também contabilizam esse escopo, sendo que para 4 empresas, não foi possível confirmar se o Escopo 3 é contabilizado. No Brasil, observa-se uma tendência de crescimento de relato desse escopo, porém muito ainda voltado para atividades administrativas, como deslocamentos e viagens corporativas (Neto et al., 2024).

Tais emissões representam uma contribuição considerável no resultado das empresas e sua quantificação é difícil por ocorrerem em grande parte na cadeia de valor (Schmidt; Nill; Scholz, 2022), dificultando tanto a coleta quanto qualidade dos dados (Koskinen, 2023), barreiras fundamentais para as empresas, incluindo as do setor florestal. Apesar disso, mapear a cadeia de valor e conhecer seus impactos pode ser o primeiro passo para entender os riscos e aproveitar oportunidades de melhoria ao longo desta.

Como métrica derivada do inventário de GEE, a intensidade de emissões foi utilizada por 19 empresas. Esta métrica, que relaciona as emissões a alguma unidade produtiva – como toneladas de CO₂ equivalente por tonelada de produto, por receita, por metro cúbico de madeira comercializada ou por hectare, exemplos relatados pelas empresas do setor, é considerada a mais apropriada para avaliar a eficiência de carbono de empresas, em comparação a emissões totais (Aswani; Raghunandan; Rajgopal, 2024). Apesar disso, a utilização dessa métrica ainda não é unânime pelas empresas que já contabilizam seu inventário de GEE.

Métricas como ACV e pegada de carbono, são ferramentas que fornecem uma visão mais abrangente do impacto ambiental dos produtos e processos, ao considerar todas as fases do ciclo de vida, desde a extração de matérias-primas até o descarte (ABNT, 2009, 2023). A aplicação dessas ferramentas pelas empresas pode ser eficaz para monitorar questões ambientais associadas aos produtos (Dalmora; Luzzi; Hemkemeier, 2023), além de fortalecer a narrativa de sustentabilidade do setor ao evidenciar a menor intensidade de carbono dos seus produtos em comparação com alternativas fósseis ou de alto impacto ambiental (Shrestha; Sun, 2019).

Algumas empresas relataram métricas como balanço, remoções, neutralidade e estoque de carbono. Entende-se que essas métricas são particularmente relevantes no contexto do setor, onde os plantios exercem papel ativo na captura e remoção de CO₂ da atmosfera. O balanço de carbono, por exemplo, permite estimar o saldo líquido

entre emissões e remoções, e pode ser uma boa forma de avaliar a efetividade das estratégias de mitigação e alcance de metas como a neutralidade climática.

A precificação de carbono, por sua vez, é uma prática já realizada por 4 empresas. Além disso, uma empresa está avaliando alternativas de precificação interna como parte de sua estratégia de descarbonização, enquanto outra prevê a adoção dessa prática nos próximos 2 anos. Essa prática permite incorporar os riscos climáticos na análise de viabilidade de projetos, orientar decisões de investimento e antecipar possíveis custos regulatórios (Monzoni, 2016), tornando-se uma ferramenta central em empresas com maior maturidade na gestão de riscos climáticos.

A baixa adoção da precificação de carbono pelas empresas analisadas pode refletir a ausência de políticas regulatórias no Brasil, cenário que tende a mudar com a criação do SBCE, uma vez que a adoção de precificação de carbono pelas empresas está correlacionada com riscos regulatórios e exposição a oportunidades (Amar et al., 2022). Por fim, ressalta-se o fato de que muitas empresas mencionam a geração de créditos de carbono como uma oportunidade relevante, mas apenas uma utiliza sua participação no mercado de carbono como métrica concreta.

No que diz respeito a outras métricas ambientais, a mais reportada foi indicadores relacionados à água, como medições de reservatórios, métricas de consumo e reutilização de água em processos produtivos, por exemplo (Tabela 10).

Tabela 10 - Outras métricas ambientais relatadas, número de citação e setor.

Outras métricas ambientais	Nº de citação	Setor
Água	20	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros
Resíduos	18	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros
Uso de energia ou eficiência energética	17	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros
Biodiversidade	14	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros
Economia circular e uso de materiais	10	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros
Gestão de efluentes	7	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros
Critérios socioambientais no	3	Celulose e papel;

Outras métricas ambientais	Nº de citação	Setor
fornecimento/contratação		Painéis de madeira
Gestão florestal sustentável e certificação	3	Celulose e papel; Painéis de madeira
Total de citações	92	

A disponibilidade e a qualidade da água são fatores diretamente afetados por riscos físicos, como as mudanças no regime de chuvas, os quais foram, inclusive, os mais citados nos relatos analisados. Embora a presença desses indicadores possa indicar uma preocupação com a adaptação, não é possível afirmar que todas as empresas que os reportam tenham uma gestão estratégica e integrada desses riscos, especialmente se não houver planos concretos de ação ou metas vinculadas.

Outras métricas frequentemente observadas referem-se à gestão de resíduos, economia circular e uso de energia, ambas com forte conexão às estratégias de mitigação das emissões de GEE. O uso de energia e as iniciativas de eficiência energética, por exemplo, se apresentam como métricas centrais na agenda climática, especialmente considerando que as indústrias de papel e celulose, um dos setores englobados pela análise, são bastante intensivas em consumo energético (Sun et al., 2018; Zhao et al., 2019).

Diante dos riscos físicos crescentes, como a escassez hídrica, incêndios e proliferação de pragas e doenças, as métricas associadas à biodiversidade, gestão florestal e certificação contribuem para aumentar a resiliência dos plantios e dos ecossistemas onde as empresas operam. Do ponto de vista da mitigação, essas métricas estão diretamente relacionadas ao sequestro e ao estoque de carbono nas florestas, desempenhando um papel relevante na redução líquida das emissões.

Ademais, 3 empresas relataram considerar critérios socioambientais no fornecimento sustentável ou na contratação de fornecedores, o que pode ser interpretado como uma abordagem inicial à gestão de emissões relacionadas ao Escopo 3. Apesar dos desafios encontrados, a incorporação desses critérios no relacionamento com fornecedores sinaliza um avanço na incorporação de práticas mais sustentáveis e gerenciamento de riscos, e pode levar à melhoria da reputação da companhia (Cooper, 2024; Reynolds, 2024). Essa prática também é muito valorizada por iniciativas como o CDP, por exemplo.

No geral, as métricas ambientais reportadas refletem, em alguma medida, a percepção dos riscos e oportunidades climáticas discutidos neste trabalho, e sua

presença nos relatos indica um avanço das empresas na incorporação de indicadores operacionais e ambientais à agenda climática.

4.4. Metas

A definição de metas têm sido sugerida como instrumento promissor para estimular a atuação das empresas frente aos desafios das mudanças climáticas (Walenta, 2020). Essa definição pode se relacionar diretamente com a forma como as companhias enxergam e respondem aos riscos e oportunidades decorrentes das mudanças climáticas.

Das 39 empresas analisadas, 17 (43,59%) divulgaram metas públicas de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE). Entre elas, 8 possuem metas validadas pela *Science Based Targets initiative* (SBTi), abrangendo os Escopos 1, 2 e 3, enquanto uma empresa submeteu suas metas à SBTi e segue aguardando validação, contemplando apenas os Escopos 1 e 2 (Tabela 11).

Tabela 11 - Metas relatadas, número de citação e setor.

Metas	Nº de citação	Setor
Meta de emissões líquidas zero	9	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros
Metas SBTi de redução de emissões nos escopos 1, 2 e 3	8	Celulose e papel; Painéis de madeira
Metas de aumento das remoções de carbono	7	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros
Compromissos de redução de emissões, sem detalhar os escopos	5	Celulose e papel; Outros
Metas voluntárias de redução de emissões nos escopos 1 e 2	2	Celulose e papel; Painéis de madeira
Metas voluntárias de redução de emissões nos escopos 1, 2 e 3	1	Celulose e papel
Meta SBTi FLAG	1	Celulose e papel
Total de citações	33	-

A SBTi é uma iniciativa internacional de referência, que orienta e certifica metas corporativas de redução de emissões com base no que a ciência climática considera necessário para evitar os impactos mais severos das mudanças do clima. A organização exige não apenas a definição de metas quantificáveis e verificáveis, mas também a implementação efetiva de estratégias para seu cumprimento (SBTi, 2025a).

Somente uma empresa cita a meta SBTi específica de Floresta, Terra e Agricultura (FLAG), a qual é uma iniciativa particularmente relevante para o setor florestal, pois considera tanto as emissões quanto remoções de carbono, aspectos centrais para empresas cuja atividade se relaciona ao uso da terra ou mudanças no uso da terra (SBTi, 2025b).

A baixa presença de metas SBTi pode ser explicada, em parte, pelo seu grau de exigência. Após estabelecidas, essas metas exigem ações concretas de curto, médio e longo prazo, revisão periódica de desempenho, além de comunicação transparente dos avanços, o que pode gerar receio por parte de empresas com menor maturidade climática ou incerteza quanto à viabilidade de cumprimento das metas. Devido a isso, empresas que aderem ao SBTi tendem a adotar estratégias climáticas mais robustas e apresentar melhor desempenho na redução de emissões ao longo do tempo, quando comparadas às que não aderem (Bjørn et al., 2022).

Das 17 empresas com metas públicas, 9 declararam estar comprometidas com a neutralidade climática (emissões líquidas zero), embora nem sempre com prazos ou estratégias bem definidas. Esse tipo de compromisso, embora ambicioso, carece de critérios rigorosos quando não vinculado a iniciativas como a SBTi, podendo se tratar de compromissos mais declaratórios do que operacionais, com estratégias efetivas de mitigação e adaptação.

Entre as companhias que não estão registradas no SBTi, apenas 3 estabeleceram metas voluntárias para os Escopos 1 e 2, sendo que uma também reporta metas voluntárias para o Escopo 3. Outras 5 mencionam compromissos de redução de emissões, mas sem detalhar os escopos abrangidos, o que reforça a percepção de que, em parte dos casos, as metas ainda são genéricas ou pouco operacionais.

Além das metas de redução, 7 empresas estabeleceram compromissos voltados ao aumento das remoções de carbono da atmosfera por meio da gestão de suas florestas, indicando que há reconhecimento do potencial de remoção associado aos ativos florestais, como já mencionado.

Além das metas apresentadas, foram mencionadas outras iniciativas, como restauração de áreas degradadas; aumento da circularidade dos produtos; compromissos de não desmatamento para *commodities* associadas ao desmatamento; substituição ou redução do uso de plásticos; plantio de espécies para incremento da biodiversidade florestal e promoção da resiliência climática; redução

do consumo de água; e compromissos de eficiência energética ou aumento do uso de energia renovável. Essas são ações conectadas com a mitigação e adaptação e serão detalhadas mais afundo em sequência.

4.5. Medidas de adaptação

Das 39 empresas com informações disponíveis para análise, 17 (43,59%) relataram alguma medida de adaptação relacionada às mudanças climáticas, sendo entre essas, 15 os tipos de ações de adaptação mencionadas, totalizando 58 menções (Tabela 12).

Tabela 12 - Medidas de adaptação relatadas, número de citação e setor.

Medidas de adaptação	Nº de citação	Setor
Armazenamento, reuso, eficiência no uso e redução do consumo de água	17	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros
Programas de proteção, monitoramento e controle de incêndios	7	Celulose e papel; Outros
Melhoramento contínuo de clones de pinus ou eucalipto, incluindo tolerância a seca, aumento de produtividade, resistência e resiliência às mudanças climáticas	5	Celulose e papel; Outros
P&D em solo, nutrição, fluxo de carbono e água, biotecnologia e outras soluções florestais	5	Celulose e papel
Programas de proteção fitossanitária e sistemas de monitoramento para a detecção precoce de pragas e doenças	4	Celulose e papel; Outros
Planos de adaptação na atividade florestal e indústria, com discussão da adoção de novas tecnologias e práticas	4	Celulose e papel
Planejamento de plantio considerando mudanças nos padrões climáticos	3	Celulose e papel; Outros
Elaboração e avaliação de cenários climáticos	3	Celulose e papel
Projetos em infraestrutura e planos de continuidade operacional	2	Celulose e papel
Manutenção da cobertura vegetal ao redor dos corpos d'água	2	Celulose e papel
Planejamento de longo prazo com revisão das medidas de adaptação, monitoramento e acompanhamento do impacto dos riscos mencionados	2	Celulose e papel
Trabalhos para aumentar a aderência aos modelos de transição climática	1	Celulose e papel
Medidas voltadas para o desenvolvimento local abordando, dentre outras questões, as mudanças climáticas	1	Outros
Conservação, proteção e restauração em encostas com base em SbN para evitar riscos de deslizamentos de terra	1	Celulose e papel
Fortalecer a construção e utilização de madeira como uma solução climática	1	Outros
Total de citações	58	-

Todas as empresas mencionam medidas relacionadas à gestão da água, com destaque para ações de armazenamento, reuso, aumento da eficiência e redução do consumo. Esse enfoque está alinhado à relevância do risco de estresse hídrico, o mais citado entre os riscos físicos, e aparece também refletido nas métricas ambientais reportadas, sobretudo nos indicadores de uso e disponibilidade hídrica. A escassez de água é reconhecida como um dos principais desafios para os setores agroindustriais em cenários de aquecimento global (Fagundes et al., 2020), e estratégias de gestão eficiente de recursos hídricos que considerem perspectivas tecnológicas atuais são apontadas como essenciais para a adaptação de sistemas produtivos (Iglesias; Garrote, 2015).

Outro grupo importante de medidas de adaptação está ligado à proteção e resiliência dos plantios florestais, por meio de programas de prevenção e combate a incêndios, melhoramento genético de clones, investimentos em pesquisa e desenvolvimento e monitoramento fitossanitário. A literatura mostra que o melhoramento genético e o uso de clones adaptados às novas condições climáticas são estratégias-chave para reduzir vulnerabilidades e manter a produtividade no longo prazo (Kumar, 2017; Leibing et al., 2013), porém, dado sua complexidade, são ações que requerem novas abordagens de pesquisa, tecnologias e práticas inovadoras (Cvejić et al., 2022), carecendo de investimentos nesses aspectos.

Com relação aos programas de prevenção e combate a incêndios, os benefícios vão desde reduzir a gravidade e a frequência dos incêndios florestais, reduzindo também os custos econômicos associados aos danos causados pelo fogo à infraestrutura, propriedades e recursos naturais (Marshall et al., 2024), além de redução das emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para os esforços de mitigação das mudanças climáticas (Da Veiga; Nikolakis, 2022).

Essas ações reforçam o reconhecimento de que as mudanças climáticas impõem novas pressões sobre os sistemas de cultivo, aumentando a incidência e intensidade de incêndios, pragas e doenças, riscos que também foram citados com frequência nos relatos analisados. Além de mitigar perdas produtivas e financeiras, como destacado anteriormente, essas ações contribuem para o fortalecimento da base florestal como ativo de remoção de carbono, se conectando, portanto, ao objetivo de mitigação das mudanças climáticas e ao alcance das metas de remoções e neutralidade climática.

Algumas empresas relataram também ações mais estruturadas, como a elaboração de planos de adaptação, avaliação de cenários climáticos, e planejamento de plantio com base em projeções de mudanças nos padrões climáticos. A inclusão de cenários climáticos é crucial para o planejamento da adaptação, pois eles fornecem estados climáticos futuros plausíveis com base em vários caminhos socioeconômicos, ajudando a identificar impactos potenciais e orientar medidas adaptativas (Dessai; Lu; Risbey, 2005). A revisão periódica das medidas adaptativas garante que essas estratégias permaneçam relevantes e eficazes em resposta à evolução dos estímulos climáticos e incertezas associadas (Holtanová; Halenka, 2023).

Há ainda medidas mais pontuais mencionadas, como projetos de infraestrutura para continuidade operacional, conservação de áreas ao redor de corpos d'água e soluções baseadas na natureza (SbN) para controle de deslizamentos de terra. Essas últimas, por exemplo, não apenas reduzem os impactos de eventos extremos, como também contribuem para múltiplos cobenefícios, incluindo conservação da biodiversidade, regulação do clima local e valorização dos serviços ecossistêmicos (Frumkin; Shane; Taj, 2024; Pathak et al., 2022).

Outras ações, como iniciativas voltadas ao desenvolvimento local com foco nas mudanças climáticas, podem gerar benefícios compartilhados com comunidades vulneráveis. Apesar do envolvimento local, chama-se atenção para nenhuma medida de adaptação relacionada aos riscos que podem afetar os trabalhadores, como o estresse térmico, mencionado no tópico de riscos.

A análise das medidas de adaptação climática relatadas pelas empresas revela um conjunto de ações voltadas a aumentar a resiliência dos sistemas produtivos frente aos riscos físicos identificados, como estresse hídrico, incêndios florestais, pragas e doenças, eventos extremos e alterações nos padrões climáticos. Essas ações dialogam diretamente com os principais riscos discutidos anteriormente e reforçam a importância da adaptação como componente essencial da resposta corporativa às mudanças do clima, complementando as estratégias de mitigação.

O número ainda limitado de empresas que mencionam planos formais de adaptação ou que integram ações com base em cenários futuros, contudo, evidencia que, apesar da relevância crescente do tema, muitas organizações ainda estão em estágio inicial na incorporação da adaptação climática em sua estratégia corporativa. Essa constatação está alinhada ao que aponta a literatura sobre barreiras institucionais e de capacidade técnica para a implementação de estratégias

adaptativas no setor privado, incluindo incertezas sobre os impactos futuros, acesso limitado a tecnologias de adaptação e investimentos em pesquisa, além de lacunas na governança climática (Amanuel; Molla, 2020; Fujiwara; Mahajan, 2023).

4.6. Medidas de mitigação

Com relação a mitigação, das 39 empresas analisadas, 31 (79,49%) relataram ao menos uma medida relacionada às mudanças climáticas, sendo entre essas, 17 os tipos de ações de mitigação mencionadas, totalizando 140 menções (Tabela 13). Esse número demonstra que as estratégias de mitigação vêm sendo amplamente incorporadas às práticas corporativas do setor.

Tabela 13 - Medidas de mitigação relatadas, número de citação e setor.

Medidas de mitigação	Nº de citação	Setor
Práticas de manejo florestal para potencializar a remoção de carbono ou manter as remoções superiores às emissões, conservação e combate ao desmatamento	20	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros; Restauração
Aumento da parcela, compra ou produção de energia 100% renovável	18	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros
Geração de energia a partir da biomassa ou licor negro como substituição de combustíveis fósseis	17	Celulose e papel; Painéis de madeira
Redução do consumo / substituição do uso de combustíveis fósseis por renováveis ou outro menos intensivo em emissões	17	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros
Ações em conjunto com a cadeia de valor (fornecedores e clientes) para reduzir emissões	13	Celulose e papel; Outros
Reciclagem, reuso e circularidade de materiais, com redução do envio de resíduos para aterros e programas “Aterro Zero”	12	Celulose e papel; Painéis de madeira
Troca de equipamentos e adoção de tecnologias de maior eficiência energética	11	Celulose e papel; Painéis de madeira
Recuperação/reflorestamento de áreas degradadas	6	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros; Restauração
Eletrificação da frota de veículos	4	Celulose e papel
Projetos para geração de créditos de carbono	4	Celulose e papel; Outros
Implementação de tecnologias de baixo carbono (tecnologias de captura de carbono e para tratamento de efluentes)	4	Celulose e papel
Otimização logística dos volumes de produtos transportados e de rotas percorridas	3	Celulose e papel
Compensação de emissões	3	Celulose e papel
Redução de emissão de poluentes atmosféricos e sistema de captação de gases poluentes	2	Painéis de madeira; Outros
Ações para redução de emissões (sem especificar)	2	Celulose e papel
Geração de produtos que podem substituir materiais de origem fóssil	1	Painéis de madeira
Controle biológico por meio de inimigos naturais, como alternativa ao uso de químicos	1	Celulose e papel
Total de citações	138	-

Entre as medidas mais citadas estão as práticas de manejo florestal voltadas à potencialização da remoção de carbono da atmosfera, além de ações de conservação e combate ao desmatamento. O combate ao desmatamento, em particular, tem relevância estratégica no contexto brasileiro, já que a conversão de florestas nativas é historicamente uma das principais fontes de emissões de gases de efeito estufa no país (Tsai et al., 2024).

Do ponto de vista corporativo, manter áreas florestais protegidas fortalece os compromissos ambientais e pode viabilizar o acesso a instrumentos econômicos como créditos de carbono e pagamentos por serviços ambientais (Ezzine-de-Blas; Hrabanski; Le Coq, 2016). As ações ligadas à remoção de carbono, conservação de florestas e recuperação de áreas degradadas não apenas contribuem com os compromissos de emissões líquidas zero, como também são compatíveis com oportunidades de participação em mercados voluntários de carbono (Paiva et al., 2015; Seroa da Motta et al., 2020).

A compra ou produção de energia 100% renovável foi a segunda prática de mitigação mais mencionada pelas empresas. As organizações podem utilizar instrumentos como Certificados de Energia Renovável (RECs) ou contratos de energia no mercado livre com cláusulas de rastreabilidade para comprovar a origem renovável da eletricidade consumida e, assim, reduzir as emissões relatadas em seus inventários de GEE (FGVces, 2019). Essa abordagem é especialmente relevante em um país como o Brasil, onde o setor elétrico apresenta elevada participação de fontes renováveis, mas a matriz ainda contém variações sazonais e regionais, onde principalmente períodos de seca podem alterar a intensidade de carbono da energia fornecida, por conta da dependência de usinas térmicas (Cavalcante; Dewulf; Van Oel, 2022; Reichert; Souza, 2021; Tomasella et al., 2023).

A substituição de fontes fósseis por energias renováveis e a geração de energia a partir de biomassa ou licor negro, também se destacam como estratégias recorrentes. Essas medidas impactam diretamente os Escopos 1 e 2 de emissões, ao reduzir o uso de combustíveis fósseis nas operações e a dependência de eletricidade proveniente da rede. No contexto do setor florestal industrial, tais práticas ganham ainda mais relevância, dado o seu elevado potencial de aproveitamento energético de resíduos e subprodutos do próprio processo produtivo, como cavacos de madeira,

cascas, lodo, licor negro e outros resíduos lignocelulósicos (Lopes et al., 2023; Moreira et al., 2023; Pardo Cuervo; Rosas; Romanelli, 2024).

Além disso, o uso desses subprodutos como fonte energética está ligado a estratégias de economia circular, redução de resíduos e aumento da eficiência operacional, temas que também foram identificados entre os relatos. Como já mencionado, as indústrias de papel e celulose são bastante intensivas energeticamente e as medidas mencionadas acima também podem gerar um impacto significativo na redução das emissões de GEE.

A colaboração com a cadeia de valor também foi frequentemente citada, refletindo a crescente preocupação com o Escopo 3 de emissões. Ações conjuntas com fornecedores e clientes para redução das emissões indicam um avanço na incorporação da perspectiva sistêmica do impacto climático, e apontam para a importância da responsabilidade compartilhada na jornada de descarbonização (Chilvers et al., 2021; Howarth; Winfield, 2023).

Essas ações são relevantes especialmente para empresas de setores com alta intensidade de emissões de GEE, que tendem a se engajar mais ativamente com parceiros da cadeia de suprimentos, uma vez que o grau de emissões envolvido nas operações atua como um fator que impulsiona esse engajamento ao longo da cadeia, como uma estratégia para reduzir riscos, atender expectativas regulatórias e preservar sua competitividade (Lintukangas et al., 2023).

Outro grupo relevante de medidas refere-se à circularidade e à gestão de resíduos, com destaque para ações de reciclagem, reuso e eliminação do envio de resíduos para aterros (como os programas "Aterro Zero"). Essas práticas contribuem tanto para a redução das emissões de GEE, como para a economia de recursos e insumos, se conectando às métricas ambientais relacionadas à economia circular e ao uso eficiente de materiais e com as ações de aproveitamento de resíduos para geração energética, já discutidos. Além disso, a adoção de tecnologias mais eficientes e de equipamentos modernos também figura entre as práticas mais mencionadas, reforçando o vínculo entre mitigação e eficiência operacional.

A análise das ações de mitigação permite observar uma certa aderência a estratégias estruturadas de redução das emissões. Muitas das ações relatadas parecem estar relacionadas a metas específicas, como neutralidade de carbono ou aumento das remoções, bem como a métricas de monitoramento de emissões, eficiência energética e uso de recursos. No entanto, a adoção ainda limitada de metas

validadas pela SBTi, como discutido anteriormente, pode limitar a ambição e a efetividade dessas ações.

4.7. Maturidade de reporte

A avaliação da maturidade dos relatos climáticos das empresas do setor de base florestal foi bem variada entre as 49 empresas analisadas. De maneira geral, observa-se que a maior parte das empresas ainda se encontra nos níveis iniciais de desenvolvimento no que se refere à divulgação estruturada de informações sobre os critérios avaliados. No critério de existência de relatório climático (critério 1), aproximadamente 59,18% das empresas apresentam relatório estruturado e regular, principalmente por meio de relatórios de sustentabilidade (Tabela 14).

Tabela 14 - Distribuição das empresas por nível de pontuação em cada critério de maturidade de relatório climático.

	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4	Critério 5
Pontuação 0	10	29	17	19	32
Pontuação 1	10	12	28	21	7
Pontuação 2	29	8	4	9	10

Critério 1 = Existência de relatório climático; Critério 2 = Detalhamento dos riscos e oportunidades climáticas; Critério 3 = Ações de mitigação e adaptação; Critério 4 = Métricas e metas climáticas; Critério 5 = Participação em iniciativas voluntárias.

Cabe ressaltar que no trabalho não foi avaliado a qualidade de relatório, apenas sua presença. Porém, há evidências de que a qualidade geral dos relatórios de sustentabilidade das empresas brasileiras está dentro da faixa de maturidade média, sugerindo que há espaço para aprimoramento nas práticas de relato em vários setores (Sousa et al., 2024). Essa informação pode justificar o baixo número de empresas que atingem maior pontuação nos demais critérios avaliados, uma vez que tratam da avaliação de informações mais específicas.

Por outro lado, 10 empresas (20,41%) não apresentam qualquer tipo de informação sobre o tema, e outras 10 (20,41%) tratam do assunto apenas de forma genérica, em páginas de site ou em menções superficiais nos relatórios. Essas geralmente foram empresas de consultoria, ou empresas dos demais setores, porém de pequeno porte.

No critério sobre detalhamento dos riscos e oportunidades (critério 2), apenas 16,33% das empresas atingiram o nível mais alto, com análises estruturadas,

contendo identificação dos tipos de risco, seus impactos, horizonte temporal e estratégias de resposta. Essas empresas pertenciam aos setores de papel e celulose, principalmente, e painéis de madeira.

A maior parte (59,18%) ficou no nível mais baixo, sem qualquer identificação de riscos ou oportunidades relacionados às mudanças climáticas, e 24,29% das empresas apresentam algum nível de mapeamento, porém de forma genérica ou pouco detalhada. A ausência de identificação de riscos compromete a capacidade de planejamento e de construção de respostas eficazes, e pode estar relacionada à baixa percepção de riscos materiais ou à dificuldade técnica de mapeamento. Além disso, a falta dessa etapa prejudica diretamente a definição de estratégias de mitigação e adaptação, já que as ações não estão ancoradas em diagnósticos estruturados.

Apesar de muitas empresas brasileiras apresentarem informações relacionadas aos riscos climáticos, o grau de detalhamento e abrangência dessas divulgações ainda é limitado. Evidências indicam que a divulgação de riscos climáticos pelas corporações está positivamente associada a fatores como porte da empresa, resultados financeiros, perfil da indústria e regulamentação climática (Kouloukou et al., 2019b, 2025), o que explica os setores que mais relataram essas informações. A análise reforça a existência de uma assimetria setorial no nível de maturidade, onde setores com maior exposição a mercados internacionais, e consequentemente maior porte, tendem a apresentar relatos mais robustos, como os setores de papel e celulose e painéis de madeira.

No que diz respeito as ações de mitigação e adaptação (critério 3), observa-se que 34,69% das empresas não reportam nenhuma medida associada, enquanto a maioria (28 empresas, 57,14%) menciona ações de forma pontual, isolada ou sem conexão clara com os riscos e oportunidades mencionados. Apenas 4 empresas (8,16%) apresentam planos robustos, que combinam ações de mitigação e adaptação implementadas e integradas às suas estratégias corporativas, todas essas do setor de papel e celulose. Essa desconexão entre riscos e ações relatadas indica que as medidas implementadas nem sempre derivam de uma análise clara de riscos climáticos.

Em relação ao critério das métricas e metas climáticas (critério 4), 38,78% das empresas não divulgam métricas nem metas relacionadas às mudanças climáticas. Outras 21 empresas (42,86%) apresentam algum tipo de métrica, como inventário de emissões de GEE, ou metas, porém pouco detalhadas, sem referência a prazos ou

parâmetros robustos. Apenas 9 empresas (18,37%) atingem o nível mais alto, com divulgação de métricas abrangentes e metas alinhadas a referências científicas ou compromissos setoriais, como a meta FLAG. Dentre essas, estão presentes apenas os setores de papel e celulose e painéis de madeira.

Por fim, no critério de participação em iniciativas voluntárias, 65,31% das empresas não possuem adesão a *frameworks* voluntários relevantes, como CDP, TCFD, IFRS ou SASB. Outras 7 empresas (14,29%) participam de uma ou duas dessas iniciativas, enquanto apenas 10 empresas (20,41%) apresentam maior engajamento, participando no mínimo de 3 iniciativas mencionadas. Esse resultado pode indicar uma baixa exposição a padrões internacionais de divulgação, o que reduz a comparabilidade e a transparência das informações. Apesar disso, esse número tende a aumentar, visto que 3 empresas que estão com pontuação 0 ou 1, estão listadas na CVM e terão que relatar informações com base no padrão IFRS de forma obrigatória a partir de 2026.

Os resultados da avaliação de maturidade dos relatos climáticos indicam que apenas uma parcela limitada das empresas analisadas apresenta um nível elevado de aderência às boas práticas de divulgação de informações sobre mudanças climáticas. Do total, 8 empresas (16,33%) foram classificadas no nível de maturidade alta, caracterizado por relatos estruturados e detalhados, alinhados a *frameworks* internacionais e integrados à estratégia corporativa (Tabela 15), sendo essas majoritariamente do setor de papel e celulose e painéis de madeira.

Tabela 15 - Classificação das empresas por nível de maturidade de reporte climático e setor.

Nível de Maturidade	Número de Empresas	Setor	%
Alta	8	Celulose e papel; Painéis de madeira	16,33%
Média	18	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros	36,73%
Baixa	23	Celulose e papel; Painéis de madeira; Outros; Restauração	46,94%
Total de empresas	49	-	100%

Por outro lado, 46,94% das empresas apresentam maturidade baixa, evidenciando ausência ou insuficiência de informações estruturadas, pouca

participação em iniciativas voluntárias reconhecidas e baixo detalhamento das informações divulgadas. Um grupo intermediário de 18 empresas, representando 36,73%, foi classificado com maturidade média, indicando que essas empresas já incorporam alguns elementos essenciais do relatório climático, mas ainda com lacunas em termos de abrangência e conexão entre os critérios avaliados.

Esse cenário indica que, para a maioria, o relatório climático ainda não é visto como ferramenta estratégica de gestão de riscos e oportunidades. Observa-se pouca integração entre identificação de riscos, ações adotadas e definição de metas, o que compromete a consistência dos relatos. Nesse sentido, a regulação emergente, como a Resolução nº 193 da CVM, pode induzir melhorias, especialmente entre empresas listadas. No entanto, o avanço da maturidade dependerá também de maior capacitação técnica, fortalecimento da governança climática e incentivo à transparência em toda a cadeia de valor.

5. CONCLUSÃO

Os relatórios analisados evidenciam a predominância de riscos físicos associados ao regime hídrico, incêndios florestais, variação de temperatura e eventos climáticos extremos, bem como riscos de transição de natureza regulatória e mercadológica. As oportunidades reportadas se concentraram sobretudo na geração de créditos de carbono e no fortalecimento da resiliência climática. Também foram identificadas e analisadas as métricas e metas climáticas mais recorrentes, com destaque para emissões de GEE, metas de neutralidade e SBTi, além de um amplo conjunto de ações de adaptação e mitigação que incluem manejo florestal, eficiência hídrica, proteção contra incêndios e transição para energia renovável.

A análise dos relatos mostra que, embora o setor de base florestal brasileiro ainda se encontre em estágio incipiente de integração das mudanças climáticas à estratégia corporativa, há sinais de avanço. Parte das empresas já demonstra consciência sobre os impactos potenciais das mudanças do clima, especialmente riscos físicos sobre os plantios, e reconhece a crescente pressão regulatória e de mercado sobre seus negócios. Entretanto, essa percepção nem sempre se traduz em diagnósticos estruturados ou em ações coerentes e integradas.

O setor florestal, pela própria natureza do seu negócio e pela relação direta com conservação, uso sustentável da terra e remoção de carbono, possui vantagens estratégicas para liderar a agenda climática no país. No entanto, para consolidar esse

protagonismo, ainda são necessárias melhorias na qualidade e consistência dos relatos, com maior alinhamento a *frameworks* reconhecidos internacionalmente. A integração entre riscos, oportunidades, metas e ações climáticas também precisa ser fortalecida, de modo que essas informações deixem de ser peças isoladas nos relatos e passem a refletir efetivamente a gestão estratégica da questão climática nas empresas.

Para que esse cenário evolua, é fundamental que a divulgação climática seja incorporada de maneira estruturada à governança corporativa, consolidando-se como ferramenta de planejamento, estratégia e geração de valor no longo prazo. A chegada de novas regulações brasileiras, alinhadas aos padrões globais, tende a atuar como um vetor importante de amadurecimento, mas seu impacto dependerá da disposição das empresas em promover mudanças estruturais.

O fortalecimento da maturidade dos relatos exigirá esforços coordenados entre capacitação técnica, incentivo à transparência, articulação setorial e um olhar estratégico para os desafios climáticos. Somente assim será possível transformar os relatos não apenas em instrumentos de conformidade, mas em mecanismos eficazes de resiliência e posicionamento frente à transição para uma economia de baixo carbono.

REFERÊNCIAS

- ABNT. ABNT NBR ISO 14040:2009 - Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. , 2009. . Acesso em: 5 jul. 2025
- ABNT. ABNT NBR ISO 14067:2023 - Gases de efeito estufa - Pegada de carbono de produtos - Requisitos e orientações sobre quantificação. , 2023. . Acesso em: 5 jul. 2025
- ALTAY, Nezih; RAMIREZ, Andres. Impact of Disasters on Firms in Different Sectors: Implications for Supply Chains. **Journal of Supply Chain Management**, v. 46, n. 4, p. 59–80, 2010.
- ALVES, Lucas Lamare Moreira *et al.* Strategic Analysis of the Forest Carbon Market in Brazil. **Sustainability**, v. 16, n. 16, p. 6898, jan. 2024.
- AMANUEL, Wondimagegn; MOLLA, and Moges. Institutional Capacity and Strategy to Enhance Social- Ecological Adaptation for Climate Change, South Ethiopia. **Annals of Ecology and Environmental Science**, v. 4, n. 4, p. 19–27, 22 dez. 2020.
- AMAR, Ben *et al.* Climate change exposure and internal carbon pricing adoption. **Business Strategy and the Environment**, v. 31, n. 7, p. 2854–2870, mar. 2022.
- ARQUINT, Nina; BERGER, Andreas. Mitigating the Risks and Nurturing the Opportunities: Data and Tech Vital in Tackling Companies ESG Challenges. *In: Sustainability, Technology, and Finance. [S.I.]*: Routledge, 2022.
- ASWANI, Jitendra; RAGHUNANDAN, Aneesh; RAJGOPAL, Shiva. Are Carbon Emissions Associated with Stock Returns? **Review of Finance**, v. 28, n. 1, p. 75–106, 16 jan. 2024.
- BJØRN, Anders *et al.* Can Science-Based Targets Make the Private Sector Paris-Aligned? A Review of the Emerging Evidence. **Current Climate Change Reports**, v. 8, n. 2, p. 53–69, 1 jun. 2022.
- BRASIL. LEI N° 15.042, DE 11 DE DEZEMBRO DE 2024. . 11 dez. 2024.
- BRZOSTEK, Edward R. *et al.* Chronic water stress reduces tree growth and the carbon sink of deciduous hardwood forests. **Global Change Biology**, v. 20, n. 8, p. 2531–2539, ago. 2014.
- CAVALCANTE, Louise; DEWULF, Art; VAN OEL, Pieter. Fighting against, and coping with, drought in Brazil: two policy paradigms intertwined. **Regional Environmental Change**, v. 22, n. 4, p. 111, 6 set. 2022.

CDP. **Disclosure Data Factsheet 2023.** Disponível em: <<https://cdp.net/pt/insights/cdp-2023-disclosure-data-factsheet>>. Acesso em: 6 jul. 2025.

CENCI, Simone *et al.* The alignment of companies' sustainability behavior and emissions with global climate targets. **Nature Communications**, v. 14, n. 1, p. 7831, 5 dez. 2023.

CHILVERS, Jason *et al.* A systemic approach to mapping participation with low-carbon energy transitions. **Nature Energy**, v. 6, n. 3, p. 250–259, mar. 2021.

COHEN, Shira; KADACH, Igor; ORMAZABAL, Gaizka. Institutional investors, climate disclosure, and carbon emissions. **Journal of Accounting and Economics**, v. 76, n. 2–3, p. 101640, nov. 2023.

COOPER, Mason. **Sustainable Procurement Practices: Exploring Environmental and Social Criteria in Supplier Evaluation.** Preprints, , 10 jul. 2024. Disponível em: <<https://www.preprints.org/manuscript/202407.0752/v1>>. Acesso em: 11 jul. 2025

CORDONNIER, Joseph; SAYGIN, Deger. **Financing solutions to foster industrial decarbonisation in emerging and developing economies:** OECD Environment Working Papers. [S.I.]: S.n.J. Disponível em: <https://www.oecd.org/en/publications/financing-solutions-to-foster-industrial-decarbonisation-in-emerging-and-developing-economies_24a155ab-en.html>. Acesso em: 6 jul. 2025.

CRUZ, Thayse Santos *et al.* Estratégias de enfrentamento às mudanças climáticas: um estudo com as empresas listadas no Índice de Sustentabilidade Empresarial da B3. **Revista de Administração da UFSM**, v. 10, p. 149–166, 1 dez. 2017.

CVEJIĆ, Sandra *et al.* Innovative Approaches in the Breeding of Climate-Resilient Crops. *In: Climate Change and Agriculture.* [S.I.]: John Wiley & Sons, Ltd, 2022. p. 111–156.

CVM - COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Resolução CVM Nº 59, de 22 de dezembro de 2021 republicada com as alterações decorrentes da edição da Resolução CVM Nº 87 e da Resolução CVM Nº 168/22.** , 2022.

CVM - COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Resolução CVM Nº 193, de 20 de outubro de 2023, com as alterações introduzidas pela Resolução CVM Nº 219/24.** , 2023.

DA VEIGA, Renata Moura; NIKOLAKIS, William. Fire Management and Carbon Programs: A Systematic Literature Review and Case Study Analysis. **Society & Natural Resources**, v. 35, n. 8, p. 896–913, 3 ago. 2022.

DAI, Tinglong; TANG, Christopher S. Natural Hazards and Supply Chain. *In: Oxford Research Encyclopedia of Natural Hazard Science*. [S.I.: S.n.].

DAIGNEAULT, Adam *et al.* How the future of the global forest sink depends on timber demand, forest management, and carbon policies. **Global Environmental Change**, v. 76, p. 102582, set. 2022.

DALMORA, Gabriela; LUZZI, Karine; HEMKEMEIER, Marcelo. A CONTRIBUIÇÃO DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (ACV) PARA A MINIMIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DE PROCESSOS PRODUTIVOS: UMA ABORDAGEM TEÓRICA. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 2675-6218**, v. 4, n. 2, p. e422714, 1 fev. 2023.

DESSAI, Suraje; LU, Xianfu; RISBEY, James S. On the role of climate scenarios for adaptation planning. p. 87–97, 2005.

DEY, D. *et al.* Overview of climate disclosures. **British Actuarial Journal**, v. 28, p. e13, 2023.

DIETZ, Simon *et al.* An assessment of climate action by high-carbon global corporations. **Nature Climate Change**, v. 8, n. 12, p. 1072–1075, dez. 2018.

ELDALY, Kareem; ELDIN, Asmaa Nasr; ELGIZAWI, Lamis. The Dilemma between Reducing the Thermal Stress in the Industrial Spaces and Ergonomics Arrangement in Low- and Middle-income Countries. **Civil Engineering and Architecture**, v. 11, n. 1, p. 279–293, jan. 2023.

EUROPEAN COMMISSION. **Carbon Border Adjustment Mechanism**. Disponível em: <https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en>. Acesso em: 5 jul. 2025.

EZZINE-DE-BLAS, Driss; HRABANSKI, Marie; LE COQ, Jean-François. Payment for Environmental Services in Climate Change Policies. *In: TORQUEIAU, Emmanuel (Org.). Climate Change and Agriculture Worldwide*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2016. p. 277–288.

FAGUNDES, Odair de Souza *et al.* The water crisis and its implications in Brazilian agribusiness: A bibliographic review. **ResearchGate**, 2020.

FEIJÓ, Flávio Tosi; KUIK, Onno. Brazilian competitiveness of energy-intensive and trade-exposed industrial sectors vis-à-vis the adoption of border carbon adjustments by the EU: an approach using the GTAP-EP model. 2017.

FGVCE. **Nota técnica: diretrizes para a contabilização de emissões de Escopo 2 em inventários organizacionais de gases de efeito estufa no âmbito do Programa Brasileiro GHG Protocol: versão 4.0.** [S.I.: S.n.]. Disponível em:

<<https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/0cdf88e0-6128-432d-ad07-f109db93478b/content>>. Acesso em: 14 jul. 2025.

FRUMKIN, Howard; SHANE, Brendan; TAJ, Schottland. Promoting Health Through Nature-Based Climate Solutions. *In: Climate Change and Public Health*. [S.I.: S.n.]. p. 360–384.

FUJIWARA, Ayaka; MAHAJAN, Rajeev. Innovative Ways to Mobilise Private Sector Capital in Climate Change Adaptation Investments in Developing Countries—Mechanisms and Forward-Looking Vision from Practitioners' Standpoint. *In: LEAL FILHO, Walter et al. (Orgs.). Climate Change Strategies: Handling the Challenges of Adapting to a Changing Climate*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. p. 345–364.

GARCÍA, Jorge H.; STERNER, Thomas. Carbon Taxes. *In: Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*. [S.I.: S.n.].

GHAFFARIYAN, Mohammad Reza *et al.* A short review of timber truck fuel consumption studies. 2018.

GRANT, Gordon E.; TAGUE, Christina L.; ALLEN, Craig D. Watering the forest for the trees: an emerging priority for managing water in forest landscapes. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 11, n. 6, p. 314–321, ago. 2013.

GU, Hongmei *et al.* Carbon Impacts of Engineered Wood Products in Construction. *In: Engineered Wood Products for Construction*. [S.I.]: IntechOpen, 2021.

HADZIOSMANOVIC, Maida. **Business accountability for climate change: carbon emissions contributions and future sectoral pathways for global carbon budgets**. [S.I.: S.n.].

HALIM, Iskandar *et al.* Evaluating the potential impacts of carbon tax cost passing strategy on petrochemical selling prices. *SN Applied Sciences*, v. 1, n. 11, p. 1490, 25 out. 2019.

HAMADA, Emilia; GHINI, Raquel. Impactos del cambio climático en plagas y enfermedades de las plantas en brasil* impacts of climate change on plant diseases and pests in brazil. 2011.

HOLTANOVÁ, Eva; HALENKA, Tomáš. Climate change scenarios. *První konference PERUN*, p. 27–33, 20 dez. 2023.

HOWARTH, Richard; WINFIELD, Fiona. Procurement and Supply: Pushing the Boundaries to Remove Carbon Emissions. *In: The Handbook of Carbon Management*. [S.I.]: Routledge, 2023.

IBÁ. **Relatório Anual IBÁ 2024.** [S.I.: S.n.]. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio2024.pdf>>. Acesso em: 5 jul. 2025.

IBÁ. **IBÁ - Associadas.** Disponível em: <<https://iba.org/associadas>>. Acesso em: 30 jun. 2025.

IGLESIAS, Ana; GARROTE, Luis. Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe. **Agricultural Water Management**, v. 155, p. 113–124, 1 jun. 2015.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** 1. ed. [S.I.]: Cambridge University Press, 2023.

KAPOOR, Richa; MOTILAL, Proteek. Development of Forest Carbon Offsetting: Challenges, Opportunities, and Implications. 2024.

KOSKINEN, Marika. Emission reporting with focus on scope 3: A literature review on challenges and implications. p. 29, 26 nov. 2023.

KOULOUKOUTI, Daniel *et al.* Factors influencing the level of environmental disclosures in sustainability reports: Case of climate risk disclosure by Brazilian companies. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, v. 26, n. 4, p. 791–804, jul. 2019a.

KOULOUKOUTI, Daniel *et al.* Factors influencing the level of environmental disclosures in sustainability reports: Case of climate risk disclosure by Brazilian companies. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, v. 26, n. 4, p. 791–804, jul. 2019b.

KOULOUKOUTI, Daniel *et al.* Business climate risk management: international perspectives and strategic determinants. **Environment, Development and Sustainability**, 15 nov. 2023.

KOULOUKOUTI, Daniel *et al.* Business climate risk management: international perspectives and strategic determinants. **Environment, Development and Sustainability**, v. 27, n. 2, p. 4683–4724, 1 fev. 2025.

KRAETZIG, Elda Rodrigues Steinhorst *et al.* Opportunities and Challenges of Sustainable Innovation for Climate Change Mitigation in Companies: A Systematic Literature Review. **Environmental Quality Management**, v. 34, n. 1, p. e22284, set. 2024.

KUMAR, S. Naresh. Improving Crop Adaptations to Climate Change: Contextualizing the Strategy. In: MINHAS, Paramjit Singh; RANE, Jagadish; PASALA, Ratna Kumar (Orgs.). **Abiotic Stress Management for Resilient Agriculture**. Singapore: Springer, 2017. p. 277–298.

KUSCHNIG, Nikolas *et al.* Eroding resilience of deforestation interventions—evidence from Brazil's lost decade. **Environmental Research Letters**, v. 18, n. 7, p. 074039, jul. 2023.

LEIBING, Christoph *et al.* Selection of Provenances to Adapt Tropical Pine Forestry to Climate Change on the Basis of Climate Analogs. **Forests**, v. 4, n. 1, p. 155–178, mar. 2013.

LI, Fengfei; LIN, Chen; LIN, Tse-Chun. A one-two punch to the economy: Climate vulnerability and corporate innovation strategies. **SSRN Electronic Journal**, 2023.

LINNAKOSKI, Riikka *et al.* Editorial: Forest Health Under Climate Change: Effects on Tree Resilience, and Pest and Pathogen Dynamics. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 1157, 15 out. 2019.

LINTUKANGAS, Katrina *et al.* Determinants of Supply Chain Engagement in Carbon Management. **Journal of Business Ethics**, v. 186, n. 1, p. 87–104, 1 ago. 2023.

LIU, Peide; LI, Xina; LI, Jialu. Competitive firms' low-carbon technology diffusion under pollution regulations: A network-based evolutionary analysis. **Energy**, v. 282, p. 128836, 1 nov. 2023.

LIU, Zheng; SUN, Wenzhuo. Study on Low-Carbon Technology Investment Strategies for High Energy-Consuming Enterprises under the Health Co-Benefits of Carbon Emission Reduction. **Sustainability**, v. 15, n. 11, p. 8872, jan. 2023.

LOPES, Marina *et al.* Extraction and characterization of two residual lignins from eucalyptus wood. **Ciência Florestal**, v. 33, p. e68976, 7 ago. 2023.

MARSHALL, Erica *et al.* Fire management now and in the future: Will today's solutions still apply tomorrow? **Science of The Total Environment**, v. 957, p. 177863, 20 dez. 2024.

MCKENNA, Zachary J. *et al.* A comprehensive evaluation of heat stress and heat strain in a sample of sugarcane cutters in Brazil. **Journal of Applied Physiology**, v. 135, n. 6, p. 1431–1439, dez. 2023.

MONZONI, Mario. **Diretrizes empresariais para precificação interna de carbono.** [S.I.]: Centro de Estudos em Sustentabilidade (FGVces), nov. 2016. Disponível em: <<https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/c48ea519-74f2-4ea2-814b-18df23f54f09/content>>. Acesso em: 7 jul. 2025.

MOREIRA, Caio Miquelino Eletto Torres *et al.* Torrefaction of kraft pulp mills sludges. **Scientific Reports**, v. 13, p. 22247, 14 dez. 2023.

MURCIA, Fernando Dal-Ri. ESG Disclosure by Brazilian Public Companies. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. e07616, 2 jul. 2024.

NETO, Mario *et al.* **Relatório Anual do Programa Brasileiro GHG Protocol: resultados do ciclo 2024.** [S.I.: S.n.].

OLIVEIRA, Luciane Costa de *et al.* EROSÃO HÍDRICA EM PLANTIO DE PINUS, EM ESTRADA FLORESTAL E EM CAMPO NATIVO. **FLORESTA**, v. 44, n. 2, p. 239–248, 2014.

OXFORD ANALYTICA. Corporate climate reporting is underestimating risks. **Emerald Expert Briefings**, v. oxan-db, n. oxan-db, 18 jul. 2024.

PAIVA, Danielle Soares *et al.* Mercado Voluntário de Carbono: Análises de Cobenefícios de Projetos Brasileiros. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 19, p. 45–64, fev. 2015.

PARDO CUERVO, Oscar H.; ROSAS, Camila A.; ROMANELLI, Gustavo P. Valorization of residual lignocellulosic biomass in South America: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 31, n. 32, p. 44575–44607, 1 jul. 2024.

PATHAK, Arsum *et al.* Key Considerations for the Use of Nature-Based Solutions in Climate Services and Adaptation. **Sustainability**, v. 14, n. 24, p. 16817, jan. 2022.

PRICEWATERHOUSECOOPERS. **Pesquisa Global com Investidores 2024.** [S.I.: S.n.]. Disponível em: <https://www.pwc.com.br/pt/estudos/setores-atividades/financeiro/2025/Pesquisa-Global-Investidores_2024.pdf>.

RAJI, Dr. SUSTAINABLE FINANCE IN ACTION: EXPLORING GREEN LOANS IN PROMOTING ENVIRONMENTAL RESPONSIBILITY. **Kristu Jayanti Journal of Management Sciences (KJMS)**, p. 14–25, 2023.

REICHERT, Bianca; SOUZA, Adriano Mendonça. Interrelationship simulations among Brazilian electric matrix sources. **Electric Power Systems Research**, v. 193, p. 107019, 1 abr. 2021.

REKKER, S. *et al.* Measuring corporate Paris Compliance using a strict science-based approach. **Nature Communications**, v. 13, n. 1, p. 4441, 10 ago. 2022.

REYNOLDS, Samantha. **Exploring Sustainable Procurement Practices: A Qualitative Study of Supplier Selection Criteria.** Preprints, , 10 jun. 2024. Disponível em: <<https://www.preprints.org/manuscript/202406.0548/v1>>. Acesso em: 11 jul. 2025

RIVIERE, M. *et al.* A Bioeconomic Projection of Climate-Induced Wildfire Risk in the Forest Sector. **Earth's Future**, v. 10, n. 4, p. e2021EF002433, 2022.

ROCHA, Ademir Antônio Moreira. **Climate change, water resources and economic impacts: an analysis of Brazilian hydrographic regions**. text—[S.I.]: Universidade de São Paulo, 4 maio 2022.

ROCHA, Letícia Bueno de Oliveira; MAGRI, Rômulo Amaral Faustino; PEREIRA, Tereza Cristina de Faria Kraüss. Avaliação das condições de trafegabilidade e impactos ambientais de uma estrada não pavimentada situada no sudoeste de Minas Gerais, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e22110313236–e22110313236, 14 mar. 2021.

RODRIGUES, Nayra Vasiulis Ferreira *et al.* LOW-CARBON INITIATIVES IN THE PULP AND PAPER INDUSTRY AND THE CONTRIBUTIONS TO THE CARBON MARKET IN BRAZIL: AN ANALYSIS OF SUSTAINABILITY REPORTS. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 18, 26 dez. 2023.

SÁNCHEZ, Antonio Santos. Chapter Nine - Toward “Zero Liquid Discharge” industrial facilities: Reducing the impact on freshwater resources by reusing industrial and urban wastewaters. *In:* HUSSAIN, Chaudhery Mustansar (Org.). **Concepts of Advanced Zero Waste Tools**. [S.I.]: Elsevier, 2021. p. 215–246.

SANTOS, Josielton; JUSTINO, Flávio; RODRIGUES, Jackson. **Impact of precipitation extremes on energy production across the São Francisco river basin, Brazil**. Research Square, , 18 mar. 2024. Disponível em: <<https://www.researchsquare.com/article/rs-4086856/v1>>. Acesso em: 5 jul. 2025

SARDEIRO, Luciana Da Silva Moraes *et al.* O Disclosure dos Riscos Climáticos na Agropecuária no Brasil. **Revista Científica do ITPAC**, v. 15, n. 1, p. 48–55, 2022.

SBTI. **Science Based Targets - About Us**. Disponível em: <<https://sciencebasedtargets.org/about-us>>. Acesso em: 11 jul. 2025a.

SBTI. **Science Based Targets - Carbon removals in Forest, Land and Agriculture (FLAG) Pathways**. Disponível em: <<https://sciencebasedtargets.org/blog/carbon-removals-in-forest-land-and-agriculture-flag-pathways>>. Acesso em: 11 jul. 2025b.

SCHMIDT, Mario; NILL, Moritz; SCHOLZ, Johannes. Determining the Scope 3 Emissions of Companies. **Chemical Engineering & Technology**, v. 45, n. 7, p. 1218–1230, 2022.

SEIDL, Rupert *et al.* Forest disturbances under climate change. **Nature Climate Change**, v. 7, n. 6, p. 395–402, jun. 2017.

SEMERTZIDIS, Theodoros; SPATARU, Catalina; BLEISCHWITZ, Raimund. Cross-sectional Integration of the Water-energy Nexus in Brazil. **[Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems]**, v. [6], n. [1], p. [114]-[128], 30 mar. 2018.

SEROA DA MOTTA, Ronaldo *et al.* Financing Forest Protection with Integrated REDD+ Markets in Brazil. *In: BUCHHOLZ, Wolfgang *et al.* (Orgs.). Ancillary Benefits of Climate Policy: New Theoretical Developments and Empirical Findings.* Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 243–255.

SHRESTHA, Prativa; SUN, Changyou. Carbon Emission Flow and Transfer through International Trade of Forest Products. **Forest Science**, v. 65, n. 4, p. 439–451, 1 ago. 2019.

SILVA, Naiane Gomes da *et al.* Vulnerabilidade ambiental e socioeconômica aos eventos extremos de precipitação relacionados a seca no semiárido nordestino – Estudo de caso da Bacia Hidrográfica de Terra Nova – Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 3, p. 1490–1510, 1 jun. 2023.

SILVA, Renata *et al.* Brazilian Forest-Based Sector Perceptions and Contributions to the Sustainable Development Goals (SDGs)—Developing Strategies Using the Strategic Options Development and Analysis (SODA) Approach. **Forests**, v. 15, n. 1, p. 198, jan. 2024.

SOARES, Marcos De Abreu; COSTA, Hirdan Katarina De Medeiros. A crise hídrica enfrentada em 2021: uma avaliação das principais medidas adotadas pelo Governo. **DELOS: DESARROLLO LOCAL SOSTENIBLE**, v. 16, n. 43, p. 489–503, 25 abr. 2023.

SOUSA, Isabela Caroline de *et al.* Analysis of the quality of sustainability reports published by Brazilian companies: An analytic hierarchy process-grey clustering approach. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, v. 31, n. 5, p. 4298–4314, 2024.

SOUZA, André L. R. de *et al.* Corporate initiatives to mitigate climate change in Brazil: an analysis of companies that joined ICO2 and Brazil GHG protocol program. v. 3, n. 6, 2016.

SOUZA, Livia Maria Brumatti de. Assessment of extreme climate impacts on large-scale commodity and family farming agriculture in Brazil. 23 maio 2023.

SUN, Mingxing *et al.* Uncovering energy use, carbon emissions and environmental burdens of pulp and paper industry: A systematic review and meta-analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 92, p. 823–833, set. 2018.

TANCREDI, Marcio; ABBUD, Omar. **Recent Changes to the Brazilian Energy Matrix - Main Causes and Impacts (Transformações Recentes Da Matriz Brasileira De Geração De Energia Elétrica - Causas E Impactos Principais)**. Rochester, NYSocial Science Research Network, , 22 mar. 2010. Disponível em: <<https://papers.ssrn.com/abstract=1576674>>. Acesso em: 21 jul. 2025

TCFD - TASK FORCE ON CLIMATE-RELATED FINANCIAL DISCLOSURES. Final report: Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures. 2017.

TOMASELLA, Javier *et al.* Assessment of trends, variability and impacts of droughts across Brazil over the period 1980–2019. **Natural Hazards**, v. 116, n. 2, p. 2173–2190, 1 mar. 2023.

TSAI, David *et al.* **Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil.** [S.l.: S.n.]. Disponível em: <<https://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2024/11/SEEG-RELATORIO-ANALITICO-12.pdf>>.

TSIROPOULOS, I. *et al.* (ORG.). **Cost development of low carbon energy technologies: scenario-based cost trajectories to 2050, 2017 edition**. 2017 edition ed. Luxembourg: Publications Office, 2018.

VALLE, José Alexandre Borges; PINHEIRO, Adilson; FERRARI, Adilvo. Captação e avaliação da água de chuva para uso industrial. **Revista de estudos ambientais**, 2007.

VENÄLÄINEN, Ari *et al.* Climate Change, Impacts, Adaptation and Risk Management. In: HETEMÄKI, Lauri; KANGAS, Jyrki; PELTOLA, Heli (Orgs.). **Forest Bioeconomy and Climate Change**. Managing Forest Ecosystems. Cham: Springer International Publishing, 2022. v. 42 p. 33–53.

WALENTA, Jayme. Climate risk assessments and science-based targets: A review of emerging private sector climate action tools. **WIREs Climate Change**, v. 11, n. 2, p. e628, 2020.

WERNER, Frank; RICHTER, Klaus. Wooden building products in comparative LCA. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 12, n. 7, p. 470–479, 1 nov. 2007.

WHITE, Andy (ORG.). **China and the global market for forest products: transforming trade to benefit forests and livelihoods**. Washington, D.C: Forest Trends, 2006.

WORLD BANK. **State and Trends of Carbon Pricing Dashboard**. Disponível em: <<https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/compliance/coverage>>. Acesso em: 5 jul. 2025.

XU, Jintao; WHITE, A. Understanding the Chinese Forest Market and its Global Implications. **International Forestry Review**, v. 6, n. 3, p. 2–4, 1 dez. 2004.

YOUNG, Carlos Eduardo Frickmann. Potencial de crescimento da economia verde no brasil. 2011.

ZHAO, Qingjian *et al.* Energy Flows and Carbon Footprint in the Forestry-Pulp and Paper Industry. **Forests**, v. 10, n. 9, p. 725, set. 2019.

ANEXO A – Seções do Questionário CDP de Mudanças Climáticas utilizadas

Categoria	Tema	Questão
Riscos e Oportunidades	Processos de gestão	Sua organização possui um processo para identificar, avaliar e responder a riscos e oportunidades relacionados ao clima?
		Quais tipos de risco são considerados nas avaliações de risco climático de sua organização?
	Divulgação de risco	Sua organização identificou riscos inerentes relacionados ao clima com potencial de impacto financeiro ou estratégico relevante?
		Forneça detalhes dos riscos identificados com potencial de impacto financeiro ou estratégico relevante.
	Divulgação de oportunidade	Sua organização identificou oportunidades relacionadas ao clima com potencial de impacto financeiro ou estratégico relevante?
		Forneça detalhes das oportunidades identificadas com potencial de impacto financeiro ou estratégico relevante.
		Por que sua organização não considera ter oportunidades relacionadas ao clima?
Estratégia empresarial	Estratégia	A estratégia da sua organização inclui um plano de transição climática alinhado com um mundo de 1,5°C?
		Sua organização utiliza análise de cenários climáticos para informar sua estratégia?
		Forneça detalhes sobre o uso da análise de cenários climáticos pela sua organização.
		Forneça detalhes das perguntas-chave que sua organização busca responder com a análise de cenários climáticos e um resumo dos resultados.
		Descreva onde e como os riscos e oportunidades climáticos influenciaram sua estratégia.
		Descreva onde e como os riscos e oportunidades climáticos influenciaram seu planejamento financeiro.
		Sua contabilidade financeira identifica despesas/receitas alinhadas com a transição climática da sua organização?
		Quantifique a porcentagem de despesas/receitas alinhadas com a transição climática da sua organização.
Metas e Desempenho	Metas	Sua organização teve metas de emissões ativas no ano de reporte?
		Forneça detalhes das metas absolutas de emissões e o progresso em relação a elas.
		Forneça detalhes das metas de intensidade de emissões e o progresso em relação a elas.

Categoria	Tema	Questão
Metodologia de emissões	Outras metas climáticas	Sua organização teve outras metas climáticas ativas no ano de reporte?
		Forneça detalhes das metas para aumentar o consumo ou produção de energia de baixo carbono.
		Forneça detalhes de quaisquer outras metas climáticas, incluindo metas de redução de metano.
		Forneça detalhes das metas de emissão líquida zero.
	Iniciativas de redução de emissões	Sua organização teve iniciativas de redução de emissões ativas no ano de reporte (incluindo fases de planejamento ou implementação)?
		Identifique o número total de iniciativas por estágio de desenvolvimento e, para aquelas em implementação, as economias estimadas de CO ₂ e.
		Forneça detalhes das iniciativas implementadas no ano de reporte.
	Produtos de baixo carbono	Sua organização classifica algum produto e/ou serviço como de baixo carbono?
		Forneça detalhes dos produtos e/ou serviços classificados como de baixo carbono.
Engajamento	Emissões do ano base	Forneça o ano base e as emissões correspondentes.
	Dados de emissões	Quais foram as emissões globais brutas da sua organização do Escopo 1 em toneladas métricas de CO ₂ e?
		Quais foram as emissões globais brutas do Escopo 2 da sua organização em toneladas métricas de CO ₂ e?
		Relate as emissões globais brutas do Escopo 3 da sua organização, explicando quaisquer exclusões.
		Divulgue ou atualize os dados de emissões do Escopo 3 de anos anteriores.
Métricas adicionais	Outras métricas climáticas	Forneça quaisquer métricas climáticas adicionais relevantes para seu negócio.
Engajamento	Engajamento na cadeia de valor	Sua organização se engaja com a cadeia de valor em questões climáticas?
		Forneça detalhes da estratégia de engajamento com fornecedores sobre questões climáticas.
		Forneça detalhes da estratégia de engajamento com clientes sobre questões climáticas.
		Forneça detalhes da estratégia de engajamento com outros parceiros da cadeia de valor.
	Requisitos climáticos	Seus fornecedores precisam atender a requisitos climáticos como parte do processo de compras da sua organização?
		Forneça detalhes dos requisitos climáticos exigidos dos fornecedores e os mecanismos de conformidade adotados.

Categoria	Tema	Questão
	Engajamento em políticas públicas	Sua organização se envolve em atividades que possam influenciar direta ou indiretamente políticas, leis ou regulamentações relacionadas ao clima?
		Sobre quais políticas, leis ou regulamentações sua organização se engajou diretamente com formuladores de políticas no ano de reporte?
		Forneça detalhes das associações comerciais das quais sua organização é membro ou com as quais se engaja e que provavelmente adotam posições sobre políticas climáticas.
		Forneça detalhes do financiamento fornecido a outras organizações ou indivíduos no ano de reporte cujas atividades possam influenciar políticas climáticas.