

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS CAMPUS SÃO CARLOS
CCET – CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DQ – DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

JULIO CESAR DE OLIVEIRA ALMEIDA

**DESCARBONIZAÇÃO CORPORATIVA E CONFORMIDADE REGULATÓRIA:
UM ESTUDO COMPARATIVO DAS PRÁTICAS DE REPORTE DE GEE DA AB
INBEV E DA UNILEVER FRENTE ÀS EXIGÊNCIAS LEGAIS BRASILEIRAS E
EUROPEIAS**

SÃO CARLOS
JULHO/2026

JULIO CESAR DE OLIVEIRA ALMEIDA

**DESCARBONIZAÇÃO CORPORATIVA E CONFORMIDADE REGULATÓRIA:
UM ESTUDO COMPARATIVO DAS PRÁTICAS DE REPORTE DE GEE DA AB
INBEV E DA UNILEVER FRENTE ÀS EXIGÊNCIAS LEGAIS BRASILEIRAS E
EUROPEIAS**

Trabalho de conclusão de
curso apresentada ao Departamento
de Química da Universidade Federal
de São Carlos, para obtenção do
título de Bacharel em Química

Orientador(a): Prof. Dra Roberta Cerasi Urban

JULHO/2026
São Carlos



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA (DQ)

Rod. Washington Luís km 235 - SP-310, s/n - Bairro Monjolinho, São Carlos/SP, CEP 13565-905
Telefone: (16) 33518206 - <http://www.ufscar.br>

DP-TCC-AMB nº 26/2026/DQ/CCET

Graduação: Defesa Pública de Trabalho de Conclusão de Curso

Atestado de Membro da Banca

Atestamos que o Dr. Claudio César Weber Backes participou em 25/06/2026, como membro titular da Comissão Examinadora da DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO do estudante Julio Cesar de Oliveira Almeida, discente regular do Curso de Bacharelado em Química cujo trabalho se denomina "DESCARBONIZAÇÃO CORPORATIVA E CONFORMIDADE REGULATÓRIA: UM ESTUDO COMPARATIVO DAS PRÁTICAS DE REPORTE DE GEE DA AB INBEV E DA UNILEVER FRENTE ÀS EXIGÊNCIAS LEGAIS BRASILEIRAS E EUROPEIAS".

A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros:

Nome Completo	Cargo/Função	Instituição
Profa. Dra. Roberta Cerasi Urban	Orientador	UFSCar
Msc. Vitor Gabriel da Silva Pastana	Membro da Banca 1	UFSCar
Dr. Claudio César Weber Backes	Membro da Banca 2	UFSCar

São Carlos, 29 de junho de 2026.

Prof. Dr. Ricardo Samuel Schwab

Coordenador da Disciplina Trabalho de Conclusão de Curso



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Samuel Schwab, Professor(a)**, em 29/06/2026, às 09:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufscar.br/autenticacao>, informando o código verificador **2334227** e o código CRC **6BA15798**.

Referência: Caso responda a este documento, indicar expressamente o Processo nº 23112.001933/2024-38

SEI nº 2334227

Modelo de Documento: Grad: Defesa TCC: Atestado Membro Banca, versão de 02/Agosto/2019

Resumo

A intensificação das mudanças climáticas e o consequente endurecimento dos marcos regulatórios nacionais e internacionais colocaram a gestão e o reporte de Gases de Efeito Estufa (GEE) como imperativos estratégicos para o setor industrial e corporativo. O presente trabalho analisa o panorama regulatório e metodológico das emissões atmosféricas nos âmbitos estadual, federal e internacional, avaliando as práticas de gestão e reporte de GEE sob a ótica da sustentabilidade corporativa em multinacionais. A pesquisa, de natureza qualitativa-descritiva, baseia-se em pesquisa documental e bibliográfica, articulando fontes normativas primárias — a Resolução CONAMA nº 506/2024, o Decreto Estadual nº 60.076/2025 (PMEA-CETESB) e a Diretiva (UE) 2015/2193 (MCPD) —, metodologias internacionais de inventário — GHG Protocol e ISO 14064-1 — e os relatórios anuais de sustentabilidade de 2025 das multinacionais Anheuser-Busch InBev (AB InBev) e Unilever PLC. A análise comparativa das três jurisdições evidencia convergências no objetivo comum de controle de poluentes locais (Material Particulado, SO₂ e NO_x) e divergências relevantes nos prazos de conformidade, no rigor dos limites técnicos de emissão e na filosofia regulatória oscilando entre o paradigma de cobrança estático, predominante na esfera federal brasileira, e a abordagem de melhoria contínua progressiva, adotada tanto pelo PMEACETESB quanto pela regulação europeia. No plano corporativo, os dados verificados por auditoria independente demonstram que a AB InBev superou sua meta de intensidade de emissões em 31,9% de redução nos Escopos 1, 2 e 3 contra a base de 2017, enquanto a Unilever avança em direção à meta de neutralidade operacional (Escopos 1 e 2) até 2030, com 77% de redução já acumulada em relação à base de 2015. Ambas as corporações adotam os European Sustainability Reporting Standards (ESRS) como padrão de transparência, sinalizando a convergência entre as exigências regulatórias e as práticas de mercado. O trabalho conclui que a conformidade regulatória isolada é condição necessária, mas não suficiente, para a descarbonização sistêmica exigida pelos compromissos do Acordo de Paris e pela COP28, sendo indispensável a integração entre monitoramento local de poluentes, inventários corporativos de GEE e estratégias de emissões evitadas orientadas pela economia circular.

Palavras-chave: Emissões Atmosféricas. Gases de Efeito Estufa. GHG Protocol. PMEACETESB. Sustentabilidade Corporativa.

Abstract

The intensification of climate change and the consequent tightening of national and international regulatory frameworks have placed the management and reporting of Greenhouse Gases (GHG) as strategic imperatives for the industrial and corporate sectors. This study analyzes the regulatory and methodological panorama of atmospheric emissions at state, federal, and international levels, evaluating GHG management and reporting practices from the perspective of corporate sustainability in multinationals. The research, qualitative-descriptive in nature, is based on documentary and bibliographical research, articulating primary normative sources CONAMA Resolution No. 506/2024, State Decree No. 60.076/2025 (PMEA-CETESB), and Directive (EU) 2015/2193 (MCPD), international inventory methodologies, GHG Protocol and ISO 14064-1—, and the 2025 annual sustainability reports of the multinationals Anheuser-Busch InBev (AB InBev) and Unilever PLC. The comparative analysis of the three jurisdictions shows convergences in the common objective of controlling local pollutants (Particulate Matter, SO_2 , and NO_x) and relevant divergences in compliance deadlines, the stringency of technical emission limits, and regulatory philosophy—oscillating between the static enforcement paradigm predominant in the Brazilian federal sphere and the progressive continuous improvement approach adopted by both PMEA-CETESB and European regulation. At the corporate level, data verified by independent auditing demonstrate that AB InBev surpassed its emissions intensity target with a 31.9% reduction in Scopes 1, 2, and 3 against the 2017 baseline, while Unilever advances toward its operational neutrality target (Scopes 1 and 2) by 2030, with a 77% reduction already accumulated relative to the 2015 baseline. Both corporations adopt the European Sustainability Reporting Standards (ESRS) as a transparency standard, signaling convergence between regulatory requirements and market practices. The study concludes that regulatory compliance alone is a necessary but not sufficient condition for the systemic decarbonization required by the commitments of the Paris Agreement and COP28, making the integration between local pollutant monitoring, corporate GHG inventories, and circular economy-oriented avoided emissions strategies indispensable.

Keywords: Atmospheric Emissions. Corporate Sustainability. GHG Protocol. Greenhouse Gases. PMEA-CETESB.

Lista de Figuras

Figura 1: Exemplo de fontes estacionárias;
Figura 2: Modelo de equipamento de amostragem isocinética.

Lista de Tabelas

Tabela 1: Modelos de amostragem determinada por órgão legislativo de São Paulo;

Tabela 2: Escopo de análise e anos bases para metodologia de coleta de dados, um comparativo entre multinacionais;

Tabela 3: Economia circular e emissões evitadas: AB InBev e Unilever (2025).

Lista de Siglas e Abreviações

ABNT	— Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	— Avaliação de Ciclo de Vida
CEMS	— Continuous Emission Monitoring System (Sistema de Monitoramento Contínuo de Emissões)
CETESB	— Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CH ₄	— Metano
CO	— Monóxido de Carbono
CO ₂	— Dióxido de Carbono
CO ₂ eq	— Dióxido de Carbono Equivalente
CONAMA	— Conselho Nacional do Meio Ambiente
COP21	— 21ª Conferência das Partes da UNFCCC
COP28	— 28ª Conferência das Partes da UNFCCC
CSRD	— Corporate Sustainability Reporting Directive (Diretiva de Relatórios de Sustentabilidade Corporativa)
CTAP	— Climate Transition Action Plan (Plano de Ação de Transição Climática)
EDGAR	— Emissions Database for Global Atmospheric Research
ESG	— Environmental, Social and Governance (Ambiental, Social e Governança)
ESRS	— European Sustainability Reporting Standards (Padrões Europeus de Relatórios de Sustentabilidade)
E&I	— Energy and Industrial (Energia e Industrial — categoria de Escopo 3 SBTi)
ETS	— Emissions Trading System (Sistema de Comércio de Emissões)
EU ETS	— European Union Emissions Trading System
FLAG	— Forest, Land and Agriculture (Florestas, Terra e Agricultura — categoria de Escopo 3 SBTi)
GEE	— Gases de Efeito Estufa
GHG	— Greenhouse Gas (Gás de Efeito Estufa)
GJ	— Gigajoule
GWP	— Global Warming Potential (Potencial de Aquecimento Global)
HFCs	— Hidrofluorcarbonetos
IEA	— International Energy Agency (Agência Internacional de Energia)
IED	— Industrial Emissions Directive (Diretiva de Emissões Industriais)

IPCC	— Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)
ISAE	— International Standard on Assurance Engagements
ISO	— International Organization for Standardization
KPIs	— Key Performance Indicators (Indicadores-Chave de Desempenho)
LO	— Licença de Operação
MCPD	— Medium Combustion Plant Directive (Diretiva de Médias Instalações de Combustão)
MP	— Material Particulado
MW	— Megawatt
N ₂ O	— Óxido Nitroso
NBR	— Norma Brasileira
NDCs	— Nationally Determined Contributions (Contribuições Nacionalmente Determinadas)
NF ₃	— Trifluoreto de Nitrogênio
NMVOCs	— Non-Methane Volatile Organic Compounds (Compostos Orgânicos Voláteis não-Metânicos)
NO _x	— Óxidos de Nitrogênio
NZE	— Net Zero Emissions (Emissões Líquidas Zero)
O ₃	— Ozônio Troposférico
OMS	— Organização Mundial da Saúde
PDCA	— Plan-Do-Check-Act (Planejar-Fazer-Verificar-Agir)
PFCs	— Perfluorcarbonetos
PM ₁₀	— Material Particulado inalável com diâmetro aerodinâmico ≤ 10 micrômetros
PMEA	— Plano de Monitoramento de Emissões Atmosféricas
PRONAR	— Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar
SBTi	— Science Based Targets initiative
SDA	— Sectoral Decarbonization Approach (Abordagem Setorial de Descarbonização)
SEC	— Securities and Exchange Commission (Comissão de Valores Mobiliários dos EUA)
SF ₆	— Hexafluoreto de Enxofre
SGA	— Sistema de Gestão Ambiental
SO ₂	— Dióxido de Enxofre
tCO ₂ eq	— Toneladas de CO ₂ Equivalente

TWh — Terawatt-hora

UE — União Europeia

UNFCCC — *United Nations Framework Convention on Climate Change* (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima)

VOCs — *Volatile Organic Compounds* (Compostos Orgânicos Voláteis)

WBCSD — *World Business Council for Sustainable Development*

WRI — *World Resources Institute*

Sumário	
Resumo	4
Abstract.....	5
Lista de Figuras	6
Lista de Tabelas	7
Lista de Siglas e Abreviações	8
1 Introdução	12
2 Revisão da Literatura.....	17
2.1 Marco Regulatório e Normativo das Emissões Atmosféricas	17
2.1.1 O Arcabouço Federal Brasileiro: A Resolução CONAMA nº 506/2024	17
2.1.2 O Desdobramento Subnacional: O Decreto Estadual nº 60.076/2025 e o PMEA-CETESB	18
2.1.3 O Contexto Europeu: A Diretiva (UE) 2015/2193 — <i>Medium Combustion Plant Directive</i> (MCPD).....	18
2.1.4 A ISO 14001 como Eixo de Padronização: Sistemas de Gestão Ambiental	19
2.2 Análise Comparativa Jurisdicional: Convergências e Divergências	20
2.2.1 Convergências: O Objetivo Comum de Proteção da Qualidade do Ar	20
2.2.2 Divergências: Prazos, Rigor Técnico e Filosofia Regulatória.....	21
2.3 Metodologias de Inventário, Monitoramento e Critérios de Medição.....	22
2.3.1 Fundamentos do Monitoramento de Emissões em Fontes Fixas.....	22
2.3.2 Sistemas de Monitoramento Contínuo e Emissões Fugitivas na Siderurgia	22
2.3.3 Inventários de GEE: Do Escopo Regulatório ao Mercado Corporativo.....	23
2.4 Gestão de GEE e Sustentabilidade Corporativa no Setor Privado	24
2.4.1 Governança Climática em Multinacionais: Da Conformidade à Estratégia.....	24
2.4.2 Transparência Corporativa, Relatórios de Sustentabilidade e Desempenho Quantitativo em GEE	24
2.4.3 O Setor Petroquímico e Industrial: Tecnologia como Vetor de Sustentabilidade 28	
2.5 A Descarbonização Corporativa no Cenário Climático Global.....	28
2.5.1 O Acordo de Paris, a COP28 e as Metas de Net-Zero.....	28
2.5.2 Emissões Evitadas e Economia Circular como Fronteiras da Descarbonização 29	
3 Considerações Finais	31
Referências Bibliográficas.....	32

1 Introdução

A crescente urgência climática e o endurecimento progressivo das diretrizes regulatórias globais transformaram a mitigação dos gases de efeito estufa (GEE) em um pilar estratégico incontornável para governos e o setor produtivo. A contabilidade climática contemporânea fundamenta-se no reporte dos sete principais gases estabelecidos pelo Protocolo de Kyoto: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorcarbonetos (HFCs), perfluorcarbonetos (PFCs), hexafluoreto de enxofre (SF_6) e trifluoreto de nitrogênio (NF_3) (Amaral et al., 2021). A avaliação histórica dessas emissões, consolidada por modelagens independentes como a base de dados EDGAR (Emissions Database for Global Atmospheric Research), rastreia continuamente o lançamento antrópico de poluentes desde a década de 1970, evidenciando um crescimento sistemático das emissões globais até patamares recordes de dezenas de gigatoneladas de CO_2 equivalente na atualidade, impulsionados primeiramente pelas atividades energéticas e pelos processos de manufatura industrial em escala global (Crippa et al., 2025).

Diante desse cenário, observa-se no mercado uma transição direta de compromissos voluntários para regimes de conformidade obrigatórios. Normativas de alcance global, como a Diretiva de Relatórios de Sustentabilidade Corporativa (CSRD) na União Europeia e as regras de divulgação da Securities and Exchange Commission (SEC) nos Estados Unidos e a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) no Brasil, exigem extrema precisão metodológica na elaboração de inventários ambientais (Ministério do Meio Ambiente, 2024). Para atender a essas demandas crescentes, corporações e multinacionais adotam amplamente os padrões estruturais do Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) em sinergia com os requisitos de averiguação técnica estipulados pela norma internacional ISO 14064-1 (Oblitas-Romero; Pérez-Díaz; Ocaña-Zúñiga, 2023).

A gestão adequada dessas emissões pressupõe, em primeiro lugar, a compreensão da dinâmica dos poluentes atmosféricos. A poluição atmosférica é definida como a presença de substâncias gasosas ou em forma de partículas na atmosfera, resultantes de processos naturais ou de atividades humanas, em concentrações suficientes para interferir, direta ou indiretamente, na saúde e no bem-estar dos seres vivos. As fontes móveis que compõem a frota de veículos automotores são as principais responsáveis pela emissão difusa de monóxido de carbono (CO) e de óxidos de nitrogênio (NO_x). Nessa categoria, destacam-se os Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs – do inglês, *Volatile Organic Compounds*; NMVOCs – do inglês, *Non-Methane Volatile Organic Compounds*), oriundos essencialmente da combustão incompleta e

da evaporação em processos químicos industriais, que atuam como precursores diretos na formação do ozônio troposférico (O_3) quando reagem com o NO_x sob incidência de luz solar (Da Silva Brito; Fabríz Sodré; De Almeida, 2018).

Por sua vez, as fontes estacionárias indústrias de base, siderúrgicas e usinas termelétricas (Figura 1) realizam processos de combustão e transformação em larga escala, respondendo por grandes quantidades de CO_2 , concentrações críticas de dióxido de enxofre (SO_2), NO_x e elevados teores de material particulado. Dentro dessa classe, destaca-se o PM_{10} (partículas inaláveis), mistura de frações sólidas e líquidas em suspensão cujo diâmetro aerodinâmico é menor ou igual a 10 micrômetros, altamente nocivo por sua capacidade de penetrar o trato respiratório inferior e transportar metais pesados adsorvidos em sua superfície (Albuquerque; De Oliveira, 2014; Mendonça; Muniz Magalhães; Da Silva, 2019). Paralelamente, os HFCs — gases sintéticos com altíssimo Potencial de Aquecimento Global (GWP — do inglês, *Global Warming Potential*) — são emitidos de forma fugitiva durante o uso, a manutenção e o descarte de equipamentos de refrigeração, configurando um vetor relevante de emissões de Escopo 1 nas organizações (Da Silva Brito; Fabríz Sodré; De Almeida, 2018)



Figura 1: Exemplo de fontes estacionárias; Fonte: Fontes Fixas — Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima.

Para estruturar e gerenciar a complexidade dessas diferentes fontes, o *GHG Protocol* estabelece uma categorização em três principais partes. O Escopo 1 compreende as emissões

provenientes de fontes diretamente controladas pela organização. O Escopo 2 abrange as emissões indiretas geradas durante a produção de eletricidade, vapor ou calor adquiridos de terceiros. O Escopo 3 engloba todas as demais emissões indiretas da cadeia de valor em 15 categorias (Oblitas-Romero; Pérez-Díaz; Ocaña-Zúñiga, 2023). Para garantir a credibilidade dos inventários, a literatura recomenda a aplicação integrada do *GHG Protocol* com a ISO 14064-1, estratégia denominada *dual-compliance*, que traduz as exigências externas das legislações em procedimentos internos auditáveis para iniciativas privadas e governamentais (GHG Protocol, 2023).

No Brasil, a Resolução CONAMA nº 506/2024 consolida-se como o marco regulatório federal contemporâneo para o controle de emissões atmosféricas industriais, substituindo as diretrizes da Resolução nº 003/1990 e estabelecendo parâmetros atualizados para a qualidade do ar. Ao fixar os parâmetros legais da federação, a normativa fornece o respaldo técnico para que agências ambientais estaduais instituem legislações complementares mais prescritivas. É nesse contexto que se insere o Decreto Estadual nº 60.076/2025, que regulamenta o Plano de Monitoramento de Emissões Atmosféricas (PMEA) da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), exigindo das indústrias paulistas não apenas adequação estática aos limites federais, mas a demonstração de uma trajetória de melhoria contínua no desempenho ambiental (Diretoria Plena da CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2012).

Em solo brasileiro, uma metodologia de amostragem amplamente utilizada é a isocinética, como exemplificado na figura 2, a documentação legislativa prevê a concordância com o padrão interno definido por meio do PMEa além disso evidencia a comunicação entre órgãos reguladores externos (US. EPA, *US. Environmental Protection Agency*). A metodologia consiste no monitoramento de material particulado e de poluentes gasosos em fontes de emissão estacionárias (PMEA, operando por meio de um sistema modular interconectado a uma unidade controladora por meio de uma tubulação seccionada. O fluxo amostral é inicialmente aspirado por uma sonda aquecida dotada de boquilha de coleta, sensor térmico e tubo de Pitot tipo "S", componentes responsáveis pela mensuração simultânea da temperatura e do diferencial de pressão (ΔP) no interior do duto. Na sequência, o efluente gasoso é direcionado a uma caixa quente, contendo um ciclone e um porta-filtro, para a retenção física de partículas de diferentes granulometrias, e posteriormente para uma caixa fria em banho de gelo, equipada com borbulhadores sequenciais (*impingers*) e sílica gel, cuja finalidade é promover a condensação da umidade e a absorção química de analitos específicos. Por fim, todo o gradiente de sucção e as variáveis de processo são gerenciados por um módulo de controle dotado de bomba de vácuo, manômetros (ΔP e ΔH) e um medidor de volume seco (*dry-gas meter*), permitindo que o

operador — amparado por formulações matemáticas pertinentes — ajuste continuamente as válvulas de vazão para garantir a condição de isocinetia, na qual a velocidade de aspiração do equipamento se iguala à velocidade real do fluxo gasoso da chaminé, assegurando a representatividade da amostra coletada.

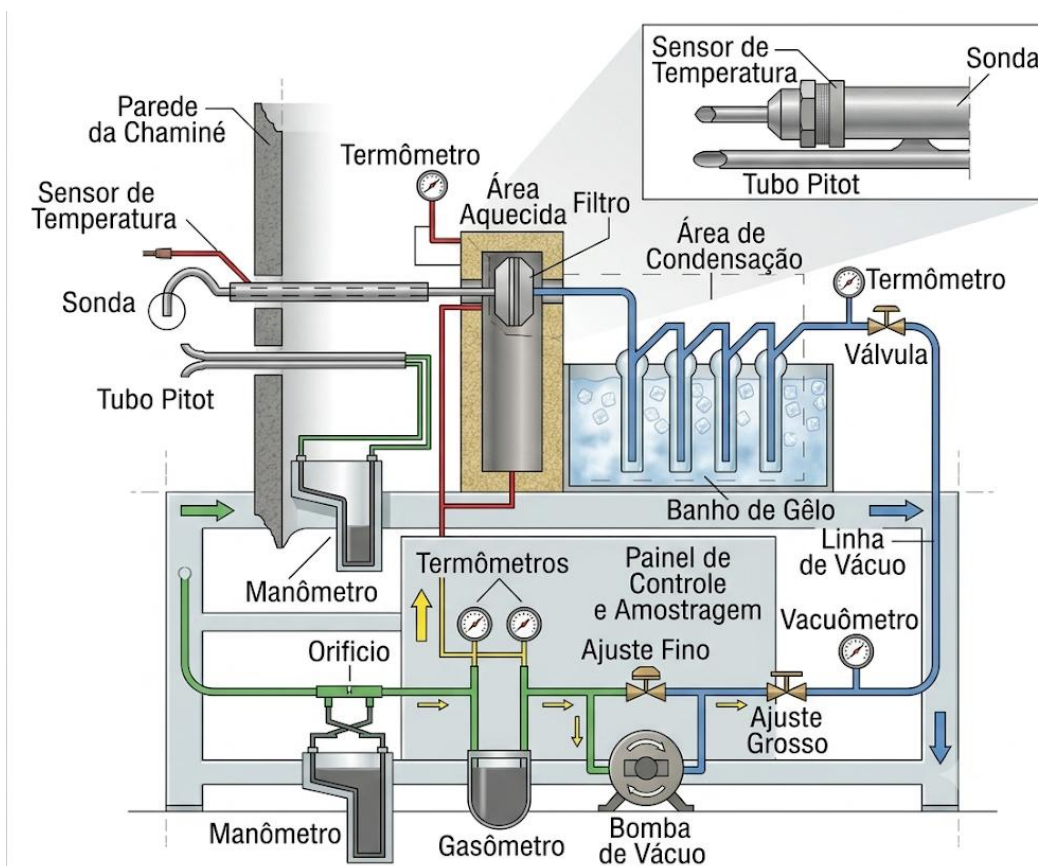


Figura 2: Modelo de equipamento de amostragem isocinética. Adaptado de RENAN MIGOTTO PERIN, 2014

Ademais, o gerenciamento e o reporte global de dados de GEE fundamentam-se em metodologias internacionalmente consolidadas, com destaque para a norma **ISO 14064**, o **GHG Protocol** e a **Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)**. A literatura aponta que o *GHG Protocol* atua como um padrão de quantificação técnica perfeitamente compatível com as diretrizes da ISO 14064; contudo, diferencia-se por adotar uma abordagem mais operacional e acessível, fornecendo ferramentas computacionais em planilhas eletrônicas estruturadas, com instruções diretas para a execução dos cálculos de inventário. Por sua vez, a ISO 14064 confere um caráter institucional estratégico, permitindo que as corporações obtenham certificações de reconhecimento internacional que validam o compromisso organizacional com a mitigação das mudanças climáticas. A norma ISO 14064 é subdividida em três partes complementares que cobrem etapas distintas do ciclo de gestão: a quantificação e o relato corporativo de emissões (Parte 1), o desenvolvimento e o escopo de projetos focados na redução de GEE (Parte 2), e os

critérios formais para a validação e verificação dessas iniciativas (Parte 3). Apesar disso, ambas as ferramentas convergem ao adotar os fatores de emissão preconizados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) como base de dados científica elementar. O uso dos fatores do IPCC, como exemplo fatores de captura de dióxido de carbono e presença de GEE's, assegura a padronização, a confiabilidade e a aceitação universal dos inventários de emissões em escala global (Adrielle Palhosa, 2021).

No plano internacional, a *Medium Combustion Plant Directive* — Diretiva (UE) 2015/2193, adotada pela União Europeia em novembro de 2015, estabelece limites de emissão de SO₂, NO_x e material particulado para médias instalações de combustão (entre 1 e 50 megawatts de potência térmica), com prazo obrigatório de adequação para instalações existentes fixado em 1º de janeiro de 2025. A coexistência desse marco regulatório europeu com as legislações nacionais e subnacionais brasileiras cria um cenário de pluralidade normativa que multinacionais com operações em múltiplas jurisdições precisam harmonizar em suas estratégias de conformidade ambiental (Sun et al., 2025).

Diante da complexidade desse panorama, o presente trabalho tem como objetivo geral analisar o panorama regulatório e metodológico das emissões atmosféricas nos âmbitos estadual, federal e internacional, avaliando as práticas de gestão e reporte de GEE sob a ótica da sustentabilidade corporativa em multinacionais. Para tanto, estrutura-se em cinco objetivos específicos: (I) realizar uma revisão legislativa comparada entre a Resolução CONAMA nº 506/2024, o Decreto nº 60.076/2025 (PMEA-CETESB), a norma ISO 14001 e a Diretiva (UE) 2015/2193; (II) identificar as principais convergências e divergências entre as legislações nacionais e internacionais; (III) analisar as metodologias de inventário e monitoramento adotadas por unidades regionais de diferentes esferas (Internacionais, Nacionais, Federais, Estaduais e Municipais); (IV) avaliar as estratégias de reporte de GEE e sustentabilidade das multinacionais AB InBev e Unilever por meio de seus relatórios corporativos de 2025; e (V) correlacionar as metas de descarbonização corporativa com os compromissos globais estabelecidos pela COP28 e pelo Acordo de Paris, utilizando como referência o potencial de emissões evitadas no contexto da gestão de resíduos e energia.

2 Revisão da Literatura

2.1 Marco Regulatório e Normativo das Emissões Atmosféricas

2.1.1 O Arcabouço Federal Brasileiro: A Resolução CONAMA nº 506/2024

O controle das emissões atmosféricas industriais no Brasil possui uma trajetória normativa que reflete a crescente maturidade institucional do país em matéria de gestão ambiental. Por décadas, o principal instrumento de referência foi a Resolução CONAMA nº 003/1990, que estabeleceu os padrões primários e secundários de qualidade do ar no âmbito do Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR). Contudo, as transformações tecnológicas do parque industrial brasileiro e o aprofundamento do conhecimento técnico-científico sobre os efeitos dos poluentes atmosféricos tornaram imperativa a modernização desse marco legal, cuja defasagem em relação aos padrões internacionais tornou-se progressivamente insustentável (Albuquerque; De Oliveira, 2014)

A Resolução CONAMA nº 506, com vigência a partir de 2024, consolida-se como o novo marco regulatório federal para o controle de fontes estacionárias de poluição do ar. A normativa atua como o principal instrumento do Conselho Nacional do Meio Ambiente para regular fontes fixas, tais como fornos industriais, caldeiras, plantas siderúrgicas e incineradores, estabelecendo “tetos” máximos de emissão que obrigam o parque produtivo a adequar suas operações a patamares técnicos estritamente toleráveis para a proteção ambiental e da saúde humana. A resolução representa um avanço normativo inegável ao detalhar limites específicos para material particulado (MP), dióxido de enxofre (SO₂) e óxidos de nitrogênio (NO_x), modernizando e padronizando as metodologias de coleta, medição e monitoramento em chaminés em alinhamento com os padrões de excelência global (Albuquerque; De Oliveira, 2014).

Do ponto de vista sistêmico, contudo, a Resolução nº 506/2024 funciona como o mínimo legal da federação — e não como seu teto de ambição ambiental. Ao estabelecer limites mínimos nacionais de cumprimento obrigatório, ela fornece o respaldo técnico e jurídico para que as agências ambientais estaduais instituíam legislações complementares mais granulares e exigentes, que superem o simples cumprimento estático dos padrões e exijam das corporações trajetórias de melhoria e de redução contínua das emissões. É precisamente nessa lacuna entre o mínimo federal e o máximo de ambição ambiental possível que o desdobramento subnacional paulista se torna o vetor mais relevante da governança atmosférica brasileira (Albuquerque; De Oliveira, 2014).

2.1.2 O Desdobramento Subnacional: O Decreto Estadual nº 60.076/2025 e o PMEACETESB

Aproveitando o espaço normativo aberto pela Resolução CONAMA nº 506/2024, o Estado de São Paulo — a unidade federativa de maior concentração industrial do país — opera um dos sistemas subnacionais de controle de emissões mais sofisticados da América do Sul. Conduzido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), cujas atribuições remontam ao início da década de 1970, esse aparato técnico foi consolidado na Decisão de Diretoria nº 10-P/2010, que aprovou o Termo de Referência para a elaboração do Plano de Monitoramento de Emissões Atmosféricas (PMEA) (CETESB, 2010).

O PMEACETESB é definido como o instrumento técnico que sistematiza o monitoramento de emissões por fontes fixas de poluição do ar, baseando-se em “repetitivas observações ou medidas, com uma determinada frequência, de acordo com procedimentos documentados e acordados com a CETESB, realizado para proporcionar uma informação confiável” (CETESB, 2010). O plano abrange tanto o automonitoramento — realizado pelo próprio empreendedor — quanto a fiscalização direta pela agência, detalhando critérios técnicos para frequência de coleta, metodologias de amostragem e procedimentos de validação dos dados obtidos.

O Decreto Estadual nº 60.076/2025 representa o desdobramento mais recente e, estruturalmente, mais avançado da legislação brasileira. Ao regulamentar o PMEACETESB sob uma nova perspectiva, o decreto não apenas reafirma a exigência de cumprimento dos limites federais, mas também impõe às indústrias paulistas a demonstração de uma trajetória de melhoria contínua e quantificável no desempenho ambiental, orientado a um modelo dinâmico de metas progressivas, no qual a conformidade legal representa o ponto de partida, e não o destino, do aprimoramento das práticas industriais. Essa transição filosófica, no contexto da federação brasileira, aproxima o modelo regulatório paulista de referenciais internacionais mais maduros, como, por exemplo, o europeu, cujo exame revela tanto as possibilidades quanto os limites de ambição regulatória ainda disponíveis ao Brasil.

2.1.3 O Contexto Europeu: A Diretiva (UE) 2015/2193 — *Medium Combustion Plant Directive* (MCPD)

No cenário europeu, o grau de maturidade regulatória alcançado permite contextualizar, por contraste, o estágio em que se encontra o sistema brasileiro. O controle das emissões de médias instalações de combustão é regido pela Diretiva (UE) 2015/2193, conhecida como *Medium Combustion Plant Directive* (MCPD). Adotada oficialmente em novembro de 2015, a diretiva preenche uma lacuna regulatória na legislação ambiental comunitária: enquanto as

grandes instalações industriais já eram reguladas pela Diretiva de Emissões Industriais (IED — Diretiva 2010/75/UE), as instalações de médio porte — com capacidade térmica nominal entre 1 e 50 MW — operavam sob um regime de controle insuficientemente rigoroso, o que configurava um ponto cego regulatório de relevância prática considerável.

A MCPD estabelece limites de emissão de SO₂, NO_x e material particulado para essa faixa de instalações, que inclui caldeiras industriais, motores de combustão interna e turbinas a gás utilizados na geração de energia, no aquecimento industrial e na cogeração. O regime de conformidade foi estruturado de forma escalonada e juridicamente vinculante: para novas instalações licenciadas após 20 de dezembro de 2018, os limites passaram a ser aplicáveis imediatamente; para instalações existentes com capacidade superior a 5 MW, o prazo final de adequação foi fixado em 1º de janeiro de 2025. Esse cronograma de cumprimento obrigatório — sem equivalente no Brasil. Insere-se no projeto mais amplo da União Europeia de reduzir 55% das emissões de GEE em relação aos níveis de 1990 até 2030 e alcançar a neutralidade climática em 2050 (União Europeia, 2015). Compreendido o alcance e a lógica desses diferentes instrumentos normativos externos, impõe-se a questão de como as organizações os internalizam operacionalmente é papel que a normatização internacional de sistemas de gestão assume com protagonismo crescente (Gustavsen et al., 2025).

2.1.4 A ISO 14001 como Eixo de Padronização: Sistemas de Gestão Ambiental

Se as legislações descritas nas subseções anteriores definem os limites máximos e mínimos a depender-se da operação produtiva e capacidade instalada, tais valores individuais que articulam a operação industrial em cada jurisdição, a norma ABNT NBR ISO 14001 opera em uma dimensão complementar e igualmente indispensável: fornece o eixo metodológico interno que permite às organizações estruturar, implementar, manter e melhorar continuamente seus processos de controle ambiental de forma sistemática e auditável. Não se trata, portanto, de uma norma concorrente às legislações nacionais, mas de um mecanismo de governança que potencializa a capacidade corporativa de atendê-las de forma consistente. A ISO 14001 não estabelece requisitos absolutos de desempenho ambiental, mas exige que a organização atenda à legislação aplicável e persiga a melhoria contínua de seus resultados, criando uma ponte estratégica entre a conformidade regulatória e a gestão de longo prazo (Sun et al., 2025).

A norma opera sob o ciclo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA), metodologia consolidada na gestão de processos industriais, exigindo das organizações: a identificação dos aspectos e impactos ambientais relevantes (usualmente, LAIA – Levantamento de aspectos e impactos ambientais); o estabelecimento de objetivos e metas quantificáveis; a implementação de

programas de gestão; o monitoramento e a medição contínuos dos resultados; e a revisão crítica do sistema pela alta direção. No contexto regulatório estudado, essa estrutura assume relevância particular: a ISO 14001 atua como o mecanismo operacional que traduz as exigências externas e heterogêneas das legislações — CONAMA nº 506/2024, PMEA-CETESB e MCPD — em procedimentos internos uniformes e auditáveis, com suas diferenças de escopo, rigor e prazos, sendo frequentemente exigida como requisito de licenciamento ambiental em cadeias de fornecimento globais. É justamente essa capacidade de harmonização interna diante de exigências externas divergentes que torna a ISO 14001 o instrumento mais relevante para multinacionais que operam simultaneamente em múltiplas jurisdições — e que, por isso mesmo, enfrentam com maior intensidade as assimetrias normativas que a análise comparativa a seguir evidencia (Alencar et al., 2023).

2.2 Análise Comparativa Jurisdicional: Convergências e Divergências

Delineado o arcabouço regulatório em suas três esferas: federal brasileira, subnacional paulista e europeia. O exercício comparativo não é meramente acadêmico — para multinacionais com operações em ambas as jurisdições, as convergências determinam os possíveis pontos de harmonização, enquanto as divergências revelam os vetores de risco regulatório e de custo de conformidade diferenciado.

2.2.1 Convergências: O Objetivo Comum de Proteção da Qualidade do Ar

A respeito de suas especificidades jurisdicionais e dos diferentes graus de maturidade institucional, as normativas analisadas — Resolução CONAMA nº 506/2024, Decreto Estadual nº 60.076/2025 e Diretiva (UE) 2015/2193 — compartilham uma convergência: todas têm como objetivo primário a redução das concentrações atmosféricas de poluentes locais reconhecidamente nocivos à saúde humana e ao meio ambiente, notadamente o material particulado (MP/PM10), o dióxido de enxofre (SO₂) e os óxidos de nitrogênio (NO_x). Essa convergência não é circunstancial: resulta da consolidação do conhecimento epidemiológico global sobre os efeitos desses poluentes e das diretrizes 15 e 17 de desenvolvimento sustentável da Organização Mundial da Saúde (ODS - OMS), que condiz com o pilar de sustentabilidade e gerir recursos de forma consciente, que determina a parceria global para práticas de sustentabilidade, respectivamente. Ambas funcionam como denominador científico comum das políticas de qualidade do ar em múltiplas jurisdições (Albuquerque; De Oliveira, 2014).

Uma segunda convergência operacionalmente significativa reside na adoção da amostragem em chaminé como instrumento central para a verificação de conformidade. Tanto

o PMEACETESB quanto as diretrizes técnicas europeias convergem ao reconhecer que, independentemente da disponibilidade de Sistemas de Monitoramento Contínuo de Emissões (CEMS), a amostragem periódica em chaminé permanece indispensável para a validação dos dados e para a aferição da conformidade regulatória (CETESB, 2010). Essa convergência metodológica é relevante porque sinaliza que o núcleo técnico do monitoramento ambiental industrial é, em essência, universalmente compartilhado; tal fato facilita a padronização de procedimentos por organizações que operam em múltiplas jurisdições, ainda que os limites regulatórios específicos diverjam. É precisamente nesse ponto que a homogeneidade técnica se esgota e as divergências estruturais se tornam determinantes.

2.2.2 Divergências: Prazos, Rigor Técnico e Filosofia Regulatória

Se as convergências descritas oferecem bases mínimas de harmonização, as divergências entre os sistemas regulatórios analisados são suficientemente profundas para configurar regimes distintos de exigência e de risco para as corporações. A primeira e mais operacionalmente imediata divergência reside nos prazos de conformidade. A Diretiva (UE) 2015/2193 adotou uma estratégia juridicamente vinculante e escalonada com aplicação imediata para novas instalações e prazo fixo de 2025 para instalações existentes, sem margem para variação entre Estados-membros. No Brasil, embora a Resolução CONAMA nº 506/2024 estabeleça parâmetros técnicos atualizados, a capacidade de abrangência varia consideravelmente entre os estados da federação, criando assimetrias significativas na aplicação efetiva dos limites e, conseqüentemente, condições competitivas desiguais entre indústrias sujeitas a diferentes agências ambientais estaduais.

A segunda divergência, de natureza técnica, refere-se ao rigor dos próprios limites de emissão. Os “tetos” fixados pela regulação europeia são, em geral, mais restritivos para determinadas faixas de potência térmica do que os padrões nacionais brasileiros, refletindo não apenas o maior grau de maturidade tecnológica do parque industrial europeu, mas também a pressão política e social historicamente mais intensa por desempenho ambiental elevado naquele bloco (Albuquerque; De Oliveira, 2014). A terceira e mais estrutural divergência, contudo, é de ordem filosófica: enquanto a CONAMA nº 506/2024 opera sob um paradigma de *command-and-control* essencialmente estático, definindo limites e mecanismos de verificação, sem impor trajetórias de evolução, o Decreto Estadual nº 60.076/2025 (PMEACETESB) avança ao incorporar a lógica de melhoria contínua e progressiva, aproximando o modelo paulista da filosofia europeia que combina limites absolutos com a expectativa de progressão tecnológica do setor regulado. Essa abordagem híbrida de comandos punitivos somados a

planos de metas progressivas, representa a tendência contemporânea mais avançada de governança ambiental industrial e, ao mesmo tempo, aponta para a direção que o arcabouço federal brasileiro ainda precisa percorrer com objetivo final de atender a diretrizes de tratados mundiais, como COP28. A compreensão dessas assimetrias regulatórias não seria, no entanto, operacionalmente útil sem o exame dos instrumentos técnicos concretos por meio dos quais o cumprimento dessas obrigações é mensurado e verificado (Sun et al., 2025).

2.3 Metodologias de Inventário, Monitoramento e Critérios de Medição

2.3.1 Fundamentos do Monitoramento de Emissões em Fontes Fixas

A análise comparativa das legislações evidenciou que, a despeito das divergências filosóficas e de rigor técnico entre as jurisdições, todas compartilham uma exigência comum irreduzível: a mensuração verificável e sistemática das emissões. É essa exigência que torna o monitoramento de fontes fixas não apenas um procedimento operacional, mas também o fundamento técnico sobre o qual repousa toda a credibilidade de qualquer sistema regulatório ou de gestão ambiental. Segundo o Termo de Referência da CETESB (2012), o monitoramento de emissões atmosféricas é definido como “a avaliação sistemática de parâmetros físicos e/ou químicos, associados direta ou indiretamente às substâncias sólidas, líquidas ou gasosas, lançadas/dispersas no ar por uma determinada atividade” — definição que articula dois elementos centrais e indissociáveis: a sistematicidade, que garante a representatividade e a comparabilidade temporal dos dados, e a base procedimental documentada, que assegura a auditabilidade dos resultados perante reguladores e partes interessadas. Os métodos disponíveis dividem-se entre a medição direta em chaminé por amostragem isocinética, que exige velocidade de amostragem igual à do escoamento do gás para garantir a representatividade granulométrica da amostra, e o monitoramento indireto por parâmetros substitutos, balanço de massa e fatores de emissão. A escolha entre essas abordagens não é indiferente do ponto de vista regulatório: ela determina o nível de precisão, a defensabilidade legal dos dados e, consequentemente, o grau de exposição da organização a questionamentos em processos de licenciamento e fiscalização (CETESB, 2010).

2.3.2 Sistemas de Monitoramento Contínuo e Emissões Fugitivas na Siderurgia

Para fontes de grande relevância ambiental, aquelas cujo potencial poluidor justifica vigilância permanente e não apenas amostral, a regulação técnica prevê a adoção de Sistemas de Monitoramento Contínuo de Emissões (CEMS), que elevam substancialmente a

granularidade e a confiabilidade dos dados gerados. O PMEA-CETESB distingue dois tipos principais na Tabela abaixo.

Dados necessários das atividades e unidades	Tipo de Tecnologia	Mecanismo de Medição	Local de Análise	Infraestrutura Requerida
Sistemas in situ utilizado para monitoramento direto na chaminé (unid)	Óptica não-dispersiva ou eletroquímica	Medição direta no fluxo de gases	Interior do próprio duto	Sensores ópticos / sondas acopladas
Sistemas extrativos utilizados para amostragem contínua (unid)	Coleta e transporte físico do efluente	Fluxo contínuo de amostra	Estação remota de análise	Linhas de amostragem aquecidas / analisadores

Tabela 1: Modelos de amostragem definidos pelo órgão legislativo de São Paulo. Adaptada de CETESB, 2012.

A adoção de CEMS, porém, não elimina a complexidade do inventário de emissões, particularmente em setores de alta intensidade emissora como a siderurgia, onde as fontes pontuais de combustão convivem com tipologias emissoras de difícil captura. A coexistência dessas tipologias heterogêneas em um mesmo complexo industrial evidencia que nenhum método único de monitoramento é suficiente por si só, o que torna a abordagem integrada e multicritério uma opção metodológica, mas também uma condição técnica para a construção de um inventário ambiental confiável. Essa complexidade intrínseca ao monitoramento local de poluentes ganha uma dimensão ainda maior quando se considera que, no plano corporativo global, a mensuração das emissões transcende os poluentes locais e adentra o campo mais amplo e estruturalmente mais desafiador da contabilidade de gases de efeito estufa (Gustavsen et al., 2025).

2.3.3 Inventários de GEE: Do Escopo Regulatório ao Mercado Corporativo

Enquanto o monitoramento de fontes fixas se concentra nos poluentes de relevância sanitária local cuja mensuração, como demonstrado, já apresenta desafios técnicos consideráveis, os inventários corporativos de GEE operam em uma lógica de contabilidade climática de escopo radicalmente mais abrangente, cujas fronteiras organizacionais e metodológicas são inerentemente mais difusas. O padrão mais amplamente adotado a nível global é o *GHG Protocol*, que estabelece a divisão tripartite em Escopos 1, 2 e 3, permitindo às organizações quantificar tanto suas emissões diretas quanto o impacto climático de toda a sua cadeia de valor (Kim; Yang, 2026). Essa estrutura representa, em tese, um salto qualitativo em relação ao monitoramento local de chaminés: em vez de medir o que sai de um duto específico, propõe-se mensurar o ciclo de vida sistêmico das atividades corporativas. Na prática, porém,

essa amplitude de escopo introduz um desafio metodológico que a literatura científica recente tem documentado com crescente preocupação.

Fiedler e Lundie (2025) identificaram, em estudo empírico com empresas globais, que adotam a metodologia de ACV e, como resultado, obtiveram *downward* bias médio de 213,7 tCO₂eq por milhão de dólares de receita nas emissões de Escopo 3 reportadas corporativamente em relação a estimativas independentes produzidas por algoritmos de machine learning — um desvio que, em escala global, representa bilhões de toneladas de CO₂eq sistematicamente subcontabilizadas. Esse achado não é trivial: sugere que a confiabilidade dos inventários corporativos de Escopo 3 ainda está aquém do necessário para que sirvam como base legítima de comparação, regulação ou tomada de decisão por investidores. Em sentido contrário, Oblitas-Romero et al. (2023) demonstraram, em estudo de aplicação conjunta do *GHG Protocol* e da ISO 14064-1, que a integração metodológica entre os dois padrões produz inventários organizacionais robustos e verificáveis, com Escopo 1 correspondendo a 53,01% das emissões totais e Escopo 2 a 46,65% no caso estudado. O contraste entre esses dois estudos aponta para uma conclusão que perpassa todo o referencial teórico aqui construído: a qualidade de qualquer sistema de gestão de emissões é, em última instância, uma função direta do rigor metodológico e da verificabilidade independente dos dados que o sustentam.

2.4 Gestão de GEE e Sustentabilidade Corporativa no Setor Privado

2.4.1 Governança Climática em Multinacionais: Da Conformidade à Estratégia

A gestão dos riscos climáticos nas grandes corporações evoluiu da conformidade reativa para uma governança estratégica proativa. Sun et al. (2025), em estudo empírico sobre regulações ambientais internacionais e desempenho de sustentabilidade corporativa, demonstraram que a pressão regulatória exerce influência positiva e estatisticamente significativa tanto sobre as políticas ambientais internas das firmas quanto sobre a intensidade das colaborações em cadeia de suprimentos orientadas à sustentabilidade. Os autores identificam que organizações expostas a arcabouços regulatórios mais rigorosos tendem a desenvolver capacidades internas mais sofisticadas de gestão ambiental, criando um "efeito catalisador" da regulação sobre a inovação sustentável, e alertam que regulações inconsistentes podem, inversamente, incentivar práticas de *greenwashing* ou a realocização de atividades poluentes para jurisdições com *enforcement* mais frágil.

2.4.2 Transparência Corporativa, Relatórios de Sustentabilidade e Desempenho Quantitativo em GEE

O relatório de sustentabilidade tornou-se o principal instrumento de comunicação entre as multinacionais e seus *stakeholders* sobre o desempenho ambiental, social e de governança (ESG). A crescente demanda por transparência, impulsionada pela CSRD europeia e pelos *European Sustainability Reporting Standards* (ESRS), exige a avaliação de materialidade dupla (*double materiality assessment*) e a apresentação de inventários de GEE verificados por terceiros independentes. A *Anheuser-Busch InBev* (AB InBev), *holding* global e controladora da AmBev no Brasil, adota desde 2024 o ESRS como padrão de reporte consolidado para suas demonstrações de sustentabilidade (Amr Abdel-Aziz (Egypt) et al., 2023).

Indicador / Escopo	AB InBev (Mt CO ₂ eq)	Unilever (Mt CO ₂ eq)	Ano-base	Observações metodológicas
Escopo 1 (diretas)	2,51	0,43	2017	AB InBev: combustão, processo; Unilever: combustão operacional
Escopo 2 – base mercado	0,60	0,06	2015/2017	Unilever: 88% eletricidade renovável; AB InBev: –21,1% vs. 2024
Escopo 3 (cadeia de valor)	19,03	47,21	2017/2021	AB InBev: agro, embalagem, logística; Unilever: bens adquiridos (37,91 Mt)
Total Escopos 1+2	3,11	0,49	—	Redução AB InBev: –44,4% vs. 2017; Unilever: –30% vs. 2024
Intensidade (por unid. prod.)	–31,9% /hL	1.921 tCO ₂ eq /M€	2017/2015	Desacoplamento entre crescimento e emissões
Meta net-zero (Escopos 1+2)	2040	2030	—	AB InBev: SDA/SBTi; Unilever: CTAP aprovado por acionistas em 2024
% energia renovável	Não divulgado consolidado	88%	2025	Unilever divulga por sítio; AB InBev: 4,5 TWh convertidos

Part. no EU ETS (Escopo 1)	29,8%	Por sítio (CE 166/2006)	2025	AB InBev: dado global; Unilever: monitoramento sítio a sítio
----------------------------	-------	-------------------------	------	--

Tabela 2: Escopo de análise e anos-base da metodologia de coleta de dados: um comparativo entre multinacionais. Fonte: AB InBev Annual Report 2025; Unilever Annual Report 2025.

Os dados da Tabela 2, baseados no relatório corporativo da AB InBev evidenciam resultados expressivos em sua trajetória de descarbonização: as emissões brutas de Escopo 1 atingiram 2,51 milhões de toneladas métricas de CO₂eq, enquanto as emissões de Escopo 2 (base mercado) foram reduzidas em 21,1% frente a 2024, totalizando 0,60 milhões de tCO₂eq. As emissões totais de Escopo 3 somaram 19,03 milhões de tCO₂eq, o que representa uma redução de 6,6% em relação ao exercício anterior. Em termos de intensidade, a AB InBev registrou uma redução de 31,9% nas emissões de Escopos 1, 2 e 3 por hectolitro produzido em relação à linha de base de 2017, superando a meta corporativa de 25% para 2025. A empresa também converteu 4,5 TWh de energia elétrica para fontes renováveis e registrou que 29,8% de suas emissões de Escopo 1 já estão sujeitas a sistemas regulatórios de comércio de emissões (ABInBEV, 2025).

Conforme demonstrado na Tabela 2, a diversidade de anos-base entre as duas corporações reflete não apenas diferenças estratégicas, mas também as distintas etapas de maturidade em governança climática. A Unilever, com baseline em 2015, apresenta uma trajetória de engajamento climático mais longa, ao passo que a AB InBev consolidou sua ambição de net-zero apenas em 2021, com adoção formal dos ESRS em 2024 (Unilever, 2024; AB InBev, 2025).

A análise comparativa dos dados reportados pela AB InBev em relação às exigências do Decreto Estadual nº 60.076/2025 (PMEA-CETESB) revela uma convergência estrutural entre a lógica da melhoria contínua corporativa e a filosofia regulatória paulista. O PMEA exige das indústrias não apenas conformidade pontual com "tetos" de emissão, mas a demonstração de trajetórias progressivas de redução (CETESB, 2010). A trajetória da AB InBev — que reduziu suas emissões absolutas de Escopos 1 e 2 em 44,4% em relação à base de 2017, eliminando 2,44 milhões de tCO₂eq — é estruturalmente compatível com esse paradigma. No entanto, uma divergência metodológica relevante persiste: enquanto o PMEA-CETESB centra seu monitoramento nos poluentes locais de impacto sanitário direto (MP, SO₂ e NO_x) por meio de amostragens em chaminés padronizadas, o reporte global da AB InBev orienta-se pelos

poluentes climáticos dos três Escopos do *GHG Protocol*, não contemplando explicitamente, em seu relatório consolidado, os limites específicos de qualidade do ar exigidos pela legislação estadual paulista. Essa distinção de escopo entre a regulação local e o reporte climático corporativo representa uma lacuna a ser endereçada pelas multinacionais que operam em jurisdições com regulamentação subnacional rigorosa. Em comparação ao marco europeu (MCPD), a AB InBev demonstra aderência mais direta, dado que adota os ESRS como padrão de reporte — o mesmo *framework* que embasa a transição regulatória europeia — e que 29,8% de suas emissões de Escopo 1 já estão inseridas no EU ETS (ABinBEV, 2025).

A Unilever PLC apresenta um dos portfólios de metas climáticas mais detalhados e verificados do setor de bens de consumo. Seu relatório anual de 2025, elaborado segundo os ESRS e o *GHG Protocol Corporate Standard* — incorporando os sete GEE do Protocolo de Kyoto e os valores de GWP do Sexto Relatório de Avaliação do IPCC —, registra emissões totais de Escopos 1 e 2 (base mercado) de 0,49 milhão de tCO₂eq em 2025, o que representa uma redução de 30% em relação a 2024. A meta da empresa é eliminar 100% de suas emissões operacionais (Escopos 1 e 2) até 2030, tomando como base o ano de 2015, com 77% de redução já acumulada (Unilever, 2024). As emissões de Escopo 1 somaram 0,43 milhão de tCO₂eq, enquanto as emissões de Escopo 2 (base mercado) atingiram 0,06 milhão de tCO₂eq, reflexo direto de 88% da eletricidade consumida nas operações da empresa ser proveniente de fontes renováveis em 2025 (Unilever, 2024).

No âmbito do Escopo 3, a Unilever reportou emissões totais de 47,21 milhões de tCO₂eq no escopo de sua ambição de net zero, com a categoria "bens e serviços adquiridos" representando a maior parcela — 37,91 milhões de tCO₂eq. As metas SBTi de Escopo 3 da empresa visam à redução de 42% nas emissões de Energia e Industrial (E&I) e de 30,3% nas emissões de Florestas, Terra e Agricultura (FLAG) até 2030, com base em 2021. Em 2025, a empresa registrou reduções de 11% e 17% nessas categorias, respectivamente. A intensidade de GEE por receita líquida atingiu 1.921 tCO₂eq por milhão de euros (na base de mercado), evidenciando o desacoplamento entre o crescimento econômico e as emissões (UNILEVER, 2025). Em perspectiva comparativa com o PMEACETESB, a Unilever registra que cada sítio industrial está sujeito ao monitoramento de poluentes listados no Anexo II do Regulamento (CE) nº 166/2006, com amostragens realizadas por laboratórios certificados externos, alinhando-se metodologicamente às exigências de sistematicidade e auditabilidade preconizadas pela regulação brasileira (CETESB, 2010).

Ambas as corporações ilustram, com dados verificados por auditorias externas independentes sob ISAE 3000, que é a transparência no reporte de GEE transcende a mera

conformidade regulatória e passa a ser um ativo estratégico de mercado (Gillenwater, 2005). Fiedler e Lundie (2025) alertam, porém, que o Escopo 3 permanece a categoria de maior risco de subestimação sistemática em empresas com cadeias de valor complexas — risco particularmente relevante para os 19,03 milhões de tCO₂eq de Escopo 3 da AB InBev, que abrangem sua complexa cadeia agrícola, de embalagens e de logística —, demandando o aprimoramento contínuo das metodologias de coleta de dados primários junto a fornecedores (Fiedler; Lundie, 2025).

2.4.3 O Setor Petroquímico e Industrial: Tecnologia como Vetor de Sustentabilidade

A transição sustentável nas cadeias de suprimentos industriais de alta intensidade emissora exige não apenas conformidade regulatória, mas também a integração estratégica de inovações tecnológicas. Krimi et al. (2024), em um estudo *multicase* sobre a indústria petroquímica do Golfo Pérsico, identificaram que as empresas com maior desempenho em sustentabilidade são aquelas que combinam compromisso de liderança, investimento em pesquisa e desenvolvimento, colaboração horizontal com parceiros ao longo da cadeia e adaptabilidade organizacional. Os autores verificaram que a sustentabilidade passou a ser tratada não como um requisito operacional isolado, mas como uma oportunidade de inovação e diversificação energética, com empresas investindo em fontes renováveis e em plataformas de análise de dados para otimização do consumo de recursos (Krimi et al., 2025).

2.5 A Descarbonização Corporativa no Cenário Climático Global

2.5.1 O Acordo de Paris, a COP28 e as Metas de Net-Zero

O Acordo de Paris, adotado na 21ª Conferência das Partes (COP21) em dezembro de 2015, representa o principal marco jurídico internacional para a ação climática global, estabelecendo o objetivo de limitar o aumento da temperatura média global a 1,5 °C acima dos níveis pré-industriais por meio de Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) progressivamente mais ambiciosas (Ministério do Meio Ambiente, 2025). A COP28, realizada em Dubai em novembro-dezembro de 2023, produziu o primeiro balanço global (*Global Stocktake*) previsto pelo Acordo, apontando que as NDCs coletivas ainda são insuficientes para manter a temperatura global dentro da meta e conclamando o setor privado a acelerar a transição energética (Lizbeth; Morales, 2016; Zanuzzo et al., 2023). A AB InBev anunciou em 2021 sua ambição de alcançar neutralidade climática em toda a sua cadeia de valor até 2040, adotando a Abordagem Setorial de Descarbonização (SDA) definida pela SBTi (*Science Based Targets initiative*), com o plano de transição climática embutido nas estratégias de compras,

investimentos, pesquisa agrícola e logística (ABinBEV, 2025). A Unilever, por sua vez, fixou como meta o alcance de emissões líquidas zero até 2039, com seu segundo Plano de Ação de Transição Climática (CTAP), aprovado por acionistas em 2024 e integrado ao ciclo estratégico trienal de cada grupo de negócios (Unilever, 2024).

2.5.2 Emissões Evitadas e Economia Circular como Fronteiras da Descarbonização

Um conceito emergente que amplia a fronteira da contabilidade climática corporativa é o das emissões evitadas, por vezes referidas como Escopo 4. Diferentemente dos Escopos 1, 2 e 3 — que contabilizam emissões geradas —, as emissões evitadas quantificam as reduções de emissões que ocorrem fora da cadeia de valor da empresa como resultado direto do uso de seus produtos, serviços ou tecnologias. Gustavsen et al. (2025), em revisão sistemática da literatura sobre o papel do calor excedente industrial nos sistemas de aquecimento urbano (*district heating*), demonstraram que o total de calor excedente disponível poderia cobrir até 90% da demanda de aquecimento nos 27 países da União Europeia, com potencial de redução da pegada de carbono dos sistemas de aquecimento urbano de 153 para aproximadamente 11 kg CO₂eq por GJ em cenários de alta integração.

Dimensão	AB InBev (2025)	Unilever (2025)	Referência metodológica
Embalagem reciclada (primária)	52,7% com conteúdo reciclado ou reutilizado	57% reutilizável, reciclável ou compostável	Escopo 4 — emissões evitadas (GHG Protocol, em desenvolvimento)
Conteúdo reciclado — alumínio	66,2% (vs. 59,7% em 2017)	N/A	Redução de emissões evitadas vs. alumínio primário
Redução de plástico virgem	N/A (foco em alumínio e vidro)	–29% vs. 2019	Categorias 1 e 2 de Escopo 3 — upstream
Energia renovável	4,5 TWh convertidos (2025)	88% da eletricidade operacional	Escopo 2 mercado + emissões evitadas de geração fóssil
Potencial sistêmico (UE)	—	—	Gustavsen et al. (2025): calor excedente industrial pode cobrir até 90% da demanda de aquecimento urbano nos 27 países da UE

Tabela 3: Economia circular e emissões evitadas: AB InBev e Unilever (2025); Fontes: AB InBev Annual Report 2025; Unilever Annual Report 2025.

No âmbito da economia circular, o fechamento de ciclos produtivos representa outra dimensão relevante das emissões evitadas. A AB InBev reportou que 52,7% de seus materiais de embalagem primária em 2025 continham componentes reciclados ou reutilizados, com a proporção de conteúdo reciclado em latas de alumínio atingindo 66,2% — avanço consistente

frente aos 59,7% de 2017 (ABinBEV, 2025). A Unilever, por sua vez, reduziu o uso de plásticos virgens em suas embalagens em 29% em relação a 2019 e reportou que 57% de suas embalagens plásticas são reutilizáveis, recicláveis ou compostáveis (UNILEVER, 2025). A contabilização dessas emissões evitadas, embora ainda careça de padronização metodológica consolidada nos *frameworks* do *GHG Protocol*, representa uma fronteira estratégica de alto potencial para multinacionais que buscam demonstrar a contribuição sistêmica de suas operações para a descarbonização da economia (Krimi et al., 2025; Lizbeth; Morales, 2016).

3 Considerações Finais

O presente trabalho buscou analisar, de forma integrada, o panorama regulatório e metodológico das emissões atmosféricas, articulando os marcos normativos vigentes nos âmbitos estadual, federal e internacional com as práticas de gestão e reporte de Gases de Efeito Estufa (GEE) adotadas por multinacionais de grande relevância. Os resultados obtidos ao longo dos cinco eixos de análise propostos permitem consolidar um conjunto de considerações técnicas e estratégicas de elevada pertinência para os campos de estudo ambiental e de sustentabilidade corporativa.

Como principal suporte metodológico para o desenvolvimento nacional ou internacional deve ser utilizado como parâmetros os acordos multinacionais sancionados, tais como COP 28 e Protocolo de Kyoto. Porém quando se trata de metas para empresas privadas, a legislações abordadas permitem que tais corporações atuem com inconformidade uma vez que dependem inteiramente do reporte de dados dessas empresas, que por sua vez, pode ser fraudado ou apresentar erros de metodologia de aplicação. Ademais, as metas corporativas das empresas em questão ABinBEV e Unilever, apresentam ideologia de compensação de emissão de tCO₂eq por milhão de dólares com intuito final da neutralidade de carbono, ação que conflita diretamente com a redução direta das emissões.

Para o atendimento de metas nacionais - previstas pelo PMEA, europeias – prevista pela Diretiva 2015/2193, grandes corporações e órgãos regulamentadores devem adotar um política mais agressiva, tanto de reporte quanto de melhoria continua para que a meta prevista pelo acordo global de eliminação do uso de combustíveis fósseis e captura de carbono maior do que o envio para atmosfera até 2050.

Referências Bibliográficas

ABINBEV. FINAL ANNUAL REPORT 25 ABinBEV. 2025.

ADRIELLE PALHOSA. **ANÁLISE DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO PROCESSO DE FUNDIÇÃO DE CARCAÇAS DE MOTORES ELÉTRICOS DE FERRO FUNDIDO CINZENTO USANDO O MÉTODO GHG PROTOCOL.**

BLUMENAU: [S.n.]. Disponível em:

<<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/233038>>. Acesso em: 5 jul. 2026.

ALBUQUERQUE, André; DE OLIVEIRA, Bittencourt. **INVENTÁRIO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS NA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA.** Rio de Janeiro: [S.n.]. Disponível em: <<https://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10009328.pdf>>. Acesso em: 5 jul. 2026.

ALENCAR, Ane *et al.* **Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa dos Sistemas Alimentares no Brasil (SEEG).** [S.l.: S.n.]. Disponível em: <<https://seeg.eco.br/>>.

AMARAL, Carlos Henrique Cordeiro de. *et al.* **POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA EM COMUNIDADES RESIDENTES PRÓXIMAS A ÁREAS INDUSTRIAIS: Um indicativo de injustiça ambiental.** Salvador: [S.n.]. Disponível em: <<http://www.sat.ufba.br/>>.

AMR ABDEL-AZIZ (EGYPT) *et al.* Emissions Trends and Drivers. *In: Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change.* [S.l.]: Cambridge University Press, 2023. p. 215–294.

CETESB. **Termo de Referência para a Elaboração do Plano de Monitoramento de Emissões Atmosféricas (PMEA).** [S.l.: S.n.].

CRIPPA, Monica. *et al.* **GHG emissions of all world countries 2025.** [S.l.]: Publications Office of the European Union, 2025.

DA SILVA BRITO, Gabriel Ferreira; FABRIZ SODRÉ, Fernando; DE ALMEIDA, Fernanda Vasconcelos. Impact of particulate matter on air quality. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 5, p. 1335–1354, 2018.

FIEDLER, Georg Benjamin; LUNDIE, Sven. Adapting machine-learning estimators to account for the downward bias of reported greenhouse gas Scope 3 emissions. **Journal of Cleaner Production**, v. 519, 10 ago. 2025.

GILLENWATER, Michael. **CALCULATION TOOL FOR DIRECT EMISSIONS FROM STATIONARY COMBUSTION A WRI/ WBCSD Tool** Michael Gillenwater Environmental Resources Trust. [S.l.: S.n.].

GUSTAVSEN, M. *et al.* **The role of excess heat in reducing the environmental impacts of district heating systems.** **Journal of Environmental Management** Academic Press, , 1 ago. 2025.

KIM, Jiyeon; YANG, Wooyoung. ESG performance in the regulatory transformation era: a systematic thematic review (2020–2024). **Frontiers in Sustainability**, v. 6, 8 jan. 2026.

KRIMI, Issam *et al.* Enabling sustainable and resilient supply chain expansion through technological advancements: Corporate policy insights from the Gulf petrochemical industry. **Journal of Environmental Management**, v. 390, 1 ago. 2025.

LIZBETH, Karen; MORALES, Muñoz. **Cálculo de la Huella de Carbono de la Corporación Financiera Nacional. Caso de estudio: Oficina Principal Quito, 2013.** Quito: [S.n.]. Disponível em: <<https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/33940>>. Acesso em: 5 jul. 2026.

MENDONÇA, Gustavo Lino; MUNIZ MAGALHÃES, Sandra Célia; DA SILVA, Cássio Alexandre. POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA, PROBLEMAS RESPIRATÓRIOS E CARDIOVASCULARES: INVESTIGANDO O SETOR FERROLIGAS EM PIRAPORA/MG, BRASIL. **Caminhos de Geografia**, v. 20, n. 70, p. 398–417, 6 ago. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **A NDC DO BRASIL.** [S.l.: S.n.]. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br>>. Acesso em: 5 jul. 2026.

OBLITAS-ROMERO, Ani Marisol; PÉREZ-DÍAZ, Anghelly Noella; OCAÑA-ZÚÑIGA, Candy Lisbeth. Application of the Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) and the ISO 14064-1: 2006 standard for the estimation of the carbon footprint at the National University of Jaen in 2021. **DYNA (Colombia)**, v. 90, n. 226, p. 90–97, 1 abr. 2023.

RENAN MIGOTTO PERIN. **AVALIAÇÃO DE RISCOS E PERDAS NA ATIVIDADE DE AMOSTRAGEM ISOCINÉTICA EM DUTOS E CHAMINÉS.** CRICIÚMA: [S.n.]. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/handle/1/3397>>. Acesso em: 5 jul. 2026.

SUN, Fei *et al.* Comparative analysis of international environmental policies and supply chain sustainability. **Journal of Environmental Management**, v. 390, 1 ago. 2025.

UNILEVER. **Unilever Climate Transition Action Plan.** [S.l.: S.n.]. Disponível em: <<https://www.unilever.com/files/92ui5egz/production/2a44a1a76f4899f09a2d745ccdd86d0b65185eb5.pdf>>. Acesso em: 5 jul. 2026.

ZANUZZO, Juliana Tavares *et al.* **SUSTENTABILIDADE DE FORMA PRÁTICA PARA A ENGENHARIA QUÍMICA: METODOLOGIAS PARA A GESTÃO DE CARBONO EM ATIVIDADES PRODUTIVAS E ECONÔMICAS.** São Carlos: [S.n.]. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/server/api/core/bitstreams/5926054d-aa99-46fe-b9d5-2b8ed44c57b6/content>>. Acesso em: 5 jul. 2026.