



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE CIÊNCIAS SOCIAIS
CURSO DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS

**A DIPLOMACIA ENERGÉTICA PARA OS COMBUSTÍVEIS SUSTENTÁVEIS DE
AVIAÇÃO (SAF) COMPARADA ENTRE O BRASIL E A SUÉCIA**

JORGE WILLIAN FERREIRA GONÇALVES

Goiânia, Goiás

2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE CIÊNCIAS SOCIAIS

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio do Repositório Institucional (RI/UFG), regulamentado pela Resolução CEPEC no 1240/2014, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei no 9.610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo dos Trabalhos de Conclusão dos Cursos de Graduação disponibilizado no RI/UFG é de responsabilidade exclusiva dos autores. Ao encaminhar(em) o produto final, o(s) autor(a)(es)(as) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (TCCG)

Nome(s) completo(s) do(a)(s) autor(a)(es)(as): Jorge William Ferreira Gonçalves

Título do trabalho: "A diplomacia energética para os Combustíveis Sustentáveis de Aviação (SAF) comparada entre o Brasil e a Suécia"

2. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador) Concorda com a liberação total do documento [x] SIM [] NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: a) consulta ao(a) autor(a)(es)(as) e ao(a) orientador(a); b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo do TCCG. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro.

Obs.: Este termo deve ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Jefferson dos Santos Estevo, Usuário Externo**, em 12/12/2025, às 11:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jorge Willian Ferreira Gonçalves, Discente**, em 12/12/2025, às 15:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5856562** e o código CRC **99525B6B**.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE CIÊNCIAS SOCIAIS
CURSO DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS

A DIPLOMACIA ENERGÉTICA PARA OS COMBUSTÍVEIS SUSTENTÁVEIS DE
AVIAÇÃO (SAF) COMPARADA ENTRE O BRASIL E A SUÉCIA

JORGE WILLIAN FERREIRA GONÇALVES

Trabalho Final de Curso apresentado como
pré-requisito parcial para a obtenção do título
de Bacharel em Relações Internacionais pela
Universidade Federal de Goiás.

Orientador: Jefferson dos Santos Estevo.

Goiânia, Goiás

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Gonçalves, Jorge Willian Ferreira

A diplomacia energética para os Combustíveis Sustentáveis de Aviação (SAF) comparada entre o Brasil e a Suécia [manuscrito] / Jorge Willian Ferreira Gonçalves. - 2025.

168 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Jefferson dos Santos Estevo.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Ciências Sociais (FCS), Relações Internacionais, Goiânia, 2025.

Bibliografia.

Inclui siglas, símbolos, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Combustíveis sustentáveis de aviação. 2. Diplomacia energética. 3. Complexo de regimes internacionais. 4. Brasil. 5. Suécia. I. Estevo, Jefferson dos Santos, orient. II. Título.

CDU 327



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE CIÊNCIAS SOCIAIS

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Ao(s) 28 dia(s) do mês de novembro do ano de 2025 iniciou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado "A diplomacia energética para os Combustíveis Sustentáveis de Aviação (SAF) comparada entre o Brasil e a Suécia", de autoria de Jorge William Ferreira Gonçalves, do curso de Relações Internacionais, do(a) Faculdade de Ciências Sociais da UFG. Os trabalhos foram instalados pelo(a) Dr. Jefferson dos Santos Estevo (FCS/UFG) com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Dr. Mauro Caetano de Souza (ITA) e Ms. Joao Pedro Gurgel e Silva. Após a apresentação, a banca examinadora realizou a arguição do(a) estudante. Posteriormente, de forma reservada, a Banca Examinadora atribuiu a nota final de 10, tendo sido o TCC considerado aprovado.

Proclamados os resultados, os trabalhos foram encerrados e, para constar, lavrou-se a presente ata que segue assinada pelos Membros da Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Mauro Caetano de Souza, Usuário Externo**, em 01/12/2025, às 08:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **João Pedro Gurgel e Silva, Usuário Externo**, em 12/12/2025, às 16:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jefferson dos Santos Estevo, Usuário Externo**, em 12/12/2025, às 18:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5823392** e o código CRC **8B86C42C**.

*Às memórias da minha bisavó Anatália
Ferreira Côrtes, meu avô Jorge Ventura
Ferreira e meu pai Willian Moreira
Gonçalves, pessoas simples e humildes com as
quais pude aprender lições que quaisquer
títulos acadêmicos jamais ensinarão!*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe, Débora, por todo o amor, suporte e sacrifício incondicionais durante esta jornada árdua, porém gratificante, da minha graduação. Ao meu irmão, Wallace, por todo afeto, apoio e carinho, motivo pelo qual busco construir um futuro melhor para este mundo em que você crescerá. Ao meu pai, Willian Gonçalves, *in memoriam*, que, desde sempre, alimentou minha paixão pela aviação e ao qual também dedico este trabalho. Amo vocês eternamente!

Agradeço aos meus amados amigos Anna, Dani, Emmanoel, Gabie, Jaque, Helô, João, Marcos, Maga, Mariano, Rodrigo e Tayná, por todos os conselhos, vivências, choros e sorrisos que nos acompanharam neste período. Com todos vocês essa história foi muito mais colorida e feliz!

Agradeço ao meu orientador, Professor Doutor Jefferson dos Santos Estevo, por toda a paciência neste longínquo período de escrita e por ter me apoiado em todos os momentos. Exemplo de que, como diria um certo filósofo pernambucano, ensinar é mais do que uma transferência de conhecimento, é criar possibilidades para que ele seja produzido e construído.

Agradeço também a todos que vieram antes de mim e se sacrificaram em alguma medida para garantir a existência das políticas públicas de acesso e permanência no Ensino Superior que me permitiram ser o primeiro de minha família a usufruir de uma universidade pública, gratuita e de qualidade.

Agradeço ainda a todos que, de alguma forma, contribuíram com a minha história, bem como o desenvolvimento e, sobretudo, a concretização deste trabalho.

Agradeço, por fim, a todos que mantiveram a chama da aviação acesa dentro de mim!

*“O bico da ave, da ave que voa
É a proa da nave, da nave que voa
As vigias da nave, da nave que voa
São os olhos da ave, da ave que voa*

*O coração da ave, da ave que voa
É o motor da nave, a nave que voa
As asas da nave, a nave que voa
São as asas da ave, da ave que voa*

*A alma da ave, a ave que voa
É a alma do homem, do homem que voa”*

Secos e molhados (Vôo, 1973)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Histórico de concentração de CO ₂ em Mauna Loa (1958–2025).....	21
Figura 2 - Contribuições dos elementos do pacote de medidas para o cumprimento das metas até 2050.....	34
Figura 3 - Mandatos de SAF e metas para redução ao redor do mundo.....	42
Figura 4 - Emissões líquidas do Brasil em comparação às metas da primeira NDC (em MtCO ₂ e).....	61
Figura 5 - Total das emissões líquidas brasileiras por setor emissor (em MtCO ₂ e).....	63
Figura 6 - Quantidade de emissões da aviação brasileira (em MtCO ₂ e).....	64
Figura 7 - Projeção das emissões da aviação doméstica brasileira em comparação com o nível máximo de emissão permitido pelo ProBioQAV (em MtCO ₂ e).....	67
Figura 8 - Emissões líquidas do Brasil em comparação às metas da primeira e da segunda NDC (em MtCO ₂ e).....	69
Figura 9 - Fatias de mercado das distribuidoras de QAV no Brasil de 2021 a 2025.....	78
Figura 10 - Diagrama das metas de redução das emissões no âmbito da estrutura climática europeia de 2015.....	95
Figura 11 - Mandato de intensidade de carbono do Reduktionsplikt na aviação (2021-2030).....	99
Figura 12 - Progressão das metas mínimas de uso de SAF e eSAF do mandato ReFuelEU Aviation (2025-2050).....	103
Figura 13 - Diagrama das metas de redução e uso de SAF na UE e na Suécia conforme a NDC de 2020 e 2023.....	104
Figura 14 - Emissões territoriais da Suécia em comparação às metas NDC (em MtCO ₂ e).....	105
Figura 15 - Total das emissões líquidas suecas por setor emissor (em MtCO ₂ e).....	106
Figura 16 - Quantidade de emissões da aviação sueca (em MtCO ₂ e).....	107

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 1 - Evolução do debate internacional sobre meio-ambiente e aviação.....	35
Quadro 2 - Rotas de obtenção de SAF aprovadas pela ICAO e pela ASTM.....	40
Quadro 3 - Voos realizados com SAF por fabricantes ou operadores aéreos brasileiros.....	77
Quadro 4 - Projetos de produção de SAF anunciados no Brasil.....	87
Quadro 5 - Estudos conduzidos na Suécia com foco na descarbonização da aviação doméstica. 115	
Quadro 6 - Voos realizados com SAF por fabricantes ou operadores aéreos suecos.....	118
Quadro 7 - Projetos de produção de SAF anunciados na Suécia.....	122

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
CNPE	Conselho Nacional de Políticas Energéticas
CORSIA	Mecanismo de Redução e Compensação de Emissões da Aviação Internacional (<i>Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation</i>)
eSAF	Combustível Sintético de Aviação Elétrico (<i>Electric-Synthetic Aviation Fuel</i>)
GEE	Gases de Efeito Estufa
IATA	Associação Internacional de Transportes Aéreos (<i>International Aviation Transport Association</i>)
ICAO	Organização da Aviação Civil Internacional (<i>International Civil Aviation Organization</i>)
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>)
ISCC	Certificação Internacional de Sustentabilidade e Carbono (<i>International Sustainability and Carbon Certification</i>)
NDC	Contribuições Nacionalmente Determinadas (<i>Nationally Determined Contributions</i>)
PCF	Programa Combustível do Futuro
Petrobras	Petróleo Brasileiro Sociedade Anônima
ProBioQAV	Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação
QAV	Querosene de Aviação
SAF	Combustíveis Sustentáveis de Aviação (<i>Sustainable Aviation Fuels</i>)
SWEA	Agência Sueca de Energia (<i>Energimyndigheten</i>)
UE	União Europeia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 O REGIME INTERNACIONAL PARA A SUSTENTABILIDADE DA AVIAÇÃO....	19
2.1 A CIÊNCIA POR TRÁS DAS EMISSÕES DAS AERONAVES.....	19
2.2 ROTAS CRUZADAS: O MEIO AMBIENTE E A AVIAÇÃO CIVIL.....	22
2.3 “CLEARED FOR TAKEOFF”: A AVIAÇÃO CIVIL RUMO À DESCARBONIZAÇÃO.....	33
2.3.1 Recalculando rota: O que são os SAFs, como são produzidos e quais as tendências?.....	38
3 CONSTRUÇÃO DE UMA LIDERANÇA CONJUNTA ENTRE BRASIL E SUÉCIA NO CENÁRIO GLOBAL DE SAF.....	44
3.1 ENERGIA COMO INSTRUMENTO DA DIPLOMACIA.....	44
3.2 DE BRASÍLIA A ESTOCOLMO: RELAÇÕES BILATERAIS, COOPERAÇÃO E ESTADO DA ARTE EM SAF.....	49
4 COMBUSTÍVEIS QUE MOVEM O BRASIL.....	57
4.1 O HISTÓRICO BRASILEIRO EM COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS E BIOCOMBUSTÍVEIS.....	57
4.2 O FUTURO DO BRASIL: STAKEHOLDERS E INICIATIVAS DE SAF NO PAÍS.....	70
5 “THE WINNER TAKES IT ALL”: A CONSTRUÇÃO DA LIDERANÇA SUECA EM MATÉRIA DE SAF.....	90
5.1 BIOCOMBUSTÍVEIS NA SUÉCIA: HISTÓRICO DE AVANÇOS E RETROCESSOS.....	90
5.2 CONHECENDO OS STAKEHOLDERS E INICIATIVAS DE SAF.....	110
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E LIMITAÇÕES.....	125

RESUMO

Este Trabalho Final de Curso investiga as políticas públicas de Combustíveis Sustentáveis de Aviação (SAF) no Brasil e na Suécia e como seus avanços regulatórios podem abrir espaço para novas cooperações bilaterais. A pesquisa busca compreender de que maneira dois países com capacidades produtivas distintas podem estruturar instrumentos para a descarbonização do setor aéreo em diálogo com acordos internacionais como os da Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO). Assim, o presente estudo analisa as políticas públicas voltadas para SAF em ambos países, com ênfase nos avanços legislativos, análise do progresso em biocombustíveis, no mapeamento das iniciativas e capacidades produtivas. A pesquisa visa compreender como o alinhamento dos projetos e políticas públicas existentes no Brasil e na Suécia sobre SAF podem ser mutuamente benéficos. Com base na revisão de literatura da área de Relações Internacionais, análise dos instrumentos legislativos dos Estados, o mapeamento de projetos de SAF e dos stakeholders envolvidos, foi possível concluir que a colaboração efetiva resultará em avanços e inovações tecnológicas em matéria de SAF para ambos. A organização dos capítulos aborda a análise sobre o histórico da absorção da aviação civil para com a preocupação ambiental, as políticas e iniciativas que abrangem o tema no caso do Brasil, seguindo para a análise do caso da Suécia e por fim a apresentação das considerações finais.

Palavras-chave: Combustíveis Sustentáveis de Aviação (SAF); Diplomacia Energética; Complexo de Regimes Internacionais; Brasil; Suécia.

ABSTRACT

This Graduation Thesis investigates Sustainable Aviation Fuels (SAF) public policies in Brazil and Sweden, examining how their regulatory advancements can pave the way for new bilateral cooperation. The research seeks to understand how two countries with distinct production capacities can structure instruments for the decarbonization of the air transport sector in dialogue with international agreements such as those established by the International Civil Aviation Organization (ICAO). Thus, the present study analyzes SAF-related policies in both countries, emphasizing legislative advancements, progress analysis in biofuels, and the mapping of initiatives and production capacities. The research aims to comprehend how the alignment of existing SAF projects and public policies in Brazil and Sweden can be mutually beneficial. Based on a literature review in the field of International Relations, analysis of the States' legislative instruments, and the mapping of SAF projects and involved stakeholders, it was possible to conclude that effective collaboration will result in significant technological advancements and innovation in SAF for both nations. The organization of the chapters addresses the historical engagement of civil aviation with environmental concerns, the policies and initiatives covering the theme in the case of Brazil, followed by the analysis of the Sweden case, and concluding with the final considerations.

Keywords: Sustainable Aviation Fuel (SAF); Energy Diplomacy; International Regimes Complex; Brazil; Sweden.

1 INTRODUÇÃO

A aviação é sinônimo de desenvolvimento econômico e da superação dos limites humanos. Em 2023, a indústria aeronáutica transportou 4,4 bilhões de passageiros em 35,3 milhões de voos. Se esses passageiros fossem indivíduos únicos, representariam mais de 50% da população mundial, atualmente estimada em mais de 8 bilhões de pessoas. No âmbito econômico, o setor gerou mais de 86 milhões de empregos em todo o mundo em 2024, dos quais, 11 milhões diretamente ligados à atividade aérea, e contribuiu com um impacto econômico global que ultrapassa 4 trilhões de dólares (ATAG, 2024, p. 10).

Em contrapartida, este enorme sucesso da aviação também é sinônimo de poluição. Em 1999, o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC — *Intergovernmental Panel on Climate Change*), em seu primeiro relatório focado na aviação civil, atribuiu ao setor a responsabilidade por 2% das emissões globais de gases de efeito estufa (GEE), 13% das emissões provenientes de todas as formas de transporte. Além disso, projetou que a aviação poderia ser responsável por pelo menos 3% das emissões globais até 2050 (IPCC, 1999, p. 6). Dados mais recentes mostram que, somente em 2023, a aviação já foi responsável por 2,5% das emissões globais (IEA, 2025a), indicando que o setor permanece em trajetória de crescimento quanto às emissões, alinhando-se às estimativas feitas no final do século passado.

Definidas como as anomalias nas condições médias anuais causadas pelas ações humanas, as mudanças climáticas impactam diretamente na frequência de ocorrência de eventos climáticos extremos, como secas prolongadas, chuvas excessivas e ondas de frio ou de calor extremas. Tais alterações impactam diretamente todos os componentes climáticos, como a hidrosfera, criosfera, biosfera, litosfera e, por fim, a atmosfera. No entanto, além dos impactos atualmente conhecidos e mais evidentes, existem ainda aqueles que afetam outros elementos do cotidiano humano, como um dos setores mais significativos para a economia mundial: a própria indústria aeronáutica.

Estudos recentes realizados por Storer, Williams e Joshi (2017); Williams (2017); Storer, Williams e Gill (2019); Williams e Storer (2022); e Kim *et al.* (2023), apontam para a influência das mudanças climáticas no aumento gradativo da frequência das Turbulências de Ar Limpo (CAT — *Clear Air Turbulence*), incidentes aeronáuticos que impactam diretamente na normalidade e na segurança das operações aéreas. Assim, com o agravamento das alterações climáticas, a mitigação das emissões se torna uma prioridade incontornável para todos os setores e principalmente a aviação civil internacional. Neste contexto, os

Combustíveis Sustentáveis de Aviação (SAF — *Sustainable Aviation Fuels*) surgem como a solução tecnológica mais viável a curto e médio prazo para descarbonizar o setor.

Realizar esse exercício é ainda mais relevante para setores extremamente consolidados como a aviação, que podem ser beneficiados tanto pelas atualizações tecnológicas e procedimentais, quanto pelo estabelecimento de cooperações bilaterais. Programas como o Mecanismo de Redução e Compensação de Emissões da Aviação Internacional (CORSIA — *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*) da Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO — *International Civil Aviation Organization*), evidenciam a necessidade da atuação diplomática na área. Sobretudo diante da implementação obrigatória deste Mecanismo a partir de 2027 em todos os Estados-membros da ICAO. Neste sentido, considerar a política externa enquanto uma extensão das decisões políticas internas sobre esta temática, pode ser uma conduta positiva para os interesses nacionais de países como o Brasil e a Suécia, sobretudo no que diz respeito às alterações climáticas.

A cooperação bilateral surge como um caminho promissor para atender a necessidade de atuação em prol da mitigação e resolução do problema. Neste sentido, a análise do alinhamento diplomático entre o Brasil e a Suécia se justifica pela ampla complementariedade de seus interesses e a urgência do atingimento das metas setoriais definidas e ainda em aberto. Enquanto a indústria brasileira possui um vasto potencial produtivo focado em biomassas agrícolas, a produção sueca busca rotas de obtenção de SAF de alta complexidade tecnológica. Essa sinergia em matéria de biocombustíveis pode estabelecer um novo ambiente cooperativo propício para que ambos atinjam capacidades de liderança na produção, desenvolvimento e uso de SAF, reforçando os laços eficazmente testados e estabelecidos no âmbito do Programa F-X2 de produção do F-39 Gripen E/F, que constitui uma das maiores cooperações técnico-científica e acadêmico-industrial da história dos dois Estados,

Desta forma, o presente estudo é norteado pela seguinte pergunta: Como o alinhamento dos projetos e políticas públicas existentes no Brasil e na Suécia sobre SAF podem ser benéficos para ambos os países? A hipótese central desta pesquisa é que a colaboração efetiva entre Brasil e Suécia resultará em avanços e inovações tecnológicas em matéria de SAF para ambos. Assim, na tentativa de responder à pergunta que norteará este estudo, esta pesquisa tem como objetivo geral analisar as políticas públicas voltadas para SAF no Brasil e na Suécia e como os avanços legislativos em ambos os Estados podem oportunizar a cooperação mútua entre eles e favorecer o alinhamento de uma diplomacia energética entre Brasília e Estocolmo. Constituem-se, assim, como objetivos específicos:

- I. Discutir os mecanismos de promoção de SAF na Suécia e no Brasil;

- II. Avaliar e identificar as principais oportunidades de cooperação tecnológica e bilateral sueco-brasileiras focadas na temática;
- III. Estudar os avanços e mapeamento de iniciativas e projetos SAF em ambos os países.

O atingimento desses objetivos será possível através da adoção da metodologia de estudo de caso comparado entre Brasil e Suécia, utilizando a pesquisa documental qualitativa como método principal. Assim será possível analisar explicitamente as relações entre as unidades (os países) e as influências dos elementos intermediários (obrigatoriedade do CORSIA, metas e legislações nacionais), conforme propõem os avanços metodológicos de estudo de caso no campo das Relações Internacionais e a literatura especializada própria da área (Lijphart, 1971; King *et al.*, 1994; Gerring, 2004; Mahoney, 2007). Constituinte assim uma busca interdisciplinar para avaliar problemas de alta complexidade característicos da sociedade moderna. Realizando uma investigação empírica aprofundada capaz de coordenar novas ações e abordagens baseadas nas realidades e instituições nacionais (estabelecimento de uma diplomacia energética entre os países analisados), aumentando a compreensão coletiva sobre uma questão de pesquisa com implicações práticas para além da contemporaneidade (adoção de políticas públicas de SAF) (Silveira, 2017, p. 50; Yin, 2018, p. 45).

Ademais, o presente estudo também contribui para o avanço dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), aliando a promoção do SAF enquanto ferramenta de descarbonização, com a promoção de uma futura interconectividade transcontinental mais limpa e acessível (Objetivo 7: Energia limpa e acessível). Além disso, a observância das dinâmicas internacionais, a urgência da ação climática no âmbito da aviação civil global e a criação de mecanismos como o CORSIA (Objetivo 13: Ação contra a mudança global do clima) favorecem diretamente e justificam o interesse desta pesquisa em avaliar e propor o alinhamento entre as indústrias suecas e brasileiras visando a definição de novas rotas de cooperação entre os países (Objetivo 17: Parcerias e meios de implementação).

Contudo, é necessário esclarecer que a comparação explícita entre as realidades de ambos os países não será objeto de estudo desta pesquisa. O intuito é compreender como os avanços legislativos da Suécia e do Brasil sobre a temática podem ser benéficos para a ocorrência de um alinhamento e o estabelecimento de parcerias internacionais entre os dois Estados. Ainda que a hipótese de possibilidade de cooperação entre os países possa ser factível, esta formulação não usufrui de demasiada clareza e, menos ainda, de estudos anteriores que trazem luz à temática. Necessitando, por fim, estudar, testar e comprovar (ou

não) esta hipótese mediante o rigor do método científico. Por fim, destaca-se que também não é o intuito analisar como as mudanças climáticas e suas consequências afetam o setor aéreo.

Definida estas fronteiras, cabe explicitar a estrutura do presente trabalho que, está estruturado em 6 capítulos e permitirão compreender o fenômeno que será analisado. No primeiro capítulo, foram apresentadas as informações gerais relacionadas a esta pesquisa e demais indicações introdutórias acerca do tema. O segundo capítulo, por sua vez, apresenta os componentes das emissões da aviação civil e realiza um apanhado histórico acerca de como o setor aeronáutico passou para uma maior preocupação e envolvimento internacional com o tema ambiental. Deste modo, serão apresentadas as medidas mais recentes de descarbonização adotadas pelo próprio setor, dentre eles o SAF.

O terceiro capítulo relaciona a temática ambiental na aviação com os conceitos de diplomacia energética e complexo de regimes internacionais. Abordando como a energia pode ser entendida enquanto uma ferramenta diplomática e apresentando o estado da arte da temática de SAF na Suécia e no Brasil, bem como a conjuntura histórica das relações bilaterais entre os países. O capítulo quatro, então, abarca o estudo de caso referente ao Brasil. Nele será realizado a análise histórica dos instrumentos legislativos relacionados ao SAF, suas relações com as emissões e as metas nacionais e a apresentação do mandato brasileiro de redução das emissões da aviação doméstica brasileira. Em seguida, será realizado o mapeamento das iniciativas de produção, desenvolvimento e uso de SAF no Brasil, bem como das partes interessadas nesta temática ao longo da história. Por fim, o quinto capítulo analisará o histórico sueco em matéria de biocombustíveis e apresentará o histórico legislativo sueco e europeu de seus respectivos mandatos de intensidade e redução atualmente vigentes. De modo a permitir, na sequência, a realização do mapeamento dos *stakeholders* suecos envolvidos nos estudos de produção, desenvolvimento e uso de biocombustíveis de aviação no país.

No sexto e último capítulo, portanto, serão apresentadas as considerações finais sobre os estudos de caso, indicações e limitações que devem ser consideradas a partir dele. Tanto a Suécia quanto o Brasil, possuem diversas capacidades de se tornarem líderes em processos, em tecnologias e no desenvolvimento SAF. Portanto, é vital serem analisadas como as políticas definidas por ambos os países, quando aliadas às vontades de seus formuladores e às experiências prévias em cooperação, podem contribuir para o atingimento das capacidades de liderança dos dois Estados. Construindo assim um ambiente propício para o desenvolvimento de novas sinergias entre ambos os países.

2 O REGIME INTERNACIONAL PARA A SUSTENTABILIDADE DA AVIAÇÃO

Para a compreensão das realidades e iniciativas nos países analisados neste estudo, é inexorável contextualizar historicamente os primeiros debates e esforços internacionais voltados para a descarbonização do setor aéreo. A consolidação da aviação civil como ferramenta de conectividade global e seu consequente crescimento econômico exacerbaram, em igual medida, seus impactos ambientais. Diante desse cenário, a expansão do setor exige respostas coordenadas e soluções tecnológicas para mitigar as emissões de GEEs.

Dessa forma, este capítulo explora a trajetória das primeiras iniciativas internacionais que trataram das questões ambientais, posteriormente compreendidas como questões climáticas, e sua convergência com os esforços de descarbonização da aviação, incluindo o desenvolvimento e a adoção de SAF. Para isso, inicialmente, serão revisadas as bases científicas das emissões provenientes das aeronaves e seus impactos ambientais. Em seguida, será discutida a evolução do debate ambiental na aviação, com base nos marcos institucionais e normativos que moldaram as políticas do setor ao longo das décadas.

Os avanços recentes na transição para o uso de SAF também serão abordados, com enfoque nas principais estratégias e medidas atualmente empregadas no cenário internacional. Nesse contexto, serão analisadas as experiências, estratégias e parcerias do Brasil e da Suécia na pesquisa e desenvolvimento desses combustíveis. Ao articular perspectivas científicas, regulatórias e diplomáticas, este capítulo busca fornecer uma visão abrangente dos primeiros passos do setor aeronáutico rumo à descarbonização, destacando o papel da cooperação internacional e das políticas climáticas na construção desse novo horizonte.

2.1 A CIÊNCIA POR TRÁS DAS EMISSÕES DAS AERONAVES

A degradação do meio ambiente não é um assunto inédito para a humanidade, mas antes de analisar como a aviação e o meio-ambiente se relacionam é de extrema relevância que seja elucidado como as emissões das aeronaves impactam o meio-ambiente, especialmente no que diz respeito ao agravamento do efeito estufa. Conhecido há séculos pelos seres humanos, este fenômeno natural é necessário para a regulação da temperatura do Planeta e a manutenção das condições de vida na Terra. Entretanto, desde a Revolução Industrial no Século XVIII há uma intensificação das emissões de poluentes na atmosfera que têm desregulado este efeito.

A ocorrência do efeito estufa decorre da presença de gases como vapor d'água (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e ozônio (O₃) na atmosfera que, retendo o calor em torno da Terra, regulam a temperatura do Planeta. Estes são os

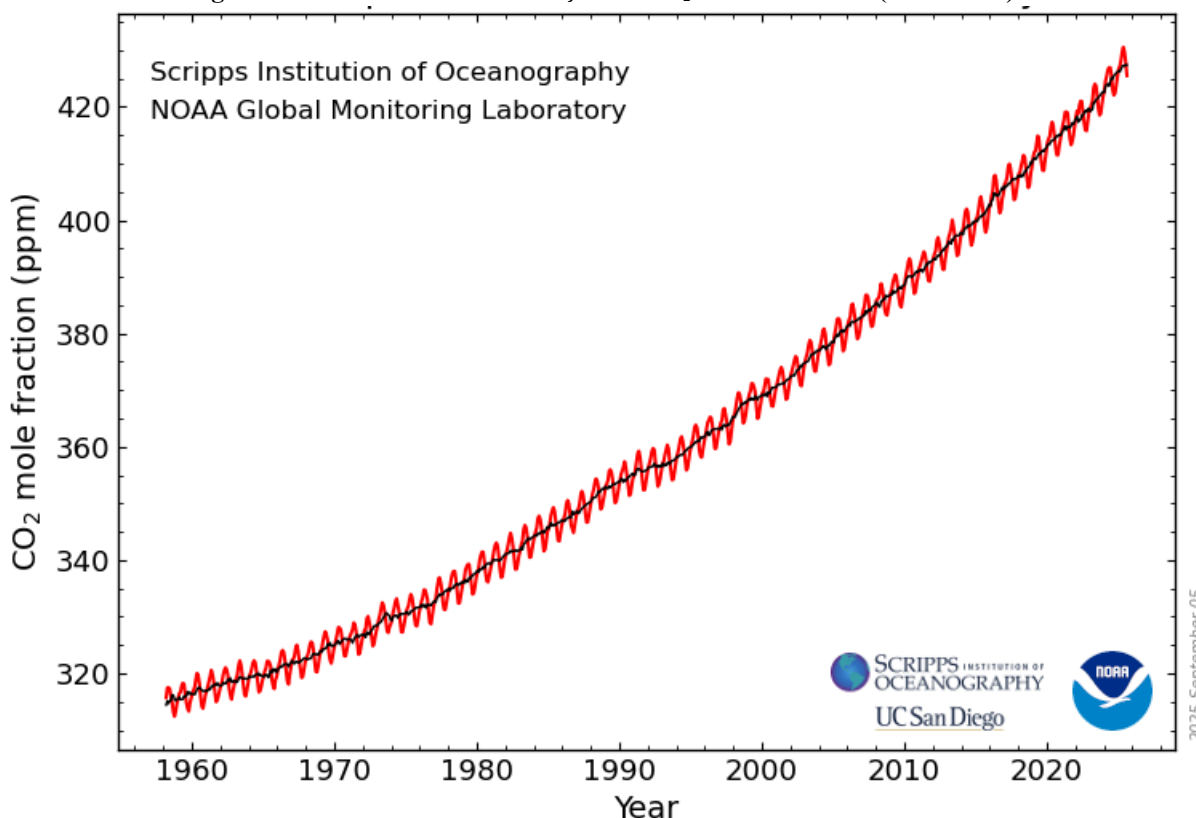
denominados gases de efeito estufa. No entanto, em decorrência do aumento exponencial de emissões de CO₂, este efeito está sendo intensificado e desregulado pelas ações humanas, como o desmatamento, uso de combustíveis fósseis e tantas outras causas que têm influenciado diretamente o sistema climático do globo (Estevo, 2021).

Estudos sobre esse tema são conduzidos há séculos por cientistas de todo o mundo. O matemático francês Joseph Fourier foi pioneiro na percepção e descrição da influência da temperatura na atmosfera terrestre ainda nos anos 1820. Três décadas depois, no lado inglês do Canal da Mancha, o físico John Tyndall, seria o responsável por observar que estruturas moleculares mais complexas como o hidrogênio (H₂), CO₂ e O₃ eram gases com uma maior taxa de retenção de calor (Junges, 2023).

Após quarenta anos, o químico sueco Svante Arrhenius (1896), complementando as análises de Fourier e Tyndall, sugeriu que o funcionamento da atmosfera terrestre e sua relação com o calor seriam similares ao vidro de proteção de uma estufa aquecida, uma *hot-house*, em inglês. Foi observado por ele que o uso exponencial de combustíveis fósseis resultaria em um gradativo acúmulo de CO₂ na atmosfera, impactando diretamente no aumento da temperatura global em até 5 °C (Estevo, 2021). Com base nesses estudos, o meteorologista sueco Nils Ekholm (1901) publicou em 1901 um estudo onde estabeleceu finalmente o termo que definiria esse fenômeno como o mundo conhece atualmente: o efeito estufa, ou *green-house*, no termo original em inglês.

Os impactos do aumento do efeito e as consequências para o planeta, porém, permaneceram carentes de atenção até a condução de estudos que elucidaram melhor essas questões. Principalmente até a pesquisa do climatologista Charles David Keeling no final da década de 1950. Buscando compreender os impactos da alta concentração de CO₂ na atmosfera, Keeling realizou o estudo em uma instalação governamental dos Estados Unidos localizada no maior vulcão do mundo, Mauna Loa, no Havaí. Sua medição inicial realizada em 1958 indicou uma concentração de 315 partes por milhão de CO₂ na atmosfera (Keeling *et al.*, 1976, p. 549). Em síntese, foi comprovado que a cada 1 milhão de moléculas no ar, 315 eram de dióxido de carbono. A pesquisa conduzida até os dias atuais, consolidou a análise gráfica conhecida como Curva de Keeling (ver [Figura 1](#)), que apresenta o histórico aumento na concentração de CO₂ desde o início do estudo. Somente no dia 1º de novembro de 2025 foi verificada uma concentração de 425,68 ppm, um valor pouco abaixo da maior quantidade de ppm já registrada pelo observatório na história, ocorrido em maio de 2025, quando foi registrada a média mensal de 430,51 ppm.

Figura 1 - Histórico de concentração de CO₂ em Mauna Loa (1958–2025).



Fonte: National Oceanic and Atmospheric Administration (2025).

Os dados apresentados na Curva de Keeling refletem o diagnóstico do aumento crescente na concentração de CO₂ na atmosfera. Comprovando que o aumento da concentração de dióxido de carbono acontece como uma consequência das ações antrópicas que desregulam a absorção do dióxido de carbono na atmosfera. Desta forma, com uma quantidade exponencial de CO₂ sendo emitida anualmente no meio-ambiente, os processos químicos responsáveis pela transformação deste gás são sobrecarregados e não conseguem realizar a devida captura ou sequestro deste carbono. É neste contexto que está o principal impacto da aviação.

Segundo relatório especial apresentado no final da década de 1990 pelo IPCC, as aeronaves emitem diretamente na atmosfera: H₂O, CO₂, óxido nítrico (NO), dióxido de nitrogênio (NO₂), óxidos sulfúricos (SO_x) e fuligem. Além disso, por voarem em camadas com baixa temperatura e alta pressão, as moléculas de água condensam e criam rastros de condensação, em inglês nominados como *condensation trails*, também conhecidos pelo acrônimo *contrails*. No entanto, essas trilhas aumentam a formação das nuvens do tipo *cirrus*, que, por cobrirem em média cerca de 40% da atmosfera terrestre, atuam como uma manta de aquecimento sobre o Planeta e impactam diretamente no aquecimento global (Lynch, 1996; IPCC, 1999).

Uma vez apresentadas essas evidências, é notável e irrefutável que as atividades humanas estão impactando o meio-ambiente negativamente. As mudanças climáticas, portanto, são justamente essas transformações nos padrões climáticos terrestres que acontecem em decorrência da interferência humana. De maneira que processos naturais do Planeta, como a regulação da temperatura atmosférica e a formação de nuvens estão sendo afetados e intensificados como consequência do desenvolvimento industrial humano, que desde 1800 cresceu sem se preocupar com o impacto causado no meio-ambiente (Nações Unidas Brasil, 2024). Ainda que necessite de inúmeros avanços, a conscientização do impacto humano tem ocorrido de maneira sistemática somente nos últimos 100 anos, quando essas questões começaram a ser levantadas em fóruns internacionais (Estevo, 2021).

Buscar soluções e alternativas para reduzir e mitigar essas emissões torna-se necessário para uma aviação mais sustentável. Principalmente por esse tipo de atividade humana não impactar o meio-ambiente somente no que diz respeito às emissões diretas. Pensar em um setor aéreo mais sustentável também abarca a utilização e criação de aeródromos, que impactam nas emissões por mudança e uso do solo. É possível refletir ainda sobre as tecnologias de propulsão de aeronaves, mais especificamente sobre os combustíveis utilizados pela aviação. Essa reflexão justifica a necessidade de pesquisa e desenvolvimento (P&D), produção e utilização de SAF, objeto de análise do presente estudo.

2.2 ROTAS CRUZADAS: O MEIO AMBIENTE E A AVIAÇÃO CIVIL

Apesar de não ser um assunto novo, muitas consequências das ações antrópicas no meio ambiente ainda são desconhecidas. Eis, portanto, a necessidade da busca por soluções, alternativas e a mitigação desses eventos. Deste entendimento nasce o envolvimento da ONU, suas agências especializadas e Estados-membros, principalmente no setor aeronáutico no tema.

A ICAO, foi pioneira na liderança de uma resolução harmonizada focada nas emissões de CO₂ e no desenvolvimento de debates técnico-científicos sobre o tema no transporte aéreo internacional (ICAO, 2024a). Estabelecida em 1944 pela Convenção de Chicago sobre Aviação Civil Internacional, norma do Direito Internacional que norteia a temática, a ICAO é a agência especializada da ONU responsável por desenvolver todos os aspectos da esfera civil do setor aeronáutico global (United Nations, 1944, p. 23). No contexto ambiental, os primeiros debates realizados pela ICAO datam da década de 1960. Até aquele momento, o problema ambiental de maior relevância dizia respeito aos ruídos dos motores das aeronaves, que afligiam as proximidades dos aeroportos.

O ruído de aeronaves foi o primeiro tema ambiental discutido pela organização, sendo um dos tópicos principais da 16ª Assembleia da ICAO, ocorrida em 1968, na cidade de Buenos Aires, Argentina (Kotaite, 2001). A partir desta cúpula foi compreendida a necessidade de superação deste problema para o bem-estar das operações, operadores e passageiros, motivando o estabelecimento de uma “Reunião especial sobre ruído de aeronaves nas proximidades de aeródromos” no ano seguinte.

Os trabalhos realizados durante esta reunião especial foram levados à 18ª Assembleia da ICAO, realizada em Viena, Áustria, em 1971. Deste encontro culminaram dois marcos que moldaram os trabalhos da aviação civil internacional no que diz respeito à proteção ambiental e reconhecimento da premência de solução. O primeiro deles foi a criação do Anexo 16 da Convenção de Chicago, que atualmente nomeado como “Proteção ambiental”, definiu as Normas e Práticas Recomendadas (SARPs — *Standards And Recommended Practices*) que resultaram no desenvolvimento de aeronaves menos ruidosas. O segundo marco, por conseguinte, foi a criação do Comitê de Ruídos de Aeronaves (CAN — *Committee on Aircraft Noise*), um órgão técnico que seria responsável pela recomendação de SARPS relacionadas aos ruídos (ANAC, 2018; ICAO, 2019a).

Em adição a estes avanços práticos, a Assembleia também desempenhou um papel estratégico rumo ao reconhecimento de suas responsabilidades enquanto agência técnica da ONU para o transporte aéreo. Neste sentido, por meio da Resolução A18-11, a ICAO afirmou ser:

[...] consciente do impacto ambiental adverso que pode estar relacionado à atividade aérea e sua responsabilidade e a dos seus Estados Membros em alcançar a compatibilidade entre a segurança e o desenvolvimento ordenado da aviação civil e a qualidade do meio ambiente (ANAC, 2018, p. 2).

Resultam deste reconhecimento oficial o documento de trabalho intitulado “O papel da aviação civil na relação entre o avanço tecnológico e o ambiente humano”. Este documento discorreu nominalmente sobre os impactos do setor aéreo no meio-ambiente, dos quais: o ruído de aeronaves, o uso do solo para infraestruturas aeroportuárias, o estrondo sônico (*sonic boom*), a poluição local do ar e a poluição global da atmosfera (ICAO, 1971). A apresentação deste *working paper* ocorreu no primeiro encontro internacional sobre a questão ambiental, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (UNCHE — *United Nations Conference on the Human Environment*), sediada em Estocolmo, Suécia, em 1972.

A confluência de pioneirismos, tanto pelo documento elaborado pela ICAO, quanto pela proposição e realização do evento na Suécia, marcaram o pontapé inicial para a formação

do que é atualmente entendida como agenda climática. O impacto causado por ambos foi ainda maior no que diz respeito à aviação, uma vez que marcou o início do entendimento da relação entre os dois temas. Contudo, ainda que a UNCHE tenha sido caracterizada pela ausência de resultados práticos e efetivos, além do atravessamento dos nacionalismos das delegações, ela moldou o cenário internacional direcionando os Estados rumo aos primeiros compromissos de proteção ambiental, ao mesmo tempo, em que deu visibilidade para o problema. Cabe ressaltar que a cúpula foi realizada em um momento de condições desfavoráveis, dada a dualidade e complexidade política imposta pela Guerra Fria, motivos que reforçam ainda mais o êxito da Conferência de Estocolmo, tanto por superar diversas questões externas, quanto por engendrar os debates ambientais (Faramelli, 1972; Alves, 2018).

Ainda que objetivos resolutos não tenham sido alcançados, a UNCHE iniciou o processo que fariam outras cúpulas atingirem resultados efetivos. Sendo responsável pela incorporação definitiva da temática ambiental nas agendas multilaterais, a Conferência de Estocolmo também engajou pela primeira vez a sociedade civil organizada em debates de alto-nível. Além disso, definiu as prioridades a serem atendidas nas negociações vindouras e circunstanciou a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP — *United Nations Environment Programme*) na conclusão dos trabalhos (Lago, 2007).

Aliado ao pioneirismo sueco estiveram os esforços da ICAO, que durante a conferência evidenciaram a discussão acerca da emissão de gases poluentes dos motores de aeronaves. Em decorrência da argumentação sobre este tópico, em 1977, o Conselho da ICAO definiu a criação de um novo órgão técnico para acompanhamento da questão, o Comitê de Emissões de Motores de Aeronaves (CAEE — *Committee on Aircraft Engine Emissions*). Esta foi a primeira edição realizada no Anexo 16 da Convenção de Chicago, que transformou o texto original criado em 1972 em um único volume (Volume I: Ruídos de Aeronaves) e adicionou um segundo volume intitulado “Emissões de Motores de Aeronaves” (ANAC, 2018).

Entre 1971 e 1983, o CAN e o CAEE tiveram extrema relevância na definição de SARPs para a aviação comercial, o desenvolvimento e aprimoramento de novas tecnologias. Ambos os comitês foram marcados pelo surgimento de novas aeronaves ruidosas, poluentes e energeticamente ineficientes, como os supersônicos Sud-BAC Concorde e Tupolev Tu-144 (Calder; Gupta, 1978). A confluência entre essas questões e os trabalhos do CAN e do CAEE levaram a ICAO a um entendimento de que tanto os ruídos, quanto as emissões, eram questões que se interseccionavam mutuamente. Essa visão resultou na criação do Comitê de

Proteção Ambiental da Aviação (CAEP — *Committee on Aviation Environmental Protection*) em 1983. Desde a sua formação, o CAEP é o comitê técnico da ICAO especializado não só nas questões que envolvem a sua criação (ruídos e emissões), mas também nos demais impactos ambientais resultantes das atividades aeronáuticas. É ainda um dos principais elos entre as agências especializadas da ONU para o clima e a ICAO (Anselmi, 2019; ICAO, 2019a).

Paralelamente a esse movimento dentro da ICAO, o ambiente internacional também passava por um momento de intensa mobilização em torno de questões ambientais mais amplas. Este período de crescente preocupação com o impacto das atividades humanas sobre o meio ambiente, fortalecido pela Conferência de Estocolmo em 1972, marcou o início de uma sinergia mais profunda intra-ONU. Entre o final da década de 1980 e o final dos anos 1990, a Assembleia Geral das Nações Unidas (UNGA — *United Nations General Assembly*) teve um papel central na promoção do debate ambiental e na criação de novas entidades dedicadas a esse tema. Como resultado dessas Assembleias, surgiram dois marcos que influenciaram diretamente o debate ambiental no setor da aviação.

O primeiro deles foi a criação do IPCC em 1988. Resultado do esforço conjunto entre o UNEP e a Organização Meteorológica Mundial (WMO — *World Meteorological Organization*), o IPCC é um fórum internacional que visa a produção de relatórios sobre as mudanças climáticas. Partindo da unificação dos estudos mais atualizados sobre o tema, os cientistas do fórum fazem uma revisão minuciosa e publicam tais relatórios periodicamente. Não sendo responsável por realizar novos estudos, os relatórios do IPCC avaliam os cenários futuros das mudanças climáticas considerando os impactos das ações humanas (Neto, 2008; Estevo, 2021).

O segundo marco, por sua vez, foi caracterizado pela necessidade de uma nova cúpula sobre o tema nos mesmos moldes da Conferência de Estocolmo. Assim, em 1989, a UNGA aprovou a Resolução n.º 44/228, que definiu a convocação da conferência para junho de 1992, acatando a disponibilidade dos representantes brasileiros para sediar o evento no Rio de Janeiro (United Nations, 1989, p. 152). Esta conjuntura permitiu a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED — *United Nations Conference on Environment and Development*) ou simplesmente Rio-92, como ficou conhecida.

A preparação para a Rio-92 foi delineada pelo lançamento do primeiro relatório do IPCC em 1990 e em certa medida pela segunda edição lançada no início de 1992. Através dessas publicações, o IPCC conseguiu mobilizar os países, seus respectivos governos e

entidades civis rumo à melhor compreensão da gravidade da mudança climática. Ao passo que, fazendo coro às Resoluções da ONU, eles defendiam como principal ponto a necessidade do estabelecimento urgente de negociações internacionais para a mitigação desses problemas (IPCC; WMO, 1992).

O contexto em que estava inserida a Rio-92, no entanto, foi marcado pela distensão da União Soviética e sua perda de influência global, que propiciou o surgimento de uma onda democratizante liberal, que caracteriza as agências da ONU desde então. Resultou disso um momento oportuno para o engendramento de um novo marco nas Relações Internacionais, denominado pelo diplomata José Augusto Lindgren Alves (2001) como “a Década das Conferências”. Porém, a questão ambiental ainda era compreendida como contrária ao desenvolvimento para alguns países.

Mais do que o ceticismo, algo que marca este tema até os dias atuais, existiam naquela época questões pertinentes sobre a soberania e a segurança energética, a rivalidade e a influência dos países, principalmente entre os Estados Unidos e a recém-fundada Federação Russa. Mesmo diante dessas questões inerentes aos debates entre nações, a ONU conseguiu organizar inúmeras conferências sobre temas pertinentes à agenda internacional. Sendo marcada, principalmente, pela abordagem de temáticas antes entendidas apenas como de interesse nacional, como a questão ambiental (Giddens, 2010; Alves, 2018).

Desta forma, o caráter estratégico da Rio-92 esteve além dos eventos realizados à margem da conferência e dos documentos que foram ratificados, como a Agenda 21, a Declaração do Rio sobre Ambiente e Desenvolvimento, a Declaração de Princípios sobre Florestas e as Convenções sobre Biodiversidade, sobre Mudança Climática e sobre Desertificação (MRE, 2024). O papel desempenhado pelo Brasil esteve diretamente relacionado à constituição de uma agenda ambiental e à consolidação de princípios ímpares para o tema, como “desenvolvimento sustentável” e “responsabilidades comuns, mas diferenciadas” (CBDR — *Common but differentiated responsibilities*).

Este último, CBDR, será especialmente relevante para os debates no âmbito da ICAO, pois se refere ao entendimento de que todos os países possuem uma obrigação governamental de atuar na mitigação das mudanças climáticas. No entanto, rejeita que todas as nações tenham igual responsabilidade de cumpri-la, uma vez que os países em desenvolvimento, histórica e economicamente mais favorecidos, foram tanto os precursores dessas ações degradantes como ainda são os que mais contribuem para o seu agravamento.

Outra contribuição crucial da Rio-92 foi o estabelecimento da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC — *United Nations Framework*

Convention on Climate Change), um dos principais mecanismos da ONU para as discussões climáticas (Giddens, 2010; Câmara dos Deputados, 2012). O objetivo da UNFCCC é atingir justamente a estabilização da concentração de GEEs na atmosfera, de modo que a presença deles em um nível moderado, reduza o aumento das mudanças no “sistema climático” (UNFCCC, 1992). Dentre os principais marcos da Convenção está a criação e convocação do estabelecimento anual da Conferência das Partes (COP — *Conference of the Parties*), sendo este o mecanismo no qual os termos da Convenção são devidamente implementados, bem como seus protocolos e acordos.

A criação da COP definiu o avanço dos debates e a atribuição de responsabilidades na aviação civil. A primeira menção substancial às emissões do setor aeronáutico ocorreu justamente por ocasião da COP/3, realizada em Quioto, Japão, em 1997. Através do Protocolo de Quioto, a ONU atribuiu oficialmente à ICAO a responsabilidade de trabalhar em conjunto com seus Estados-membros para a limitação ou redução das emissões provenientes dos combustíveis de aviação (UNFCCC, 1997, p. 3). Esta sinergia possibilitou a cooperação entre a UNFCCC e a ICAO desde então, ainda que tenha havido ruídos significativos entre as entidades ao longo do tempo. Como apresenta Marcela Anselmi (2023), diferenças normativas entre o regime de mudança climática e os princípios da Convenção de Chicago dificultaram a relação entre as organizações. O principal ponto de divergência foi a diferenciação de responsabilidades presente no Protocolo de Quioto por meio do CBDR, contrapondo diretamente o preceito de “não-discriminação” e “igualdade de tratamento” presentes na referida norma aeronáutica.

A discussão se deu, pois, os países em desenvolvimento, sendo mais favoráveis ao CBDR, argumentavam a necessidade de diferenciação. Tanto pelo fato dos mercados aéreos nestes países ainda estarem em consolidação, quanto pelo fato de que, historicamente, foram os países que menos contribuíram para a degradação ambiental. Em contrapartida, os países desenvolvidos adotavam uma posição protecionista, considerando a diferenciação como uma vantagem competitiva para as operadoras dos países em desenvolvimento.

Originaram deste embate normativo a Resolução n.º A32-8, resultado da 32ª Assembleia da ICAO realizada em 1998, a primeira reunião da Organização realizada após a pactuação do Protocolo de Quioto. No documento, o Conselho da ICAO solicitou a adoção de uma série de medidas focadas na questão ambiental, sendo: 1) Estreitamento da cooperação com outras organizações envolvidas no debate; 2) Solicitação ao IPCC de um relatório especial focado nas atividades aéreas e seus impactos ambientais; 3) Estreitamento da cooperação com a COP e a UNFCCC; e 4) Solicitação ao CAEP de estudos sobre as opções

políticas para a limitação ou a redução das emissões (ICAO, 1998, p. 16–17). Essas medidas foram fundamentais para uma maior interação entre a ICAO e outras partes interessadas, como Organizações Não-Governamentais (ONGs) e grupos industriais.

A busca da ICAO por essa cooperatividade, porém, foi influenciada pelos trabalhos de duas entidades estratégicas: a Coalizão Internacional para a Aviação Sustentável (ICSA — *International Coalition for Sustainable Aviation*) e a Associação Internacional de Transportes Aéreos (IATA — *International Aviation Transport Association*). Ambas compõem o quadro de membros observadores do CAEP, mas possuem focos distintos. A ICSA, criada em 1998, tem o objetivo de representar os interesses das organizações ambientais dos Estados Unidos e da Europa (ICAO, 2016a). Enquanto a IATA, criada em 1945, representa diretamente os interesses empresariais das 344 companhias aéreas que formam a associação em 2024, abarcando mais de 80% do tráfego aéreo mundial (IATA, 2024a). Esse trabalho conjunto com ONGs e grupos empresariais, segundo a ICAO (2012), é focado na orientação e formulação de políticas, além da coordenação de agendas, no entanto, também pode ter sido um dos fatores responsáveis por afetar diretamente a (in)capacidade de *policymaking* da organização na temática.

Uma vez que a ICAO optou por uma atuação mais próxima de uma defensora dos interesses financeiros. Sem realizar proposições de destaque para a limitação ou redução das emissões do setor na década que se seguiu ao Protocolo (Anselmi, 2023, p. 7). Essa posição pode ser explicada pelas divergências no entendimento das CBDRs e o prevaletimento dos princípios da Convenção de Chicago ante o Protocolo de Quioto, mas também pela influência estadunidense que, desfavorável aos compromissos, também incentivava outros países rumo a não-ratificação (Christoff, 2008). Essa relutância dos Estados Unidos foi marcada principalmente pelo discurso negacionista do então presidente George Herbert Walker Bush (Bush Sr.), onde afirmou categoricamente ser inegociável qualquer mudança no estilo americano de viver (Vidal, 2012).

Apesar da insistência estadunidense em aceitar os termos do Protocolo, as evidências já apontavam um cenário pouco favorável para a aviação. Em 1999, foi lançado o primeiro relatório do IPCC focado em um subsetor industrial. Dando atenção à aviação civil internacional, o documento resultou da solicitação feita pela ICAO na assembleia do ano anterior. Intitulado como “Aviação e a atmosfera global”, o relatório expôs que, em 1992, o setor foi responsável pela emissão de 513,8 milhões de toneladas métricas de dióxido de

carbono (MtCO₂)¹ na atmosfera, representando, na época, 13% das emissões de todas as formas de transporte. Além disso, as projeções do IPCC eram de que, até 2050, a aviação internacional emitiria entre 844,10 e 5.321,50 MtCO₂ anualmente (IPCC, 1999, p. 16). Entretanto, segundo a Agência Internacional de Energia (IEA — *International Energy Agency*), somente em 2022 foram emitidos 800 MtCO₂, valor que saltou para cerca de 950 em 2023 (IEA, 2024, p. 46, 2025a). Evidenciando, portanto, não só a gravidade do problema, mas também o nível de confiança do estudo.

Ainda que a ICAO tenha solicitado ao IPCC a realização deste relatório, poucos avanços normativos foram alcançados até 2007. Esta situação mudou com a realização da COP/13 prevista para dezembro de 2007 em Bali, na Indonésia. Na ocasião, a UNFCCC evidenciaria a construção de um novo acordo pós-Quioto. Considerando essas tratativas intra-ONU, foram criados pela Resolução A36-22 o Programa de Ação sobre Aviação Internacional e Mudanças Climáticas e o Grupo de Aviação Internacional e Mudanças Climáticas (GIACC — *Group on International Aviation and Climate Change*), resultados da 36ª Assembleia da ICAO realizada em setembro daquele ano (ICAO, 2007).

Essas medidas foram compreendidas por delegados presentes na cúpula como uma “cortina de fumaça” para a inação da organização no pós-Quioto (Staniland, 2012). Principalmente por serem idealizadas no momento de realização do “*Bali road map*”, documento onde a UNFCCC definiu os parâmetros, termos e condições para as novas negociações que seriam realizadas entre 2009 e 2012 (Christoff, 2008). Com o inexorável abarque do transporte aéreo nos acordos vindouros e como uma resposta imediata à possibilidade de remoção da responsabilidade da ICAO de exercer o mandato ambiental no setor, a Organização foi forçada a formar tanto o Programa de Ação, quanto o GIACC. Finalmente desenvolvendo um programa ambicioso que versasse sobre as emissões do transporte aéreo (ICAO, 2010a; Staniland, 2012; Anselmi, 2019). Entretanto, atenta à inação da ICAO e à possibilidade de novas negociações, a Comissão Europeia, em novembro de 2008, surpreendeu o setor com o anúncio da inclusão das emissões da aviação internacional no Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS — *European Union Emissions Trading System*).

Sendo o primeiro mercado de carbono à época, o EU ETS foi lançado em 2005 pela União Europeia (UE) como uma ferramenta para garantir que as empresas poluidoras fossem responsabilizadas por suas emissões. Neste caso, a responsabilização ocorre financeiramente

¹ Esse e os demais valores projetados pelo IPCC no supracitado relatório foram convertidos para MtCO₂ pela equivalência de massa molar (1 tC = 3,67 tCO₂).

por meio do pagamento de “licenças de emissão”. Negociadas em leilões que ocorrem nos países da UE, cada licença dá o direito às empresas de emitirem um limite máximo de uma tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e), que é a medida utilizada para comparar o potencial de emissão dos GEE. No entanto, o limite total das licenças é reduzido anualmente em observância ao mandato climático da UE para, conseqüentemente, reduzir as emissões do bloco, mas que, entretanto, afetaria diretamente os operadores da aviação civil internacional (Comissão Europeia, 2025).

A inclusão da aviação com os setores da indústria e de eletricidade no Sistema ocorreu em 2012, de modo que todos os voos partindo ou chegando em um aeródromo localizado no território da UE estariam submetidos às regras do Sistema. Pelo caráter unilateral e regional da medida, o EU ETS suscitou muitos debates nas mais variadas áreas do Direito e da Política Internacional, como processos judiciais e retaliações econômicas de países fora do bloco (Romera, 2018). Essa crise causada por uma possível responsabilização das emissões do setor aéreo, entretanto, foi de certa forma positiva, ao forçar a ICAO a criar medidas para reduzir os impactos ambientais do setor.

Como resposta a esses acontecimentos e como resultado dos trabalhos do Programa de Ação liderado pelo GIACC e o CAEP, o Conselho da ICAO definiu a realização de uma Reunião de Alto-Nível sobre Aviação Internacional e Mudança Climática (HLM-ENV — *High-Level Meeting on International Aviation and Climate Change*) focada em deliberações sobre a questão ambiental. Em uma clara resposta da ICAO à solicitação da UNFCCC por encontros deste caráter. Procederam da HLM-ENV, realizada em 2009, as primeiras metas globais da ICAO, que podem ser divididas em: 1) Objetivos aspiracionais e opções de implementação, com metas de eficiência de combustível (2% anuais), redução de emissões e crescimento neutro em carbono no curto, médio e longo prazo (até 2050); 2) Propostas de estratégias e medidas para reduzir emissões, focada em medidas técnicas, operacionais e de mercado, além da promoção de combustíveis alternativos; 3) Medidas para monitoramento do progresso, com a criação de um mecanismo de verificação das emissões globais da aviação; e 4) Recursos financeiros e humanos, com a facilitação de acesso a financiamentos para os Estados e cooperação com outras agências, além da implementação de medidas de mercado para financiar a ação climática (ICAO, 2009, 2010a).

Resultaram do item dois da agenda da HLM-ENV (propostas para estratégias e medidas para alcançar a redução das emissões) a definição de uma conferência de alto-nível focada nas alternativas de combustíveis. O Rio de Janeiro foi a cidade escolhida para a realização da primeira edição da Conferência sobre Aviação e Combustíveis Alternativos

(CAAF/1 — *Conference on Aviation and Alternative Fuels*) da ICAO, uma vez que o Brasil foi pioneiro na utilização do etanol para propulsão de aeronaves. Decorreram da HLM-ENV e da CAAF/1 os documentos que norteariam as metas globais e embasariam os próximos caminhos da sinergia entre a ICAO e a UNFCCC. Ambos os eventos foram fundamentais para o estabelecimento dos programas e projetos da organização que viriam na década seguinte.

Durante a CAAF/1, a ICAO introduziu a necessidade de desenvolvimento de SAF na aviação civil internacional. A declaração aprovada na conferência endossou o compromisso dos Estados-membros da ICAO e da indústria no “desenvolvimento, implementação e utilização” de SAF *drop-in*, que não necessita de atualizações na infraestrutura ou nos motores, como uma alternativa viável para a redução das emissões no transporte aéreo. Também por ocasião da CAAF/1 foi criada a Estrutura Global para Combustíveis Alternativos para a Aviação (GFAAF — *Global Framework for Aviation Alternative Fuels*). Uma plataforma para unificar as atividades existentes sobre o tema, de modo a fornecer informações tanto sobre a situação da temática de SAF ao nível mundial, quanto para auxiliar no fornecimento de materiais de referência para o tema. Como recomendações, foi indicado que os trabalhos do CAEP, CAAF/1, HLM-ENV e GFAAF fossem levados à 37ª Assembleia da ICAO em 2010, de modo a assegurar que um programa para combustíveis alternativos fosse apresentado para apreciação dos delegados (ICAO, 2009, 2013a).

Em 2010, as Resoluções n.ºs A37-18 e A37-19, adotadas na 37ª Assembleia da ICAO, instituíram um dos maiores avanços do mandato de mudança climática no transporte aéreo até aquele momento. Durante a cúpula, os Estados-membros reafirmaram metas globais anteriormente discutidas pelo CAEP, CAAF/1, HLM-ENV e GFAAF, incluindo a melhoria contínua na eficiência dos combustíveis (mantendo o objetivo de 2% ao ano), o crescimento neutro em emissões de CO₂ a partir de 2020 e o desenvolvimento de medidas globais baseadas no mercado (GMBM — *Global Market-Based Measures*) para alcançar esses objetivos (ICAO, 2010a, 2010b, 2019b). Essas metas e as GMBM foram retrabalhadas durante a 38ª Assembleia, em 2013, pelas Resoluções n.ºs A38-17 e A38-18, que aprofundaram a definição e os critérios para implementação dessas medidas até a próxima cúpula, prevista para 2016 (ICAO, 2013b). Como consequência das ações da ICAO, no final de 2012 a União Europeia suspendeu temporária e estrategicamente a aplicação do ETS para voos internacionais, em uma decisão conhecida como *stop the clock*, no jargão político da língua inglesa (De Mestral *et al.*, 2018, p. 85).

Essas ações da ICAO foram seguidas pelos trabalhos realizados durante a COP/21 em 2015, sediada em Paris, na França. Resultaram dos trabalhos desta conferência o documento

conhecido como Acordo de Paris que, aprimorando os objetivos da UNFCCC, estabeleceu a meta de manter o aumento da temperatura média global “abaixo de 2 °C acima dos níveis pré-industriais” reforçando ainda a necessidade de “limitar o aumento da temperatura a 1,5 °C” do referido nível. Essa métrica é vital para a redução dos riscos e impactos das mudanças climáticas, conforme apresentado anteriormente. Desta forma, o Acordo de Paris foi essencial para a aviação por estabelecer novas metas e compromissos, tornando necessário que a ICAO adotasse medidas proporcionalmente globais e ambiciosas (UNFCCC, 2015).

Cabe ressaltar, porém, que não houve nenhuma menção à aviação civil no documento, entretanto, ainda assim o Acordo de Paris retomou um embate antigo entre a ICAO e a UNFCCC. Ao abordar as CBDR, mesmo que de forma mais flexível e abarcando graus distintos de comprometimento, as discussões sobre as diferenças dos princípios da Convenção de Chicago e do Protocolo de Quioto foram retomadas, desta vez com a adição do termos do Acordo de Paris (Anselmi, 2019). A maior questão de interesse para a ICAO está presente no artigo 6 do Acordo, onde a UNFCCC reconhece que os países poderão cooperar voluntariamente no alcance ambicioso das metas, por meio do estabelecimento de Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC — *Nationally Determined Contributions*), compromissos que visam fortalecer o empenho dos países na redução das emissões (UNFCCC, 2015).

O Acordo de Paris envolveu a participação de diversos Estados e partes interessadas externas ao quadro da UNFCCC e foi responsável por inaugurar o entendimento de uma governança climática multissetorial, multi-atores e multinível (Kuyper *et al.*, 2018). A necessidade que o mandato de mudanças climáticas tenha intersecções não foi benéfica apenas para a ICAO, uma vez que a UNFCCC adotou um entendimento mais flexível do princípio de CBDR. Também garantiu e tornou mais tangível que os países adequassem suas medidas de mitigação às próprias realidades econômicas e sociais, de modo que todos os países signatários e as agências intra-ONU tenham a plena capacidade de adesão às tratativas e à criação de medidas.

A governança climática deve ser tão global quanto as consequências decorrentes das mudanças climáticas. Distinguir as responsabilidades provou não ser o caminho mais assertivo. Em contrapartida, adaptar as metas para as realidades das nações tem provado ser mais efetivo do que o método anterior. Principalmente por fornecer mecanismos para superação do debate intra-ICAO e a remoção da discriminação de responsabilidades por países. Não há dúvidas que o Acordo de Paris tenha sido fundamental para as tratativas

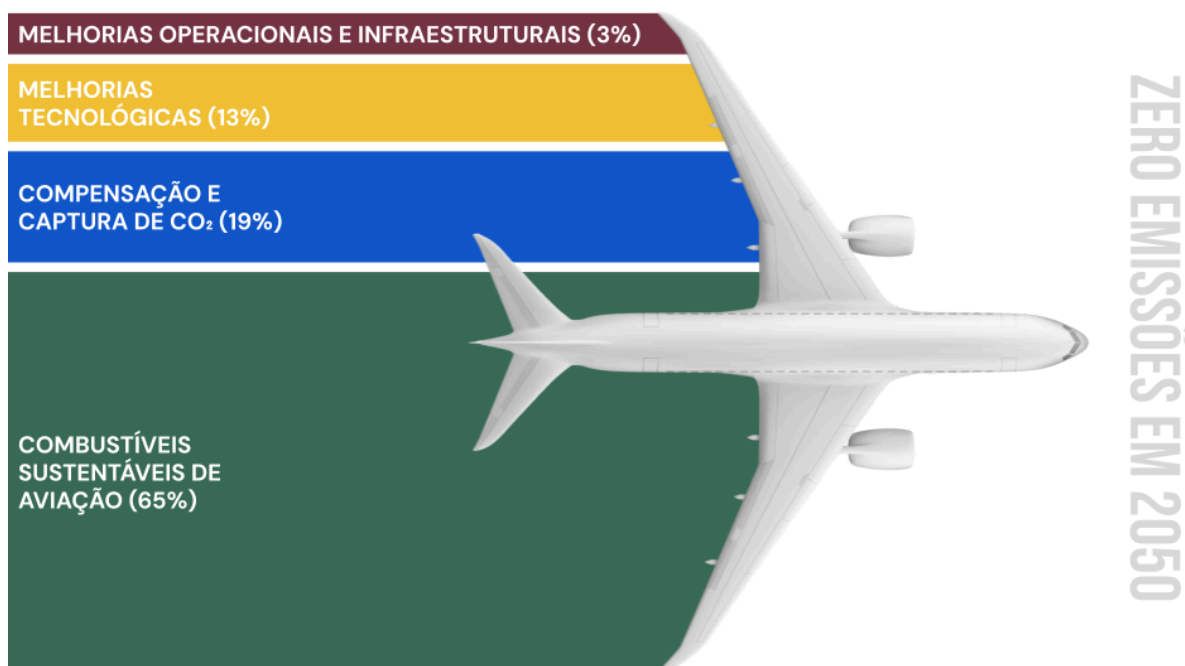
levantadas e as medidas adotadas na 39ª Assembleia da ICAO, que será objeto de análise do próximo subcapítulo.

2.3 “CLEARED FOR TAKEOFF”: A AVIAÇÃO CIVIL RUMO À DESCARBONIZAÇÃO

Entre 2013 e 2016, a ICAO precisou trabalhar para a consolidação de um pacote de GMBM para a redução das emissões. Decorrente da crescente pressão externa sobre a Organização, em outubro de 2016, durante a 39ª Assembleia, foi estabelecido o CORSIA. Adotado pela ICAO para definir as regras e critérios a serem observados pelos operadores aéreos para a redução das emissões do setor. Tamanha morosidade na adoção de uma GMBM foi resultado direto dos desafios de harmonizar uma medida global sem afetar os dispositivos da Convenção de Chicago, os termos do Protocolo Quioto e do Acordo de Paris. Principalmente sem incitar os debates sobre as distinções de entendimentos das responsabilidades e os princípios não convergentes entre os três documentos, como abordado anteriormente.

Desta forma, a solução encontrada pela Organização foi atribuir as emissões diretamente aos operadores aéreos e não aos países, responsáveis no CORSIA apenas por “monitorar, verificar e relatar os dados de emissão e as compensações relacionadas” das operadoras registradas em seus respectivos territórios (Lyle, 2018, p. 110). Aliado ao Mecanismo, a ICAO também estabeleceu um pacote de medidas de mitigação, denominado pela Organização em inglês como *basket of measures*. Este pacote é composto pelo progresso nas tecnologias aeronáuticas; melhorias operacionais e infraestruturais; e a utilização de SAF. Essas são as principais ferramentas para o atingimento da meta de manutenção das emissões nos mesmos níveis de 2020 e a mitigação total das emissões globais da aviação até 2050 (ICAO, 2016a; MINFRA, 2019; ICAO, 2022). Dentre os elementos que compõem o *basket of measures*, segundo os levantamentos realizados pela IATA (2024b), somente a utilização do SAF poderá responder por 65% das contribuições para o atingimento das metas até 2050, conforme indicado na ilustração produzida abaixo (ver [Figura 2](#)).

Figura 2 - Contribuições dos elementos do pacote de medidas para o cumprimento das metas até 2050.



Fonte: Elaboração própria com dados da IATA (2024b) e ICAO (2024c).

Neste contexto, a implementação do CORSIA e a adoção do pacote de medidas ocorrem gradualmente, sendo compostas por três etapas: uma fase piloto (2021–2023), uma primeira fase atualmente em vigor (2024–2026) e uma segunda fase prevista para vigorar a partir de 2027 até 2035 (Lyle, 2018). A participação dos Estados-membros também é escalonada. Segundo a Resolução A39-3 da ICAO (2016b), tanto a fase piloto quanto a primeira fase contam com adesão voluntária dos Estados, sendo atualmente composto por 129 países, dentre os quais Estados Unidos, Canadá, Austrália e a maioria dos países da União Europeia, com destaque para Reino Unido, Alemanha, Finlândia e Suécia.² Os países do BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) ainda não aderiram ao Mecanismo, cenário que será alterado somente em 2027, ano da implementação da adesão obrigatória (ICAO, 2024d).

Essa obrigatoriedade está relacionada ao impacto proporcional das emissões de cada Estado-membro. Isto é, quanto maior a participação de um país no transporte aéreo internacional, maior será sua contribuição para as emissões globais. Assim, a obrigatoriedade recairá sobre os Estados que, em 2018, apresentaram uma participação individual superior a 0,5% no total de toneladas de carga útil transportadas por quilômetro pago (RTK — *Revenue*

² Os países indicados (EUA, Canadá, Austrália, Reino Unido, Alemanha e Finlândia) também serão considerados para outras análises no decorrer deste estudo. Esta escolha está relacionada ao nível avançado em produção e desenvolvimento de SAF ou à familiaridade das instituições políticas e da indústria destes países com o tema em questão.

Tonne Kilometres) ou que, quando somados cumulativamente em ordem decrescente, representaram 90% do volume global de RTK.

Há, no entanto, exceções à obrigatoriedade, que não será aplicada para os operadores aéreos dos Países Menos Desenvolvidos (LDCs — *Least Developed Countries*), os Pequenos Estados Insulares em Desenvolvimento (SIDS — *Small Island Developing States*) e os Países em Desenvolvimento Sem Litoral (LLDCs — *Landlocked Developing Countries*). Nestes casos, a participação no CORSIA será voluntária, mediante a disposição do país em participar do Mecanismo (ICAO, 2016b).

O Mecanismo decorre de aproximadamente meio século de discussões sobre os impactos da aviação e a relação negativa entre o setor e o meio-ambiente. Como pode ser analisado abaixo (ver [Quadro 1](#)), nestes mais de 50 anos, inúmeros países estiveram envolvidos nos debates, tanto sediando voluntariamente as reuniões, quanto participando ativamente das discussões através de seus delegados e representantes oficiais. A implementação das ações da ICAO, portanto, não deve diferir desta construção que culminou na criação do CORSIA. Também deve perpassar pelo esforço coletivo internacional, exigindo cooperações sólidas e duradouras.

Quadro 1 - Evolução do debate internacional sobre meio-ambiente e aviação.

Local	Ação	Ano	Principais marcos
Buenos Aires, Argentina	Realização da 16ª Assembleia da ICAO	1968	Início das discussões sobre os ruídos de aeronaves. Estabelecimento de uma reunião especial sobre ruídos. Primeira abordagem ambiental na aviação.
Viena, Áustria	Realização da 18ª Assembleia da ICAO	1971	Criação do Anexo 16 da Convenção de Chicago. Formação do CAN. Publicação do documento “O papel da aviação civil na relação entre o avanço tecnológico e o ambiente humano”.
Estocolmo, Suécia	Realização da UNCHE	1972	Início da incorporação da temática ambiental nas agendas multilaterais. Criação do UNEP.
Montreal, Canadá	Criação do CAEE	1977	Acompanhamento das emissões dos motores de aeronaves. Revisão do Anexo 16 para incluir poluição atmosférica. Desenvolvimento de normas específicas para emissões.
Montreal, Canadá	Criação do CAEP	1983	Unificação do CAN e CAEE. Início do monitoramento das questões ambientais.

Local	Ação	Ano	Principais marcos
Nova York, EUA	Criação do IPCC	1988	Unificação dos achados científicos sobre as mudanças climáticas. Análise dos cenários futuros das mudanças climáticas.
Rio de Janeiro, Brasil	Realização da Rio-92	1992	Criação da UNFCCC. Criação e convocação anual da COP. Consolidação dos princípios de CBDR e de desenvolvimento sustentável.
Quioto, Japão	Realização da COP/3 e criação do Protocolo de Quioto	1997	Atribui à ICAO a responsabilidade de reduzir as emissões da aviação. Estabelecimento de metas de redução de emissões. Primeira cooperação formal entre ICAO e UNFCCC
Montreal, Canadá	Realização da 32ª Assembleia da ICAO	1998	Estreitamento da cooperação com organizações ambientais. Solicitação de relatório especial ao IPCC sobre aviação e meio ambiente. Estudos sobre opções políticas para mitigação das emissões.
Genebra, Suíça	Publicação do relatório do IPCC sobre a aviação	1999	Primeira estimativa sobre as emissões da aviação. Primeiro relatório especializado focado em um único setor. Aviação responsável por 2% das emissões de GEE.
Montreal, Canadá	Realização da 36ª Assembleia da ICAO	2007	Criação do Plano de Ação sobre Aviação Internacional e Mudanças Climáticas. Criação do GIACC.
Bali, Indonésia	Realização da COP/13 e criação do Bali Road Map	2007	Definição de novos marcos para negociações climáticas. Início da elaboração de um acordo pós-Quito. Pressão sobre a ICAO para medidas efetivas.
Montreal, Canadá	Realização da HLM-ENV	2009	Definição de metas e objetivos aspiracionais. Proposição de estratégias para redução das emissões. Criação de medidas para monitoramento das emissões.
Rio de Janeiro, Brasil	Realização da CAAF/1	2009	Introdução dos SAF no debate. Criação da GFAAF. Compromisso da ICAO e da indústria no desenvolvimento e uso de SAF.
Montreal, Canadá	Realização da 37ª Assembleia da ICAO	2010	Definição do objetivo de melhoria na eficiência dos combustíveis de 2% ao ano. Criação da meta de zerar as emissões a partir de 2020. Desenvolvimento de uma medida de mercado.

Local	Ação	Ano	Principais marcos
União Europeia	Inclusão da aviação internacional do EU-ETS	2012	Decisão de <i>stop the clock</i> para adicionar a aviação internacional do EU-ETS, prevista para acontecer em 2012.
Montreal, Canadá	Realização da 38ª Assembleia da ICAO	2013	Aprofundamento dos critérios definidos em 2010. Definição de implementação das medidas para 2016.
Paris, França	Realização da COP/21 e criação do Acordo de Paris	2015	Meta de manter o aquecimento global abaixo de 2 °C. Estabelecimento de NDCs. Abordagem mais flexível das responsabilidades climáticas.
Montreal, Canadá	Realização da 39ª Assembleia da ICAO	2016	Criação e implementação do CORSIA (em vigor desde 2021). Definição dos critérios para monitoramento e compensação de emissões.

Fonte: Elaboração própria.

No entanto, para que os Estados-membros participantes do CORSIA consigam atingir os objetivos aspiracionais da Organização, é necessária a utilização de ferramentas que auxiliem na redução das emissões de CO₂ sem afetar a quantidade, qualidade e sobretudo a segurança dos voos. É neste contexto que está inserido o SAF, uma solução reconhecida oficialmente pela ICAO (2016b, p. 18) como tecnologicamente viável e endossada desde 2009 pelos corpos técnicos da instituição como “um meio importante de reduzir as emissões da aviação”.

Isso se deve ao amplo consenso, decorrente das inúmeras evidências e testes científicos, que comprovam os benefícios do SAF como uma ferramenta segura, rápida e eficiente para a mitigação das emissões do setor aéreo internacional no curto e médio prazo, ou seja, nos próximos cinco a dez anos. Outro fator de extrema relevância é a tendência de aumento no número de voos que, conseqüentemente, aumentam as emissões. Com essa crescente na aviação, segundo Malina *et al* (2022, p. 5) as emissões do setor em 2050 serão até 78% maiores se comparadas aos níveis de 2019. Esta projeção estima que a emissão de até 1.660 MtCO₂ até 2050, no entanto, já em 2023 este valor foi de cerca de 950 MtCO₂ (IEA, 2025a). Revelando a urgência de soluções para mitigação e a centralidade do pacote de medidas da ICAO composto por várias frentes de atuação.

Além da busca por ferramentas, a Organização sublinha também a necessidade de coordenação de políticas entre as administrações nacionais, organismos internacionais, indústrias e entidades financeiras dos Estados-membros. De forma que esta sinergia multi-nível e multi-atores propicie o intercâmbio de informações, boas práticas e investimentos voltados para a promoção de políticas, desenvolvimento, implantação e uso de

SAF (ICAO, 2016b, p. 22). Esta interação favorece a utilização dos aprendizados obtidos e delinea possíveis cenários e oportunidades a partir das inúmeras realidades nacionais. Configurando um cenário benéfico, sobretudo, para a compreensão das dinâmicas futuras que poderão ser exploradas entre os países que mais estão envolvidos nas discussões relacionadas aos biocombustíveis para aviação.

Para compreender essas possibilidades, é necessário entender primeiramente o conceito de SAF há muito mencionado no presente trabalho. Além disso, abordar quais as principais possibilidades de SAF aptas e aprovadas para serem desenvolvidas. Conhecidas também como “rotas de obtenção” de SAF.

2.3.1 Recalculando rota: O que são os SAFs, como são produzidos e quais as tendências?

Diante da necessidade de reduzir as emissões sem comprometer a segurança e eficiência dos voos, o SAF emerge como a solução mais viável a curto e médio prazo. No entanto, para compreender plenamente seu papel na transição energética da aviação, é essencial entender seu conceito, métodos de produção e as tendências para os próximos anos.

Definido pela legislação brasileira como um combustível aeronáutico alternativo produzido a partir de matérias-primas, processos e padrões de sustentabilidade estabelecidos pela ICAO, que podem ser utilizados puro ou em mistura aos combustíveis fósseis, o SAF é a alternativa mais segura para a substituição dos Querosenes de Aviação (QAV) fósseis, atualmente derivados de combustíveis fósseis (Brasil, 2024a). Como indicado anteriormente (ver [Figura 2](#)), em 2009 o SAF foi reconhecido pela CAAF/1 como a ferramenta de maior magnitude para a redução das emissões no curto e médio prazo (ICAO, 2009). Suas principais vantagens concentram-se em três características primordiais: I. Serem quimicamente idênticos aos QAV fósseis; II. Serem combustíveis *drop-in*; e III. Serem combustíveis líquidos de baixo carbono (LCLF — *Low-Carbon Liquid Fuel*).

O primeiro atributo garante para a indústria aeronáutica uma maior confiabilidade, em decorrência do alto grau de conhecimento dos compostos e das interações químicas que atualmente estão presentes tanto no QAV quanto no SAF (World Economic Forum, 2023). Desta forma, quando prontos para utilização, esses combustíveis não dependem de mudanças na infraestrutura aeroportuária de distribuição de combustíveis ou de atualizações tecnológicas nos motores, possibilitando o abastecimento direto, característica conhecida como *drop-in*. Por fim, o terceiro fator marcante é que o SAF se enquadra na categoria de LCLFs, por reduzir a liberação de partículas de GEEs na atmosfera quando comparado aos QAVs (MCTI; GIZ, 2022; Barbarà *et al.*, 2023).

Há ainda benefícios associados ao SAF provenientes da utilização de determinadas matérias-primas para sua fabricação, que não só reduzem as emissões globais de gases como, em algumas matérias-primas como a cana-de-açúcar e as algas, também capturam CO₂ da atmosfera. Um exemplo desse dual benefício é a produção de biocombustíveis por meio de resíduos sólidos urbanos (RSU), que favorece a transformação e correta destinação destes. Segundo Malina *et al.* (2022, p. 45), os RSUs representam cerca de 25% do potencial de matéria-prima não comestível para SAF e impactam diretamente na maneira como são coletados e destinados em países emergentes.

Isso repercute positivamente tanto na economia quanto nas metas climáticas, principalmente em países como o Brasil. Visto que o estabelecimento e funcionamento da cadeia produtiva de SAF também é uma oportunidade para a atração de novos investimentos, a criação de novos postos de trabalho, além da formação de novas receitas para inúmeros setores econômicos, como a agricultura. Apesar de seus benefícios, a produção de SAF ainda enfrenta desafios decorrentes do emprego de tecnologias de alta complexidade, tornando-o até três vezes mais caro que o QAV. Esse custo, no entanto, pode ser reduzido por meio de melhorias tecnológicas, uso de matérias-primas mais acessíveis, aumento da escala produtiva e, principalmente, a partir do apoio político de países com potencial para liderar essas inovações (MCTI; GIZ, 2022; Barbarà *et al.*, 2023).

No que diz respeito às matérias-primas para biocombustíveis de aviação, elas podem ser dos mais variados materiais, biogênicos ou não-biogênicos. Porém, os tipos de tecnologias que podem ser utilizadas para a conversão destas matérias-primas em SAF são restritos e seguem os padrões definidos pelo Esquema de Certificação de Sustentabilidade (SCS — *Sustainability Certification Schemes*) da ICAO. Conforme estabelecido no Volume IV do Anexo 16 da Convenção de Chicago e outros documentos técnicos de suporte elaborados pela Organização (ICAO, 2023).

Dentre estes requisitos está a necessidade de que o processo de obtenção seja reconhecido por órgãos de certificação imparciais, consoante com normas específicas da Organização Internacional de Normalização (ISO — *International Organization for Standardization*) e que atendam ainda os requisitos de certificação estabelecidos pela ICAO para serem considerados combustíveis aptos para utilização no CORSIA, denominados como *CORSIA eligible fuels*, em inglês (ICAO, 2024b). Um destes requisitos é que o processo de obtenção seja avaliado, testado e aprovado por entidades de prestígio internacional e especializadas, como a Sociedade Americana de Testes e Materiais (ASTM — *American Society for Testing and Materials*), a Mesa Redonda sobre Biomateriais Sustentáveis (RSB —

Roundtable on Sustainable Biomaterials) e a Certificação Internacional de Sustentabilidade e Carbono (ISCC — *International Sustainability and Carbon Certification*). Isso assegura a qualidade, segurança, rastreabilidade e credibilidade tanto da produção do SAF quanto do combustível utilizado (IATA *et al.*, 2024).

Atualmente, há 11 rotas de obtenção certificadas pela ASTM e denominadas em inglês como *pathways* (ver [Quadro 2](#)). Além de outras dezenas de rotas ainda em avaliação. Todos esses processos de conversão aprovados possuem um valor máximo para serem misturados aos QAVs antes de abastecerem as aeronaves. A necessidade de mistura decorre dos rigorosos requisitos de controle de qualidade e segurança dos combustíveis de aviação. Além disso, essa prática facilita a adoção do SAF nos aeródromos, por permitir o uso da infraestrutura já existente para o QAV fóssil. Atualmente, o valor máximo possível, aprovado e internacionalmente utilizado, é uma parte (50%) de SAF para uma parte (50%) de QAV (ICAO *et al.*, 2017).

Quadro 2 - Rotas de obtenção de SAF aprovadas pela ICAO e pela ASTM

Matérias-primas	Processo de conversão	Sigla	Mistura máxima
Álcoois C ₂ -C ₅ a partir de biomassa	Querosene parafínico sintético com aromáticos	ATJ-SKA	50%
Etanol, isobutanol e isobuteno de biomassa	Querosene parafínico sintetizado por álcool para combustível	ATJ-SPK	50%
Óleos vegetais, gorduras animais e óleos de cozinha usados	Combustível de aviação obtido por hidrotermólise catalítica	CHJ	50%
Carvão, gás natural e biomassa	Querosene parafínico sintetizado hidroprocessado via Fischer-Tropsch	FT-SPK	50%
Carvão, gás natural e biomassa	Querosene sintetizado com aromáticos derivados da alquilação de aromáticos leves de fontes não petrolíferas	FT-SKA	50%
Óleos vegetais, gorduras animais e óleos de cozinha usados	Querosene parafínico sintetizado a partir de ésteres e ácidos graxos hidroprocessados	HEFA	50%
Alga	Querosene parafínico sintetizado a partir de hidrocarbonetos, ésteres hidroprocessados e ácidos graxos	HC-HEFA-SPK	10%
Biomassa usada na produção de açúcar	Isoparafinas sintetizadas a partir de açúcares fermentados hidroprocessados	SIP	10%

Matérias-primas	Processo de conversão	Sigla	Mistura máxima
Ésteres ou ácidos graxos hidroprocessados a partir de biomassa	Co-processamento de HEFA	-	10%
Óleos vegetais, gorduras animais, óleos de cozinha usados de biomassa processada com petróleo	Co-hidroprocessamento de ésteres e ácidos graxos em uma refinaria de petróleo convencional	-	5%
Hidrocarbonetos obtidos via Fischer-Tropsch co-processados com petróleo	Co-hidroprocessamento de hidrocarbonetos obtidos via Fischer-Tropsch em uma refinaria de petróleo convencional	-	5%

Fonte: Adaptado de ICAO (2025a); Moriarty e McCormick (2024, p. 9), tradução e organização própria.

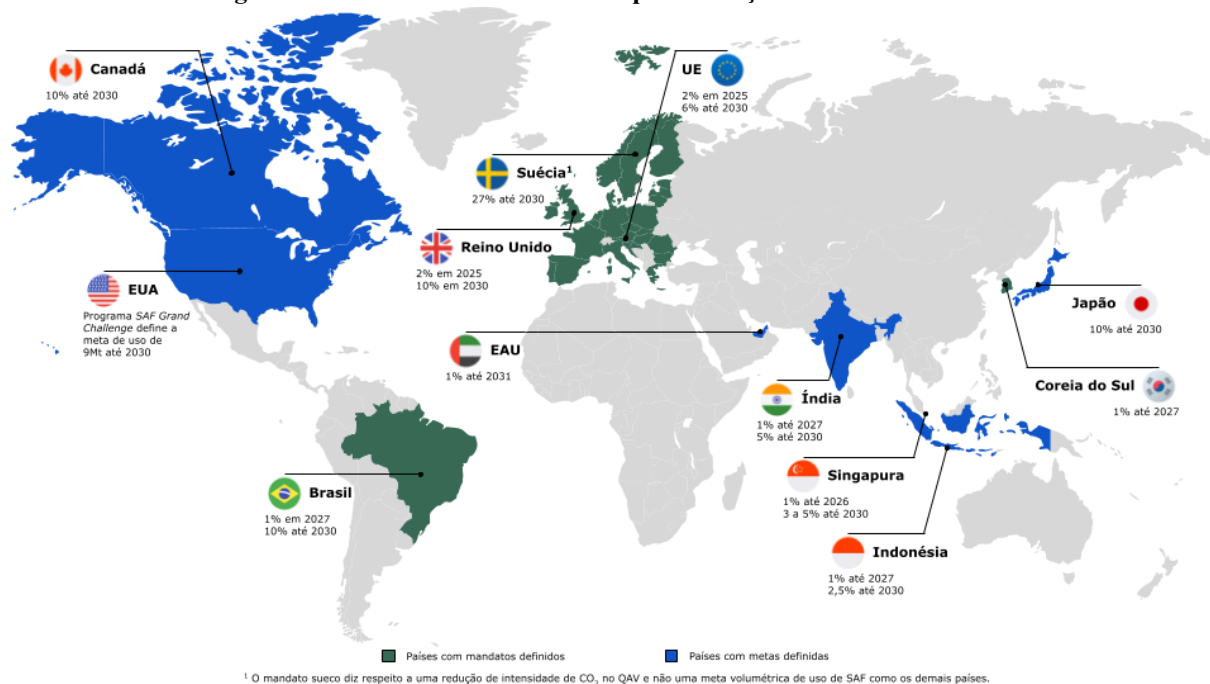
Ainda que haja tantos processos de conversão, nem todas as rotas atendem às necessidades e realidades de todos os países. Aliás, como as matérias-primas para SAF são pré-processadas antes de serem refinadas, uma parte considerável da diferença de custos com o QAV está justamente nesta cadeia logística existente desde as plantações ou a coleta de resíduos até o refino do material (Barbarà *et al.*, 2023). Além disso, mesmo que sejam tecnicamente viáveis, a ausência de uma produção em larga escala capaz de suprir uma demanda anual superior a 500 milhões de toneladas de SAF torna este um dos maiores desafios para a aviação atingir as metas estabelecidas (ATAG, 2024, p. 88). Portanto, é crucial que haja a priorização de rotas com as quais as indústrias locais possuam maior familiaridade e detenham maior *know-how*. Além do estabelecimento essencial de ambientes de sinergia entre o setor público e privado focados na promoção de uma transição energética na aviação (ICAO, 2016b, p. 22).

Essas particularidades das políticas nacionais, conhecidas como “mandatos de SAF”, têm reflexo tanto na ampla gama de processos de conversão, quanto nas políticas de preços de combustíveis ao redor do mundo. Neste sentido, a [Figura 3](#) apresenta o cenário global de mandatos de uso de SAF ou metas voluntárias de reduções de emissões. Os países destacados na coloração verde no mapa correspondem àqueles que já possuem mandatos vigentes, ou seja, países como Brasil, Reino Unido, Coreia do Sul e o bloco da União Europeia, que possuem legislações que determinam percentuais mínimos obrigatórios de incorporação de SAF aos combustíveis fósseis.

Os países destacados em azul, como Estados Unidos, Canadá, Índia, Singapura, Indonésia e Japão, ainda não possuem mandatos obrigatórios, mas estabeleceram metas voluntárias ou aspiracionais para a redução das emissões. Geralmente vinculadas a

compromissos de utilização de SAF ou a programas de promoção de incentivos regulatórios e financeiros. Nota-se, portanto, que as metas variam amplamente entre os países, tanto em percentuais obrigatórios quanto nas datas limites. Mesmo assim, ainda é possível observar uma convergência temporal, uma vez que a maioria dos compromissos nacionais está alinhada à fase de implementação obrigatória do CORSIA (World Economic Forum, 2025, p. 8).

Figura 3 - Mandatos de SAF e metas para redução ao redor do mundo.



Fonte: Adaptado de World Economic Forum (2025, p. 8) com dados da Suécia (2019).

Desta maneira, a cartografia acima reflete não somente a diversidade de estratégias nacionais adotadas, mas também o crescente impacto da governança internacional no que diz respeito à estruturação das políticas públicas de descarbonização do setor aéreo. As diferentes realidades nacionais que impactam a construção das legislações ou metas de SAF no mundo, destaca também o papel crucial que a cooperação internacional e as atividades diplomáticas exercem no objetivo de tornar a aviação mais sustentável.

Considerando os casos que serão estudados a seguir, tanto o Brasil como a Suécia fazem parte do seletivo grupo de países com mandatos e legislações vigentes específicas para SAF. Além disso, ambos também se destacam pelo histórico positivo na participação e condução de discussões internacionais sobre as questões climáticas, dentro e fora da aviação. Diante da vigência iminente da fase obrigatória do CORSIA, urge-se que sejam analisadas possibilidades pelas quais os países-membros da ICAO podem atingir os objetivos do Mecanismo e reduzir suas emissões. Motivos pelos quais as capacidades dos Estados

brasileiro e sueco podem ser alinhadas visando a formação de uma estratégia comum nesta temática. De modo que um alinhamento estratégico entre as duas nações pode ser um potencial de convergência benéfico, a título de exemplo, para as indústrias aéreas destes países.

Baseando-se nesta hipótese, o capítulo a seguir apresentará os conceitos que nortearão o presente estudo e suas análises. Especificamente, as concepções de diplomacia energética e complexo de regimes internacionais à luz da teoria realista. Após a fundamentação em ambas as definições, será apresentado o contexto histórico que marca brasileiros e suecos, bem como a conjuntura das relações bilaterais entre Brasília e Estocolmo, que justificam a realização da presente pesquisa e podem fortalecer a visão de uma liderança conjunta entre os países.

3 CONSTRUÇÃO DE UMA LIDERANÇA CONJUNTA ENTRE BRASIL E SUÉCIA NO CENÁRIO GLOBAL DE SAF

Neste capítulo serão analisados os conceitos de diplomacia energética e de regimes internacionais e como eles podem auxiliar na compreensão de um fortalecimento da cooperação bilateral entre Brasil e Suécia, uma vez que os países possuem um histórico colaborativo e suas capacidades convergentes em matéria de SAF. Pela centralidade da questão energética nas discussões internacionais, utilizar a energia para entender certas dinâmicas pode ser tanto um fator estratégico de poder, quanto um instrumento de cooperação entre os Estados. No contexto atual, pautado pela transição energética, os biocombustíveis avançados como SAF emergem como elementos-chave na busca pela descarbonização do setor aéreo e na formulação de novas dinâmicas diplomáticas.

A partir destas conceituações, este capítulo explora como ambos os países poderão construir uma liderança conjunta no cenário global de SAF. Assim, serão apresentadas as relações entre energia e diplomacia, a influência dos regimes internacionais na transição energética e a relevância de atores nacionais e internacionais para o desenvolvimento dos biocombustíveis de aviação. Por fim, serão analisadas as cooperações bilaterais existentes entre suecos e brasileiros, uma breve introdução às legislações nacionais de cada país e o estado da arte dos dois Estados na temática de SAF.

3.1 ENERGIA COMO INSTRUMENTO DA DIPLOMACIA

A aviação é o principal eixo da cooperação bilateral entre Brasília e Estocolmo há mais de uma década. Destacam-se ainda as capacidades e o conhecimento científico semelhantes de ambos os países em tecnologias de biocombustíveis. Esses fatores, podem impactar positivamente na construção de uma relação diplomática entre Suécia e Brasil que preze pela liderança conjunta em iniciativas globais de SAF. Neste contexto, é imperativo destacar dois conceitos que norteiam este trabalho: a diplomacia energética, à luz dos principais autores sobre o tema energético nas Relações Internacionais e os regimes internacionais sob a ótica de Stephen Krasner. Ambos os conceitos auxiliam na compreensão dos possíveis caminhos para um alinhamento diplomático no âmbito de biocombustíveis para aviação.

A diplomacia energética é um conceito que está relacionado tanto ao processo de formulação de políticas pelos Estados, denominada como o *policymaking*, quanto à segurança nacional. Consoante os argumentos do diplomata Alexandre Nina (2020, p. 70), a interação com entidades estrangeiras pode, dependendo da estratégia adotada pelos países, tornar a

energia uma parte intrínseca à atuação diplomática. Neste contexto, Nina argumenta que “temas como o impacto dos combustíveis fósseis na mudança do clima [...] tornaram as políticas domésticas nessa área um assunto de interesse das relações internacionais”. Assim, para este estudo, é fundamental estabelecer os vínculos entre energia e relações internacionais, tendo como base o conceito de diplomacia energética.

Este conceito diz respeito à garantia da acessibilidade ao abastecimento energético no contexto internacional e da promoção de sinergias bilaterais no setor energético que podem ser atingidas por meio da utilização das práticas de política externa de uma nação. A necessidade do emprego das relações internacionais, isto é, da diplomacia, visa justamente a garantia de uma maior segurança dos recursos de energia deste ator estatal atingida por meio da interação com outros Estados (Goldthau, 2010, p. 28). De tal forma que a diplomacia energética (*energy diplomacy*, na língua inglesa) é um conceito mais abrangente do que a utilização habitual da energia de um país como instrumento de diplomacia, como é definida a governança energética (*energy statecraft*) (Dalgaard, 2017, p. 46).

Apesar de apresentar essa diferenciação nos termos, o uso da diplomacia energética se torna mais apropriado por ser, justamente, uma convergência entre a segurança energética do Estado, sobretudo perante as crises climáticas, e o uso deste poderio energético como instrumento de política externa. De modo que o uso da diplomacia não necessariamente seguiria uma razão economicista, mas sobretudo uma racionalidade política (Goldthau, 2010, p. 28–29). É um uso lógico e focado na formulação de políticas públicas que promovam o setor energético, bem como novas oportunidades, tanto tecnológicas quanto econômicas e, por fim, novos negócios (Griffiths, 2019). Em última instância, a diplomacia energética é, ou pode ser, uma ferramenta para o fortalecimento das relações bilaterais ou da presença de um país no Sistema Internacional.

A energia, enquanto matéria de negociação, é tanto um fator de influência quanto de influência da política externa dos países. O que é evidenciado em momentos de crises ou incertezas no mercado. Contextos nos quais a energia assume um caráter prioritário na agenda política dos países e a interseção entre a política e a energia são ainda mais acentuadas (Shaffer, 2009). Essa relação inerentemente ligada às duas áreas facilita a compreensão da diplomacia energética enquanto esta relação de poder entre os Estados, trazendo consigo o debate sobre o papel da energia enquanto este instrumento de negociação na cooperação internacional.

O engendramento do relacionamento do conceito de energia enquanto um poder está diretamente ligada à forma como o petróleo foi utilizado durante os anos 1970 pelos membros

da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEC — *Organization of the Petroleum Exporting Countries*), por exemplo. No que o teórico realista Hans Morgenthau (2003) afirma ser o “resultado do desenvolvimento tecnológico das nações”. A gênese da utilização do petróleo como uma ferramenta de poder político, para o autor, está no momento em que esses países formularam uma agenda comum entre si e “se tornaram capazes de cooperar e coordenar as suas políticas”. Resultou disso a capacidade de exercício de um enorme poder decisivo e coercitivo sobre as outras nações.

Indo além das conceituações propostas por Shaffer e à luz do que Morgenthau traz sobre a luta por poder nas Relações Internacionais, é possível analisar que o poder e a energia estão intrinsecamente ligados também ao domínio da política. De tal forma que possuir poder energético, sob a égide da conceituação realista, torna-se mais do que possuir um poder coercitivo, uma vez que por meio desta ferramenta as relações das autoridades políticas também pode ser controlada ou influenciada. É necessário, contudo, compreender que o “poder” aqui abordado não diz respeito ao exercício da violência, mas de conseguir influenciar ou não decisões políticas por meio da potencialidade. Para Morgenthau esta construção do poder político está na força armada (poder militar), que não sendo objeto de análise do presente estudo, direciona o “poder da energia” para uma construção de domínio energético enquanto uma ferramenta de ação política, que em última instância se torna uma ferramenta de poder.

Ampliando essa visão para o objeto desta pesquisa, é perceptível que a busca por cooperações e lideranças conjuntas com países que avançam neste desenvolvimento tecnológico pode ser uma questão central para a política externa brasileira, que já busca seus pioneirismos no assunto. Dentre os quais, destaca-se a criação da Aliança Global de Biocombustíveis (GBA — *Global Biofuel Alliance*) no G20³, criada com a participação ativa e altiva do Brasil, objetivando o fomento à produção e o uso de combustíveis sustentáveis (MRE, 2023). Esta Aliança entre os principais produtores de biocombustíveis do mundo reforça ainda a necessidade de que a busca por soluções relacionadas às mudanças climáticas só pode ser alcançada por meio da cooperação internacional.

A posse do poder, neste contexto, reside na possibilidade de colocar em prática seus interesses em alinhamento com os interesses das outras nações que buscam um mínimo-comum. Inserindo a atuação diplomática neste cenário para atingir a consensualização sobre como os princípios, diretrizes e práticas poderão contribuir para a

³ O “G20” ou “Grupo dos 20” é o fórum de cooperação internacional para assuntos econômicos composto pelas 19 maiores economias mundiais mais a União Africana e a União Europeia.

criação de condicionamentos para as formas nas quais a energia poderá ser gerada e transicionada (Nina, 2020, p. 72). O conceito de poder nesta pesquisa, portanto, diz respeito à capacidade de cooperação do Brasil e da Suécia e do uso de seus poderes energéticos com base nos interesses nacionais. De tal forma que será necessária uma maior presença internacional destes países para eles conseguirem barganhar suas capacidades. Em última instância, a diplomacia energética é a forma pela qual suecos e brasileiros poderão atuar para atingir seus interesses.

Esse exercício da diplomacia também é marcado pelo estabelecimento de acordos recíprocos com demais Estados e organizações internacionais, governamentais ou não, por meio dos quais o relacionamento entre os atores transnacionais é marcado por singularidades específicas características das aproximações bilaterais (Feitosa; Silva, 2022, p. 35). Portanto, a possibilidade de cooperação entre a Suécia e o Brasil em matéria de SAF também exige a compreensão das dinâmicas entre essas nações sob a égide dos complexos de regimes internacionais, uma vez que não só a atuação bilateral deve ser considerada, mas também a influência das organizações internacionais sobre eles.

Os regimes internacionais são definidos por Stephen Krasner (1982, p. 185) como os “princípios, normas, regras e procedimentos de tomada de decisão em torno dos quais as expectativas dos atores convergem em uma determinada área problemática”. Para o autor, os regimes devem ser compreendidos como algo além dos arranjos institucionais temporários e limitados às mudanças de poder ou interesse, se baseando na reciprocidade e obrigações comuns. Esses regimes, envoltos em um universo onde o interesse e o poder nacionais marcam a ação última dos Estados soberanos, permite que acordos sejam firmados de forma voluntária entre atores que se considerem juridicamente equivalentes. Assim, os regimes também permitem que haja uma coordenação entre os comportamentos estatais para serem alcançadas soluções comuns para problemas mútuos. Desse modo, o complexo de regimes internacionais é capaz de repercutir sistematicamente, moldando as práticas dos atores e a deliberação política no âmbito dos próprios regimes, ao mesmo tempo, em que se relaciona com mais de um acordo ou mais de uma autoridade transnacional, sem haver, porém, uma hierarquização entre eles (Alter; Raustiala, 2018, p. 32).

Essa dinâmica é bastante visível, por exemplo, no complexo de regime das mudanças climáticas, que como sinalizam Keohane e Victor (2010) resultam das decisões dos Estados tomadas em diferentes períodos temporais e focados em problemas diferentes e específicos. A diversidade de interesses e poderes políticos, bem como das informações que caracterizam os Estados atuando nesses regimes, no entanto, também é marcada por uma série de problemas

no âmbito das mudanças climáticas. Esses problemas estão relacionados diretamente à dimensão das consequências das mudanças climáticas, uma vez que exige: I) A reunião de esforços para solucionar um problema que é global; II) A característica destes problemas não serem observáveis em um curto espaço de tempo; e III) A necessidade da adesão e mudança de hábitos de bilhões de pessoas, além das organizações e entidades.

Desta forma, a colaboração entre os países por meio dos complexos de regimes, segundo Keohane e Victor (p. 13), é uma relação “co-benéfica”, dado que os países, quando organizados e minimamente acordados entre si, podem estabelecer projetos de cooperação técnico-científicos e responderem às “emissões locais e globais” ao mesmo tempo, beneficiando-se mutuamente. As características de flexibilidade perante este problema comum e a adaptabilidade durante o tempo, também fazem do complexo de regimes uma estrutura mais adequada para os tipos de problemas que as mudanças climáticas causam.

Neste sentido, quando a questão-tema do regime for técnica e quanto mais necessário for o conhecimento especializado nesta temática, maior será a existência de pequenos grupos de cooperação, como argumentam Alter e Meunier (2009). Para eles, os grupos cooperativos facilitam não só o surgimento de relacionamentos entre os Estados, mas também influenciam nas suas disposições nos ambientes de resolução dos problemas, além de estarem mais dispostos a testarem soluções de maneira comunitária. Algo similar pode ser notado na temática dos SAFs com a criação de inúmeros grupos de trabalho coletivos no âmbito da ICAO e da IATA, além dos grupos regionais de trabalho em matéria de biocombustíveis.

O engendramento deste mecanismo de “governança híbrido” tem envolvido cada vez mais atores e, por vezes, perpassa pelo complexo inter-relacionamento entre os setores públicos, a sociedade civil organizada, as empresas privadas e inúmeros atores não-estatais e não-tradicionais (Ponte; Daugbjerg, 2015, p. 2). Essa dinâmica auxilia na compreensão das necessidades que caracterizam tanto o desenvolvimento e produção quanto a definição de políticas públicas para promoção de SAF no mundo, uma vez que sua cadeia depende inexoravelmente da interação de uma gama muito particular de partes interessadas sem as quais o desafio de superar os combustíveis fósseis na aviação dificilmente poderá ser atingido.

Este relacionamento interdependente entre os atores estatais e não estatais (como os governos e suas agências reguladoras de aviação civil, os produtores de biocombustíveis, as universidades e institutos de pesquisa, os operadores e fabricantes aéreos) reflete a dimensão global e colaborativa necessária para a viabilidade dos combustíveis sustentáveis. Marcada por processos, atores e ações cada vez mais transnacionalizados e inter-regionalizados. De tal maneira que os biocombustíveis de aviação requerem crescentemente maiores decisões e

participações políticas sobre o assunto, sejam elas nacionais ou internacionais (De Mestral *et al.*, 2018, p. 281).

Antes de compreender o papel destes atores e dos processos relacionados a eles, é imperioso ser analisado o contexto histórico que marca os dois países que serão estudados ao longo deste trabalho. A apresentação da conjuntura histórica que os perpassa, também pode definir como as cooperações entre eles poderão ou não ocorrer no futuro. Considerando a história comum entre os Estados que serão analisados, é possível compreender rotas ainda não exploradas que podem favorecer os novos voos de uma cooperação bilateral.

3.2 DE BRASÍLIA A ESTOCOLMO: RELAÇÕES BILATERAIS, COOPERAÇÃO E ESTADO DA ARTE EM SAF

As relações entre suecos e brasileiros remontam aos tempos iniciais do Império do Brasil, com o estabelecimento das relações diplomáticas entre ambos ocorrendo somente quatro anos depois da independência brasileira, em 1826. Muitas são as conexões históricas e econômicas entre os países, desde a ascendência brasileira de Sua Majestade, Rainha Silvia da Suécia, até as inúmeras empresas nacionais de destaque que atuam no Brasil.

Conforme apresenta o diplomata Paulo Guimarães (2021), devido à expressiva presença dessas empresas, São Paulo é considerada a segunda maior cidade industrial da Suécia fora do próprio país. Desde 1953, o município abriga a Câmara de Comércio Sueco-Brasileira (Swedcham), e a partir da década de 1970, passou a sediar a atual Business Sweden, agência governamental dedicada à internacionalização de empresas no Brasil. Essas instituições, juntamente com a Embaixada em Brasília, os consulados em São Paulo, Rio de Janeiro, Fortaleza, Manaus, Recife e Salvador, compõem o chamado *Team Sweden Brazil*. Integra também esse conjunto o Centro de Pesquisa e Inovação Sueco-Brasileiro (CISB), associação privada voltada à promoção do diálogo e da inovação entre os dois países (Embassy of Sweden, 2020).

Na década seguinte, foi firmada a primeira cooperação tecnológica entre ambos os países por meio do Acordo sobre Cooperação Econômica, Industrial e Tecnológica, celebrado em 1984. Dentre os dispositivos do instrumento está a criação da Comissão Mista Intergovernamental, com o intuito de examinar, facilitar e identificar áreas de interesse para a fortificação das relações econômicas, comerciais, industriais e tecnológicas entre os países (Brasil, 1989).

No entanto, com a posição de destaque do Brasil no Sistema Internacional na primeira década dos anos 2000, tornou-se necessário deter capacidades militares ao nível da sua

atuação. Por este motivo, em 2006 o Brasil passou a investir no processo de modernização de suas capacidades militares, principalmente da Força Aérea. Neste momento, defesa e inovação se tornaram um elo de uma mesma corrente, que viu no desenvolvimento tecnológico e na transferência de tecnologia a saída para essas necessidades (Bonacina *et al.*, 2008; Silva, 2014; Avila *et al.*, 2017).

Este mesmo período da história brasileira coincidiu com uma política pública educacional responsável pela formação de mais de 50 mil mestres e doutores no país, que se destacou nos rankings educacionais, de produção acadêmica, atingindo a 13ª posição naquele ano e ampliando a participação do Brasil na construção do conhecimento ao nível internacional. Paralelamente, nos corredores do Ministério das Relações Exteriores (MRE) era conduzida uma Política Externa ativa e sob a liderança do Chanceler Celso Amorim. Essa conjuntura favoreceu o estabelecimento do que ficou conhecido como “diplomacia da inovação”, exercida não só governamental, mas também acadêmica e empresarialmente. Uma posição que fortaleceu ainda mais o conjunto de entidades e políticas públicas que formam o Sistema Nacional de Inovação (SNI), ferramenta pela qual o governo brasileiro buscou intensificar a inovação nas esferas privadas e a maior integração com as universidades. Consolidado com a ratificação da Lei de Inovação (10.973/2004), a Lei do Bem (11.196/2005), buscou integrar esses diversos *stakeholders* (Cruz Junior, 2011).

Aliado ao cenário nacional, o Brasil buscou o atendimento de seus interesses por meio do estreitamento dos laços com a Suécia. Um país amplamente conhecido por seu histórico inovador, com uma indústria bem consolidada e que poderia auxiliar no reforço de determinadas capacidades e tecnologias brasileiras, como a indústria bélica. O engendramento dessa aproximação ocorreu em setembro de 2007, por ocasião da primeira visita do então Presidente Luis Inácio Lula da Silva ao país (Presidência da República, 2007). Os inúmeros instrumentos ratificados em Estocolmo oficializaram a aproximação. Dentre eles, o Memorando de Entendimento sobre Cooperação na Área de Bioenergia, Incluindo Biocombustíveis, assinado em 2007, que estabeleceu um Grupo de Trabalho bilateral sobre o tema (Suécia; Brasil, 2007).

Em uma segunda visita ao país, desta vez em 2009, o Brasil teve a oportunidade de aprofundar acordos ratificados anteriormente e estabelecer novas cooperações (Presidência da República, 2009). Primeiro, com o Protocolo Adicional sobre Cooperação em Alta Tecnologia Industrial Inovadora, focado majoritariamente no alinhamento em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) entre os países. Na mesma ocasião foi estabelecido o Plano de Ação da Parceria Estratégica Brasil-Suécia, documento onde os países definiram sete áreas prioritárias

para suas relações bilaterais. Definindo assim a tônica da cooperação entre Brasília e Estocolmo nos anos vindouros. Merecem destaque quatro das sete áreas abordadas no Plano, sendo elas: I) A cooperação em bioenergia e biocombustíveis; II) A cooperação em defesa; III) A cooperação em mudanças climáticas e desenvolvimento sustentável; e IV) A cooperação em ciência, inovação e alta tecnologia (Suécia; Brasil, 2009).

Neste contexto de aproximação entre os países e enquanto um caso de sucesso da “diplomacia da inovação”, foi criado o CISB. Resultado do programa de mobilidade criado entre o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a *Svenska Aeroplan Aktiebolaget* (Saab), no âmbito do Programa Ciências sem Fronteiras (CsF), o CISB foi fundado em 2011 como uma associação privada para apoiar iniciativas e projetos ligados às tecnologias avançadas desenvolvidas pelas duas nações (Holmo *et al.*, 2024). Sendo responsável por inúmeros processos de transferências de tecnologia coordenados entre Brasília e Estocolmo, a instituição é reconhecida pela missão diplomática sueca no país e integra as ações do *Team Sweden Brazil* (Avila *et al.*, 2017; Sjöman, 2023).

Enquanto um mediador do diálogo entre pesquisadores, universidades, startups e empresas de ambas nações, desde 2012 o CISB possui um Plano de Trabalho firmado com o CNPq e a Saab que até 2023 foi responsável pela concessão de 61 bolsas de estudos na Suécia, dívidas entre projetos de pós-doutorado e doutorado sanduíche. Além disso, o Programa CNPq-CIBS-Saab também é responsável pela realização de inúmeras missões internacionais entre os países (Holmo *et al.*, 2024, p. 244). O ápice das relações bilaterais e que transformou as relações sueco-brasileiras aconteceria justamente por meio de uma cooperação em defesa e alta tecnologia com a Saab.

Desde 2013, a principal ponte entre os dois países é o setor aeronáutico, resultado da licitação do Programa F-X2 para a renovação e atualização da frota de aeronaves de caça da Força Aérea Brasileira (FAB), formulado ainda em 2006. Além da aquisição do novo caça, o Estado brasileiro almejava um acordo que impulsionasse e envolvesse a Base Industrial de Defesa (BID) por meio de termos mutuamente benéficos de transferência de tecnologia (TT). Após apresentar menor preço e permitir a construção de 40% das aeronaves em solo nacional, a Saab venceu a proposta com a aeronave F-39 Gripen E/F. Firmando assim, o maior contrato de exportação da história da Suécia e um dos maiores contratos de defesa da América do Sul (Júnior; Alves, 2022, p. 39; Sjöman, 2023).

O momento das tratativas entre as nações aconteceram nos estágios de desenvolvimento da aeronave pela própria Saab, fazendo com que ela seja nomeada por vezes como “Gripen Brasileiro”. Enquanto um dos maiores programas de TT da história do Brasil, a

cooperação também beneficia a indústria nacional por meio da “compensação *offset*”, que permite ao comprador, neste caso o Brasil, acessar determinadas compensações industriais como condição para a efetivação da compra (Lopes, 2018, p. 47). No âmbito do Programa F-X2 elas ocorrem por meio do intercâmbio de informações estratégicas, compartilhamento de *know-how* e recursos humanos entre a Saab e a Empresa Brasileira de Aeronáutica (Embraer), as empresas que formam a BID e as Forças Aéreas das duas nações. Além da instalação de infraestruturas em solo nacional e a geração, direta e indiretamente, de milhares de postos de trabalho com mão de obra de alta qualificação (Saab, 2023).

O então Embaixador da Suécia no Brasil à época, Sr. Per-Arne Hjelmborn, afirmou categoricamente que “com a colaboração do Gripen, viramos parceiros pelos próximos 30, 40 anos. A intenção é usar o projeto Gripen para que juntos possamos tirar o máximo proveito dos efeitos multiplicadores, tanto dentro quanto fora do setor da defesa” (Ministério da Defesa, 2016). Atualmente, os processos de desenvolvimento e integração de softwares da aeronave acontecem na fábrica da Embraer, na cidade de Gavião Peixoto–SP, onde está instalado o Centro de Projetos e Desenvolvimento do Gripen (GDDN — *Gripen Design and Development Network*) e o único simulador de desenvolvimento da aeronave instalado fora da Suécia. No local também está o Centro de Ensaio em Voo do Gripen (GFTC — *Gripen Test Flight Centre*) para realização dos ensaios em voos realizados no Brasil. Desde dezembro de 2022 as primeiras aeronaves foram oficialmente integradas às atividades operacionais do Primeiro Grupo de Defesa Aérea da Base Aérea de Anápolis, em Goiás.

Somente até 2023, este compartilhamento entre os dois países foi responsável por mais de 60 projetos de transferência de tecnologia, ápice da aproximação com Estocolmo, que atualmente acontece em níveis ainda mais complexos (Saab, 2023). Sobretudo pela ampla gama de informações estratégicas compartilhadas entre as partes, um aspecto inerente a uma cooperação técnico-científico-militar como esta, mas que também favorece outras áreas das indústrias civis. Além disso, segundo a própria empresa, há um interesse de aumentar a quantidade de aeronaves contratadas para além das 36 inicialmente acordadas entre as partes. O Gripen, portanto, se tornou a porta de entrada pela qual o Brasil e a Suécia podem alçar novos voos e cooperarem entre si.

A partir do impacto positivo decorrente da assinatura do acordo em 2014, uma nova delegação brasileira regressou ao país em 2015. Desta vez na missão chefiada pela presidente Dilma Rousseff. Foi ratificado nesta ocasião, o Novo Plano de Ação da Parceria Estratégica, uma atualização do documento firmado em 2009, agora com um aprofundamento na cooperação em defesa. Decorreram do Novo Plano a criação do Grupo de Alto Nível em

Aeronáutica (HLG — *High Level Group in Aeronautics*), realizada todos os anos intercaladamente entre os dois países, com o objetivo de “aumentar a cooperação bilateral em aeronáutica de modo a incluir projetos tanto civis como militares” (MRE, 2015). As relações entre ambos os Estados, portanto, fortaleceu-se mediante a ação diplomática, sendo cada vez mais marcada pela cooperação técnico-científica de alto nível, cujo ápice está no setor de aviação.

Ao mesmo tempo, Brasil e Suécia também passaram a convergir na temática da sustentabilidade. Apesar das condições sócio-econômicas e de suas políticas públicas e prioridades governamentais serem distintas em todas as áreas que envolvem a temática, o meio-ambiente sempre esteve em foco nas tratativas entre os países. Sendo matéria de discussão nos dois planos estratégicos ratificados entre eles. Uma discussão principalmente derivada da grande experiência brasileira na utilização e produção de etanol desde 1975, como será apresentado no capítulo a seguir. Além disso, há anos ambos os países têm testado inúmeras soluções e fórmulas de SAF, desde a utilização de etanol de milho até os eletrocombustíveis, resultado de um grau elevado de inovação no setor energético e de combustíveis nas duas nações.

Embora no Brasil a agricultura e o uso da terra, mudança no uso da terra e de florestas (LULUCF — *Land Use, Land-Use Change and Forestry*) sejam reconhecidos como os principais emissores de GEE, o setor de transporte também desempenha um papel significativo nesse contexto. Assim como na Suécia, as atividades de transporte têm apresentado desafios de grande magnitude para a redução das emissões e para honrarem seus compromissos internacionais. De modo que a aviação, em ambos os países, é um dos principais componentes responsáveis pelas emissões dos meios de transportes (Rocco; Henkes, 2020; Nymo; Kästel, 2022).

Vale ressaltar que as estratégias de mitigação das duas nações são bastante distintas e refletem o histórico e as responsabilidades internacionais de cada país. Desde 2002, por exemplo, ambos os países integram o Protocolo de Quioto. No entanto, por ser um país desenvolvido, somente a Suécia está presente no Anexo I do documento que define as metas que estes países deveriam cumprir entre 2008 e 2012. Não somente, mas principalmente por este motivo, os suecos já se comprometeram anteriormente a reduzir suas emissões globais de GEE a um valor médio que não fosse superior aos 104% dos níveis de 1990, em observância aos termos do Protocolo (Ministry of Sustainable Development of Sweden, 2005).

Atualmente os dois países possuem legislação focada nas metas de mitigação do setor de transportes, sendo ambas igualmente ousadas por abrangerem todas as formas de

transportes além da aviação. Ainda que as legislações específicas de cada país sejam objeto de análise dos dois próximos capítulos, cabe ressaltar que o objetivo sueco é reduzir as emissões nacionais do transporte, com exceção da aviação doméstica, em pelo menos 70% em comparação aos níveis de 2010. Focando no objetivo máximo de tornar-se um país carbono-neutro até 2045, antes da própria UE, cuja meta é 2050 (Regeringskansliet, 2021; Naturvårdsverket, 2025).

No país, a definição dos limites anuais é matéria da Lei de Obrigação de Redução (2017:1201), que trata da redução de GEEs provenientes da queima de combustíveis fósseis no setor de transportes. Essa legislação integra o conjunto de medidas criadas em 2017 pela Lei do Clima (2017:720) (Suécia, 2017a, 2017d). Especificamente sobre a aviação doméstica sueca, desde 2012 o tema é regulado pelo EU ETS em toda UE. No entanto, ainda assim a legislação estabelece a meta de reduzir as emissões provenientes dos QAVs no país em 27% até 2030. Enquanto o EU ETS objetiva a redução global de emissões do bloco em 55% no mesmo período (Trinh *et al.*, 2021; Energimyndigheten, 2023a).

Os objetivos brasileiros, por sua vez, são tão distintos quanto suas ambições. Em 2017, o governo sancionou a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) com o objetivo de atingir o cumprimento das metas estabelecidas no Acordo de Paris, contribuir para a redução das emissões do poço à roda e promover a produção e o uso de biocombustíveis (Brasil, 2017b; Lazaro; Thomaz, 2021). Atualmente, o RenovaBio está integrado ao conjunto de medidas que compõem a Lei do Combustível do Futuro (Lei 14.993/2024) sancionada em outubro de 2024. Dentre os eixos de atuação do Combustível do Futuro, está o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV) para a redução das emissões do setor aéreo brasileiro. Há, no entanto, uma diferença entre as formas de redução das emissões, uma vez que, diferentemente do mandato de intensidade de carbono da Suécia, a meta nacional brasileira é garantir que a redução das emissões de GEE ocorra por meio da adoção de SAF. Visando o objetivo máximo de reduzir as emissões em pelo menos 10% a partir de 2037 (Thomaz; Gonçalves, 2023; Brasil, 2024a). Enquanto o Brasil aposta na redução de emissões com utilização de SAF, a Suécia foca em reduzir a pegada de carbono dos combustíveis vendidos no mercado.

Ambas as legislações, entretanto, são respostas diretas dos dois países aos debates no âmbito do Acordo de Paris. É imprescindível destacar ainda que o contexto em que o Estado sueco está inserido é particularmente favorável para adoção de metas mais ousadas, além de ser completamente favorável à sua interação com organismos internacionais como a ICAO e a integração em mecanismos de mitigação, como o CORSIA. Além disso, a existência de

projetos e iniciativas supranacionais, como o EU ETS, o Pacto Ecológico Europeu (EGD — *European Green Deal*), o regulamento *ReFuelEU Aviation* e o pacote do Objetivo 55 (*Fit For 55*), impactam positivamente os países europeus e têm surtido efeito nas metas nacionais, sobretudo da Suécia, que são mais ambiciosas que as da própria UE (Kaasinen, 2021).

Como argumentam Shahriar e Khanal (2022, p. 39), o alto custo para produção de SAF ressalta o papel estratégico dos incentivos fiscais para o seu desenvolvimento, mas principalmente dos estímulos e políticas institucionais elaboradas pelos governos. A atuação governamental facilita, portanto, a integração com Estados que possuam um nível similar no estado da arte de SAF e também a adesão a organismos e estruturas internacionais. Analisando sob essa ótica, a elaboração de políticas públicas para biocombustíveis realizada pela Suécia entre 2017 e 2021, prepararam o país para voluntariamente integrar o CORSIA.

Sob a mesma visão, a sanção do Programa do Combustível do Futuro em 2024 no Brasil só foi possível graças ao amplo investimento realizado pelo Conselho Nacional de Políticas Energéticas (CNPE) e pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) do Ministério de Minas e Energia (MME) em pesquisas sobre o tema. Até então, a inexistência de legislação sobre o tema fez com que o Brasil adotasse posições cautelosas para a adesão voluntária do CORSIA (Lyle, 2018, p. 114; Thomaz; Gonçalves, 2023). A justificativa brasileira apresentada no documento de trabalho preparado para a 40ª Assembleia da ICAO esclareceu os motivos da cautela e trouxe luz sobre a necessidade de políticas nacionais, uma vez afirmado que:

“[...] o desenvolvimento e a implantação de SAFs exigem investimentos e tempo importantes. [...] Portanto, **somente políticas e objetivos estáveis e de longo prazo, incluindo incentivos econômicos suficientes** e o reconhecimento adequado das externalidades ambientais positivas da SAF, **podem incentivar os investimentos de capital necessários dos setores público e privado.**” (ICAO, 2019c, p. 2, tradução e grifo próprios).

Justamente após este crucial avanço legislativo no Brasil, inúmeros investimentos em SAF aconteceram. Durante a cerimônia de sanção do marco legal, foram anunciados mais de R\$ 20 bilhões em investimentos, entre biorrefinarias, plantas fabris e centros de pesquisas (MME, 2024b). Desta forma, a conjuntura relativa à adesão do Brasil ao CORSIA e seu pleno alinhamento com a ICAO podem estar passíveis de mudanças antes de 2027, quando a obrigatoriedade de adesão entrará em pleno vigor. O histórico sucesso das políticas públicas brasileiras em biocombustíveis como aquelas relativas ao etanol, marcado por iniciativas datadas dos anos 1970, demonstra que o investimento estrangeiro, a atuação diplomática e a

definição de políticas públicas bem elaboradas, são elementos centrais para tal sucesso (Dalgaard, 2017).

Dessa forma, a aproximação com a Suécia e a efetivação da cooperação em aeronáutica revelam uma circunstância conveniente para a exploração de novas parcerias entre Brasília e Estocolmo. Nesse sentido, os recentes avanços legislativos em SAF no Brasil e a legislação atualmente vigente no país nórdico propiciam um cenário onde há um alinhamento de sinergias já existentes entre os países. O amplo conhecimento técnico de ambas as nações em biocombustíveis favorece o estabelecimento de uma diplomacia energética alinhada entre eles. A partir disso, o Brasil poderá aumentar sua participação no complexo de regime internacional de SAF, despontando como um forte exportador deste biocombustível. O próximo capítulo aprofundará o cenário brasileiro, possibilitando a compreensão das capacidades nacionais, as iniciativas atualmente vigentes e os principais desafios a serem superados.

4 COMBUSTÍVEIS QUE MOVEM O BRASIL

Enquanto um dos países fundadores e membro permanente do Conselho da ICAO, o Brasil desempenha um relevante papel na aviação civil internacional, especialmente na América Latina. Berço de Alberto Santos Dumont, o pai da aviação nacional e um dos inventores mais influentes na concepção da aviação moderna, o país também se destaca como uma das nações que mais investem na produção, uso e desenvolvimento de combustíveis alternativos. Esta trajetória está diretamente ligada à histórica necessidade de superação da dependência de importação de petróleo e derivados, que em diversos momentos de crise levou os governos brasileiros a buscarem novas soluções e tecnologias energéticas para suprir a demanda nacional por combustíveis.

Desta maneira, o presente capítulo apresenta o histórico brasileiro dos combustíveis alternativos e biocombustíveis, abordando também o cenário atual das emissões nacionais de GEE e seu impacto na aviação civil doméstica. Na sequência, discute-se a atuação do Brasil no âmbito do Acordo de Paris, especificamente, sobre as responsabilidades assumidas diante de suas NDCs, a mobilização das partes interessadas do país e as estratégias nacionais para mitigar as emissões nacionais do setor aéreo. Por fim, são analisados os principais avanços regulatórios e institucionais, bem como as perspectivas futuras para o desenvolvimento do SAF no país mediante o mapeamento das iniciativas de uso e produção de SAF no país.

4.1 O HISTÓRICO BRASILEIRO EM COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS E BIOCOMBUSTÍVEIS

A produção do etanol a partir da cana-de-açúcar é incentivada no Brasil há quase um século desde a ratificação do Decreto n.º 19.717, de 20 de fevereiro de 1931. Passando a exigir a adição de 5% de etanol à gasolina importada e permitindo ainda o aumento da porcentagem mediante os níveis de produção anual (Brasil, 1931). No entanto, as grandes distâncias entre as indústrias sucroalcooleiras e as principais cidades do país aumentavam os custos operacionais e encareciam o produto.

Uma solução amplamente adotada à época foi a utilização do gasogênio. Um equipamento acoplado aos veículos que produzia combustível gasoso por meio da pirólise de materiais como lenha, carvão mineral ou vegetal (Nascimento, 1987). Amplamente promovido pelo Estado brasileiro através do Ministério da Agricultura, o gasogênio foi vital durante o período de forte racionamento de gasolina e do etanol na Segunda Guerra Mundial. Entretanto, mesmo diante da popularidade alcançada durante o período de crise, o gasogênio foi completamente abandonado no Brasil após o término dos conflitos, quando a normalização

do comércio internacional possibilitou a retomada da importação de derivados do petróleo (Nascimento, 1987).

Desde então, a matriz energética brasileira passou a ser encarada como uma questão de soberania nacional. Sob essa égide, o debate sobre as necessidades de alternativas energéticas e o desenvolvimento industrial passaram a ser pautadas também pela classe militar brasileira (Dias; Quaglino, 1993; IAE, 2019). A partir desta visão e de campanhas coordenadas entre civis e militares, surgiu a Política Nacional do Petróleo e a empresa pública Petróleo Brasileiro Sociedade Anônima (Petrobras), ambas promulgadas por meio da Lei n.º 2.004 em 3 de outubro de 1953 (Brasil, 1953).

Este avanço legislativo estruturou a inovação brasileira em petroquímica e também foi o alicerce sobre o qual pesquisas energéticas vindouras foram construídas. Por meio da Petrobras, o Estado brasileiro garantiu a soberania nacional das explorações e reafirmou a imperatividade da participação governamental nos avanços energéticos no Brasil. A aviação também foi outro setor considerado estratégico para a soberania nacional. Nasceu deste paradigma, em 1950, o Centro Técnico de Aeronáutica (CTA), atual Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) da FAB, responsável pela coordenação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e do Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento (IPD), atual Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) da FAB (IAE, 2019; FAB, 2020).

O investimento público realizado pelo Estado brasileiro no IPD resultou em projetos históricos para a inovação aeronáutica brasileira, como a concepção do primeiro motor a álcool, desenvolvido sob a coordenação do professor Urbano Ernesto Stumpf (Figueiredo, 2006), e da concepção da aeronave atualmente conhecida como Ipanema, símbolo da aviação agrícola nacional e mundial. Em um momento marcado pela ruptura institucional do regime da ditadura militar em 1964, uma série de políticas públicas focadas na nacionalização e no fortalecimento da indústria nacional foram promulgadas. Dentre elas, a ratificação do Decreto Lei n.º 770/1969, de criação da Embraer (Brasil, 1969; Embraer, 2025).

Nos anos seguintes, a Embraer realizou o voo inaugural de inúmeras aeronaves produzidas com tecnologia e recursos humanos nacionais. Neste mesmo período, segundo Sergio Figueiredo (2006), as pesquisas com motores a álcool conduzidas pelo professor Urbano foram objeto de convênio firmado entre a Petrobras, o Conselho Nacional de Petróleo (CNP) e o CTA. Os resultados das pesquisas e a participação de associações nacionais do setor sucroenergético levaram ao apoio dos militares na formulação de uma Política Nacional do Álcool (Proálcool).

Naquele momento, o Sistema Internacional era alvo de sucessivas crises do petróleo, impactando os índices econômicos, a importação de petróleo e também a adoção de novas políticas nacionais. Apesar da urgência de uma resposta urgente à crise, o apoio oficial ao Proálcool só ocorreu após o Chefe de Estado e ex-presidente da Petrobras, General Ernesto Geisel, visitar as instalações do CTA em São José dos Campos em 1975. Diante da pesquisa de Urbano, o regime militar posicionou-se oficialmente favorável à criação do Proálcool (Bertelli, 2005).

A ratificação do Decreto n.º 76.593 em 14 de novembro daquele mesmo ano, que criou o Proálcool, como argumentam Lazaro e Thomaz (2021, p. 2), foi a ferramenta com a qual o regime buscou aumentar a balança comercial amplamente afetada pela alta nos preços do petróleo. Naquele momento, o Brasil também aumentou o grau de autossuficiência energética e, conseqüentemente, reduziu sua dependência exclusiva da commodity. No contexto da anomalia legislativa da época, a grande facilidade para a criação de legislações fizeram do Brasil um dos poucos países líderes na temática.

O Proálcool moldou o mercado energético brasileiro e propiciou o fortalecimento da concepção e adoção de novas soluções nacionais, ainda que promulgadas sob coerção institucional. Nos anos seguintes, os motores a álcool foram amplamente estudados pelas montadoras presentes em território nacional. A pioneira na utilização deles foi a Fábrica Italiana Automobilística de Turim (FIAT — *Fabbrica Italiana Automobili Torino*), em seu modelo FIAT 147, lançado em 1979 (Figueiredo, 2006, p. 66).

Em 1985, os preços da commodity haviam despencado e os preços do açúcar no mercado internacional tinham se recuperado. Fazendo com que os produtores optassem pela exportação do alimento ante à produção de etanol. Diante desta realidade, os motores a álcool se tornaram inviáveis para o mercado brasileiro e a retomada significativa da produção e utilização do etanol aconteceria somente em 2003 com a introdução da tecnologia de Veículos com Combustível Flexível (FFV — *Flexible Fuel Vehicle*) pela Volkswagen (Goldemberg, 2013). Esse período coincidiu com a consolidação de grandes empresas, tanto no ramo sucroenergético, quanto no ramo automobilístico. Desde então, o Brasil se consolidou como líder mundial na utilização dos FFVs e atualmente possui mais de 31 milhões de veículos *flex fuel*, que representam cerca de 78% da frota nacional de veículos leves (EPE, 2024, p. 21).

O sucesso do etanol viabilizou novos estudos conduzidos pelo governo brasileiro para fortalecer a inclusão, utilização, produção e desenvolvimento de novos biocombustíveis no país. Inúmeros segmentos da indústria brasileira seguiram essa tendência e criaram um ambiente nacionalmente propício para a inovação tecnológica. Um marco foi a certificação da

primeira e única aeronave em produção seriada no mundo com capacidade para abastecimento por etanol hidratado pela Embraer em 2004.

Utilizando etanol *drop-in*, os modelos Ipanemão EMB 202A e EMB 203, evitaram a emissão de mais de 28 MtCO₂ na atmosfera entre 2004 e 2024. Reduzindo o impacto ambiental tanto da aviação agrícola, quanto da cadeia logística agrícola onde é empregada (Embraer, 2024). Números que evidenciam o caráter estratégico da atuação governamental no desenvolvimento de soluções inovadoras no Brasil. De tal maneira que esses casos exemplificam a relevância de uma atuação de longo-prazo que permeia as mais diversas formas de governo, isto é, a necessidade de políticas de Estado. Tanto os motores *flex*, quanto as aeronaves movidas a álcool foram resultados diretos do investimento governamental em projetos de PD&I, sem os quais nenhum resultado prático poderia ser alcançado. Essa necessidade foi ressaltada durante as décadas de 2000 e 2010 pela adoção de novas políticas públicas para combustíveis alternativos.

A primeira delas é o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), lançado em 2004 visando introduzir este biocombustível na matriz energética brasileira, ao mesmo tempo em que promove a inclusão da agricultura familiar em seu ciclo produtivo. Desta forma, o PNPB fortaleceu a economia e alinhou as capacidades produtivas nacionais com a busca por biocombustíveis produzidos de maneira sustentável. O PNPB também estimulou a produção nacional a partir de diferentes matérias-primas biogênicas e promoveu a substituição do óleo diesel comercializado no país por meio da adição de biodiesel ao volume total vendido para os clientes (Lazaro; Thomaz, 2021; MME, 2022).

A partir do PNPB, a Lei n.º 11.097/2005 criou o marco regulatório sobre o biodiesel, introduzindo oficialmente o biocombustível no país (Brasil, 2005a). No mesmo ano, o Decreto n.º 5.448 regulamentou a adição mínima obrigatória de 2% do volume total de biodiesel ao diesel fóssil (Brasil, 2005b). Esse percentual foi incrementado ao longo dos anos mediante a edição de leis específicas e resoluções do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). Atualmente, a evolução está fixada em um ponto percentual por ano até o limite vigente de 15% para 2025, consoante a Lei n.º 13.263/2016 (Brasil, 2016). Entretanto, desde a sanção da Lei n.º 14.993/2024, este percentual poderá flutuar entre 13 e 25% até 2030, desde que comprovada a viabilidade técnica da mudança para mais ou para menos (Brasil, 2024a).

Em setembro de 2015, o Brasil entregou à UNFCCC sua Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (INDC — *Intended Nationally Determined Contribution*) e após a ratificação dos termos do Acordo de Paris em 2016, e seguindo a INDC enviada no ano

anterior, o país comprometeu-se oficialmente a reduzir as emissões em pelo menos 37% até 2025, tomando como referência os níveis de 2005. Visando o objetivo máximo de reduzir 43% até 2030 (EPE, 2016; UNFCCC, 2016). Em termos absolutos, isso significa que, até 2025, as emissões brasileiras deveriam se manter iguais ou abaixo de 1.613,58 MtCO₂, conforme a NDC enviada à UNFCCC pelo Estado brasileiro. No entanto, a realidade das emissões nacionais evidenciam uma enorme disparidade entre a meta assumida e as emissões registradas pelo Sistema de Registro Nacional de Emissões (Sirene). O diagrama elaborado abaixo (ver [Figura 4](#)) permite analisar que, somente em 2022, o Brasil emitiu 2.039,24 MtCO₂e. Um valor que, embora indique uma redução de aproximadamente 20,4% quando comparadas às emissões líquidas registradas em 2005, ainda continua cerca de 26,4% acima da meta mínima acordada para ser atingida até 2025 (MCTI, 2023).

Figura 4 - Emissões líquidas do Brasil em comparação às metas da primeira NDC (em MtCO₂e).



Fonte: Elaboração e diagramação própria a partir dos dados do Sirene (MCTI, 2023).

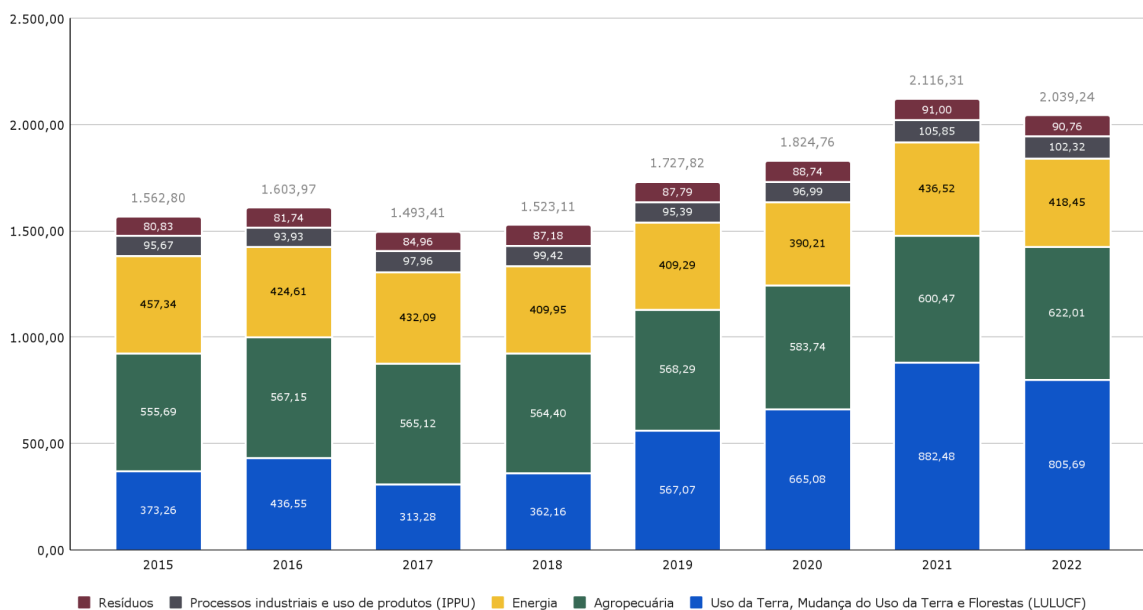
Apesar do Brasil ter conseguido se manter abaixo dos níveis mínimos permitidos pela NDC entre 2010 e 2018, esta aparente conformidade com as metas estabelecidas não pode ser interpretada como sucesso na descarbonização da economia, mas sim como um reflexo direto da dinâmica volátil do setor de LULUCF. Sendo este o principal motivo das emissões inventariadas pelo SIRENE serem diferentes de outros inventários, como do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) do Observatório do Clima, uma vez que a qualidade, quantidade e critério das informações para inventariar as

emissões podem ser distintos. De tal forma que a queda acentuada das emissões líquidas totais este período deveu-se à eficácia das políticas de combate ao desmatamento implementadas no âmbito do Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia (PPCDAm) que em cinco anos reduziu o desmatamento na floresta amazônica para 52%, motivo pelo qual em 2010 emissões ficaram abaixo até mesmo do valor mais otimista da NDC (Tsai *et al.*, 2023).

Entretanto, o aumento nas emissões registradas após 2018 e a dificuldade em atingir os compromissos firmados na França está diretamente associada com a ausência de instrumentos normativos minimamente coordenados. Bem como, a condução inadequada das políticas ambientais brasileiras que, baseada em decisões políticas de curto prazo, ora são responsáveis por avanços significativos, ora são marcadas por graves retrocessos, a depender da condução dos Chefes do Poder Executivo ou do Ministério do Meio Ambiente (Estevo, 2012, 2021). O desmantelamento sistemático do Ministério do Meio Ambiente (MMA) durante o governo de Jair Messias Bolsonaro e a tentativa de unificá-lo com o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) demonstram como as ações governamentais podem afetar diretamente o controle das emissões no Brasil. No período compreendido entre 2018 e 2022, o país enfrentou um sistêmico desmonte das políticas ambientais nacionais que resultaram em um acentuado e negativo crescimento histórico das emissões. Indo diretamente na contramão das metas anunciadas pelo país em Paris (Araújo, 2020; Estevo, 2021).

Neste período, as emissões provenientes do LULUCF tiveram um aumento percentual acumulado de 122,47% e as emissões do setor da agropecuária representaram 10,21%. Apenas os dois setores, respectivamente representados no diagrama abaixo pelas cores azul e verde (ver [Figura 5](#)), corresponderam em 2018 por 60,83% (926,55 MtCO₂e) de todas as emissões nacionais, atingindo em 2022 o percentual de 70,01% (1.427,71 MtCO₂e).

Figura 5 - Total das emissões líquidas brasileiras por setor emissor (em MtCO₂e).



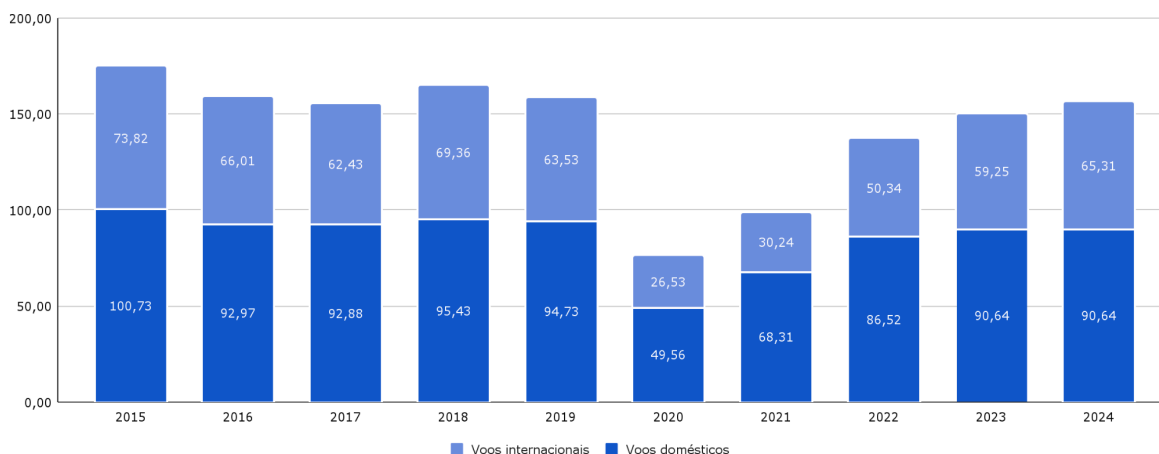
Fonte: Elaboração e diagramação própria a partir dos dados do Sirene (MCTI, 2023).

Logicamente, há ainda outros setores econômicos que possuem uma parcela significativa nas emissões nacionais, como os meios de transporte contabilizados no setor de energia. Em 2024, o setor de transportes foi responsável por cerca de 49,69% (214,3 MtCO₂e) das emissões antrópicas associadas à matriz energética brasileira, que atingiram um total de 431,3 MtCO₂e. Resultando em um consumo energético total de 1.085,45 terawatts-hora (TWh), dos quais 38,65 TWh (3,56%) foram consumidos pelo setor aéreo nacional, sendo o segundo maior consumidor energético do setor de transportes, atrás apenas dos meios rodoviários que representam 93,90% do total (EPE, 2025b).

Ainda que a aviação brasileira possua um impacto relativamente baixo na degradação ambiental, quando comparado com outros meios de transportes, a tendência de crescimento deste setor e a dificuldade de mitigar as emissões tornam os transportes aéreos um grande desafio para a mitigação das emissões nacionais. Quando analisado o histórico das emissões da aviação brasileira (ver [Figura 6](#)), é perceptível a presença de uma curva ascendente de emissões a partir de 2020, marcado tanto pelo fim da pandemia de Covid-19, quanto pela tendência mundial de crescimento da aviação comercial. Projeções realizadas pela IATA (2023, p. 15), apontam para um crescimento médio anual de 3,4% no transporte aéreo de passageiros, dobrando a demanda de 4 bilhões de passageiros transportados em 2019, para 8 bilhões em 2040. Um crescimento que aumentará ainda mais os impactos ambientais da

aviação se alternativas como o uso de SAF não forem desenvolvidas pela indústria, utilizadas pelos operadores aéreos e nem apoiadas pelos governos.

Figura 6 - Quantidade de emissões da aviação brasileira (em MtCO₂e).



Fonte: Elaboração e diagramação própria a partir dos dados da ANAC (2025).

Cientes ou não da inviabilidade das metas e dos desafios presentes na matriz energética brasileira, na primeira NDC elaborada pelo governo brasileiro, as energias renováveis e os biocombustíveis foram apresentados como potenciais instrumentos para buscar o atingimento dos compromissos. Notadamente, apresentaram-se como medidas adicionais: I) Aumentar a parcela de biocombustíveis sustentáveis na matriz energética nacional para 18% até 2030, possível através do aumento no fornecimento e consumo de etanol, biodiesel e outros combustíveis de segunda geração; e II) Expandir a participação das energias renováveis na matriz para 45% até 2030, mediante a expansão energeticamente eficiente no uso da energia eólica, solar e das biomassas (UNFCCC, 2016, p. 7).

Tendo em vista esses objetivos, o Estado brasileiro precisou assumir políticas de longo prazo para o setor energético. Esses compromissos moldaram o cenário no qual o etanol e o biodiesel assumiram a liderança em matéria de biocombustíveis, dada a viabilidade de redução das emissões dos meios de transportes e seus benefícios sócio-econômicos. Desta maneira, os atores privados exerceram a pressão necessária para acelerar uma resposta governamental sobre o tema (Benites-Lazaro et al., 2020). Tamanha pressão favoreceu a criação do Projeto de Lei n.º 9.086/2017, em novembro de 2017, que apresentou ao legislativo brasileiro a proposta de criação do Renovabio.

A agilidade na promulgação da Lei n.º 13.576, nos instantes finais daquele mesmo ano, como concluem Lazaro e Thomaz (2021), evidenciou a falta de participação de outros

stakeholders e uma forte influência dos produtores de biocombustíveis, produtores de combustíveis fósseis e das distribuidoras no planejamento e nas decisões políticas sobre as metas individuais definidas pelo Renovabio, que introduziu noções inéditas na legislação energética brasileira, como a criação dos Créditos de Descarbonização (CBIOS) que, definindo as metas anuais de redução das emissões das distribuidoras de combustíveis fósseis, tiveram seu não cumprimento tipificado pela Lei n. 15.082/2024 como crime ambiental (Brasil, 2017b; MME, 2025).

Naquele mesmo ano, em 12 de dezembro, a Câmara dos Deputados também aprovou o Projeto de Lei n.º 9.321, apresentado ainda em 2013 pelo Senador Eduardo Braga (PMDB/AM) com o objetivo de criar o Programa Nacional de Bioquerosene (PNB) e fortalecer o *know-how* brasileiro neste tipo de biocombustível a partir do incentivo à pesquisa, da concessão de benefícios fiscais para o desenvolvimento de tecnologias e o fomento do uso do bioquerosene (Brasil, 2013, 2017a). Sancionado pelo Poder Executivo somente em 25 de novembro de 2021, por meio da Lei n.º 14.248 (Brasil, 2021).

As legislações apresentadas revelam, até o momento, a enorme falta de sistematização, ausência de continuidade, planejamento estratégico e escassez de conformidade entre as políticas brasileiras para biocombustíveis. Todas elas se mostraram esforços pontuais, sendo motivadas apenas por crises ou interesses específicos, não se caracterizando como estratégias de longo prazo estabelecidas enquanto políticas de Estado. Pode-se, portanto, considerar esta a primeira barreira necessária para o Brasil enquanto uma potência em biocombustíveis: a ausência clara de políticas robustas que integrem iniciativas setoriais e garantam a sustentabilidade destas ações em um prazo superior aos mandatos governamentais de seus promulgadores.

Outro aspecto vital é o cenário inovador brasileiro. Segundo os argumentos do diplomata Ademar da Cruz Junior (2011, p. 107), o enorme aporte do Estado brasileiro na história econômica e inovativa do país, pode ter inibido, ou até mesmo “auto-inibido” os investimentos privados em PD&I no processo de produção industrial brasileira. Tornando a inovação tecnológica brasileira dependente, em quase sua totalidade, das ações e projetos governamentais, como os exemplos que foram anteriormente expostos. Essa necessidade de participação do Poder Público torna os casos de sucesso em inovação apenas “casos isolados [...] sem a crucial sistematicidade que faz com que estejam em estreita conexão econômica entre si e com os demais atores do processo de inovação” (Cruz Junior, 2011, p. 108–109).

No caso dos SAFs, o diálogo comum entre os *stakeholders*, as capacidades locais e as necessidades (inter)nacionais são vitais para a viabilidade, criação e, principalmente, a

sustentação destes projetos. Para consolidar o Brasil como um protagonista no uso de SAF, torna-se essencial integrar essas políticas sob uma abordagem perene e coordenada que incentive a inovação tecnológica de forma contínua, evitando ações paliativas e garantindo resultados sustentáveis a longo prazo.

Esta foi uma das reflexões envoltas no engendramento do Projeto de Lei n.º 528, apresentado em 04 de março de 2020 pelo Deputado Jerônimo Goergen (PP/RS). Dentre os vários eixos temáticos abordados, o “PL do Combustível do Futuro”, buscou instituir o ProBioQAV, visando o incentivo à pesquisa, produção, comercialização e uso de SAF na aviação civil brasileira. Além do cumprimento dos compromissos internacionais firmados pelo Brasil em Paris (Brasil, 2020).

Paralelamente à tramitação do PL, o CNPE, buscando superar a lacuna legislativa e promover uma transição energética eficiente e sustentável, aprovou a Resolução n.º 7/2021, instituindo o homônimo Programa Combustível do Futuro (PCF) e o Comitê Técnico Combustível do Futuro (CT-CF), com a intenção de unificar as ações governamentais existentes. Nominalmente, o Renovabio, o PNPB, o Programa de Controle de Emissões Veiculares (Proconve), o Programa Rota 2030, o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBE Veicular) e o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural (CONPET). Promovendo ainda o estabelecimento de ações de PD&I voltados para a ampliação do uso destes combustíveis no Brasil (MME, 2023).

Os trabalhos do CT-CF foram conduzidos pelo MME em seis subcomitês específicos, que elaboraram relatórios ao CNPE com a proposição das medidas necessárias para o aprimoramento do marco legal (PL 528/2020) e regulatório sobre seus respectivos temas (CNPE, 2021). Uma vez encerradas as atividades do CT-CF, o CNPE pode substanciar a elaboração do Projeto de Lei n.º 4.516, realizado pelo Poder Executivo em 18 de setembro de 2023. O texto deste PL foi apensado ao PL 528/2020 e após os trâmites bicamerais foi aprovado pelos deputados em 11 de setembro de 2024, seguindo para sanção presidencial.

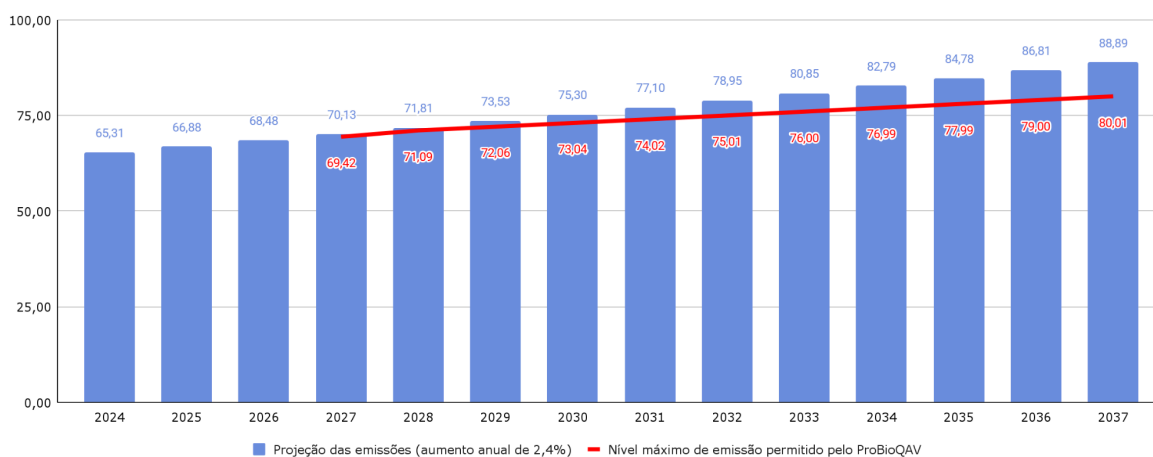
A sanção presidencial ocorrida em 08 de outubro de 2024, na Base Aérea de Brasília, instituiu a Lei n.º 14.993/2024 e criou oficialmente o PCF e outros programas específicos, dentre eles o ProBioQAV, o Programa Nacional de Diesel Verde (PNDV) e o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano. A lei também alterou a regulamentação sobre os limites de mistura de etanol anidro à gasolina, ordenou o regramento sobre as atividades de captura e estocagem de CO₂, bem como a produção e comercialização de combustíveis sintéticos. Realizando, finalmente, a

integração entre o Renovabio, PBE Veicular, Proconve e o Programa de Mobilidade Verde e Inovação (Programa Mover) (Brasil, 2024a).

No que diz respeito ao ProBioQAV, este programa foi concebido para “incentivar a pesquisa, a produção, a comercialização e o uso energético, na matriz energética brasileira” de SAF, definindo ainda as diretrizes para comercialização, logística e uso energético, além de tornar mandatória a redução das emissões dos operadores aéreos através da utilização de SAF. A redução percentual para os voos domésticos operados por companhias aéreas brasileiras começará em 1% a partir de janeiro de 2027 e se manterá em 1% até 2028, aumentando depois gradual e linearmente para 2% em 2029 até atingir o valor máximo de 10% em 2037. A fiscalização e regulamentação será realizada pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), desde que as emissões sejam superiores aos valores definidos e os aeroportos operados nas rotas analisadas tenham acesso a SAF (Brasil, 2024a).

Considerando as metas definidas e a projeção da demanda energética da aviação brasileira apresentada em 2023 pela EPE no “Plano Decenal de Expansão de Energia 2032”, onde foi previsto um crescimento de 2,4 pontos percentuais anuais no período entre 2019 e 2032, uma estimativa dos impactos da aprovação do PCF pode ser realizada utilizando estes dados até o ano de 2037 (EPE, 2023, p. 35). Conforme evidenciado no diagrama elaborado abaixo (ver [Figura 7](#)) que apresenta a projeção a partir das emissões inventariadas pela ANAC até 2024.

Figura 7 - Projeção das emissões da aviação doméstica brasileira em comparação com o nível máximo de emissão permitido pelo ProBioQAV (em MtCO₂e).



Fonte: Elaboração e diagramação própria a partir dos dados da ANAC (2025) e da EPE (2023, p. 35).

Seguindo esta projeção, o Brasil poderá atingir o valor máximo de 88,89 MtCO₂e emitidos em 2037. Um crescimento de aproximadamente 36,1% das emissões quando

comparadas aos níveis registrados em 2024. De forma que, quando aplicada as metas de reduções previstas no ProBioQAV esse valor reduziria para 80,01 MtCO₂e e o crescimento das emissões, quando comparadas aos níveis de 2024, seria de apenas 22,5%. Partindo desta projeção, quando somada a área entre a projeção da emissão anual e o nível máximo de emissão presente no gráfico acima, o setor aéreo brasileiro deixaria de emitir 46,31 MtCO₂e entre 2027 e 2037 apenas por meio da aplicação das metas do ProBioQAV.

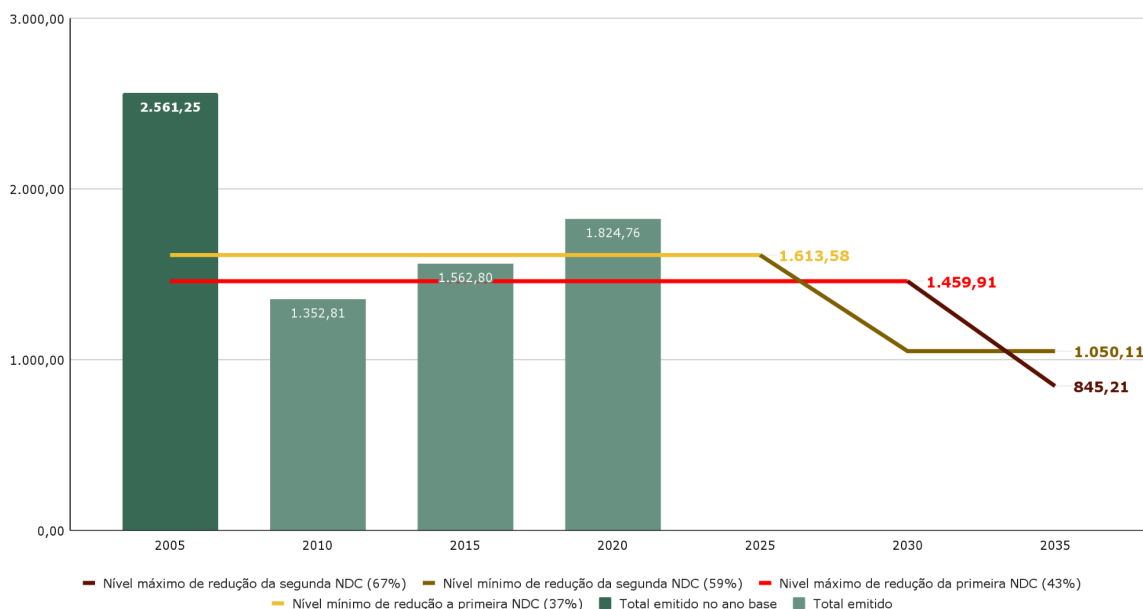
Apesar da adoção destes mecanismos, o cenário ainda é preocupante. Mesmo diante de um mecanismo legislativo com metas agressivas, as emissões domésticas da aviação podem atingir um crescimento de 22,5%. É neste contexto que está inserida a centralidade da utilização de combustíveis alternativos, como os SAFs. Uma vez que a legislação brasileira, prevê que a redução das emissões ocorra de maneira atrelada à utilização de SAF pelos operadores aéreos (Brasil, 2024a). Na prática, o ProBioQAV poderá transformar o Brasil em um caso de sucesso na redução das emissões da aviação, ao mesmo tempo em que aproveitará a experiência brasileira em biocombustíveis e biomassas para o desenvolvimento de projetos e plantas fabris de SAF.

É evidente, portanto, a primordialidade deste avanço legislativo para as políticas públicas brasileiras de combustíveis aeronáuticos alternativos. Principalmente com a criação do ProBioQAV que alinha o compromisso ambiental com a capacidade nacional. Solucionando a ausência de instrumentos normativos que unificasse as principais políticas públicas de combustíveis alternativos e ampliando as possibilidades brasileiras, tanto na diversificação de sua matriz energética, quanto na liderança das tratativas de transição energética e combustíveis junto às Nações Unidas. De modo que o atrelamento das metas de redução do PCF com a obrigatoriedade de uso de SAF, decorrem não só da forte experiência brasileira na produção do etanol, como também da ampla capacidade brasileira projetada para a produção de SAF e o atendimento da nova NDC brasileira enviada à UNFCCC em 13 de novembro de 2024.

Este novo compromisso assumido pelo Brasil em 2024 foi reflexo dos desafios ambientais enfrentados nos últimos anos para o atingimento das metas e dos impactos causados pelo negacionismo climático-ambiental no âmbito governamental. Exigindo que o Estado brasileiro precisasse assumir novos compromissos para recrudescer os esforços de reduzir as emissões. Desta vez, a nova NDC tem como meta reduzir as emissões em pelo menos 59% dos níveis de 2005 até o ano limite de 2035, atingindo uma redução máxima de 67%. Na prática, o objetivo é manter as emissões brasileiras em um nível abaixo ou igual a

pelo menos 1.050,11 MtCO₂e até 2035, sendo esta uma meta significativamente mais ambiciosa que a anterior, como pode ser analisado visualmente abaixo (ver [Figura 8](#)).

Figura 8 - Emissões líquidas do Brasil em comparação às metas da primeira e da segunda NDC (em MtCO₂e).



Fonte: Elaboração e diagramação própria a partir dos dados do Sirene (MCTI, 2023) e da NDC (Brasil, 2024b).

Além de ampliar os objetivos para redução, a nova NDC também cita a aprovação do PCF como um dos avanços brasileiros em matéria de transição energética (prioridade n.º 12), e amplia o foco para a substituição dos combustíveis fósseis por soluções tecnológicas envolvendo eletrificação e o uso de combustíveis avançados, além de expandir a produção de biocombustíveis utilizando tecnologias de captura e estoque de carbono. Além disso, reforça o papel vital desempenhado pelo PPCDAm na redução das emissões atreladas à LULUCF em decorrência do desmatamento na porção brasileira da floresta amazônica (Brasil, 2024b). Desta forma, a produção de biocombustíveis de segunda geração, além de representarem fonte viável para a produção de SAF no Brasil, também poderão ajudar na redução das emissões da aviação civil brasileira.

Segundo a análise conduzida pela RSB e a Agroicone (2021, p. 12) para avaliação de matérias-primas para a produção de SAF a partir de materiais biogênicos, como resíduos da cana-de-açúcar, madeira, sebo bovino, gases efluentes e óleo de cozinha usado (UCO — *Used Cooking Oil*), permitem um potencial produtivo brasileiro de 9,8 bilhões de litros de SAF anuais. Essa quantidade produzida pode atender integralmente a demanda brasileira por QAV. De modo que, conforme análises elaboradas pela EPE (2025a, p. 14), o consumo de QAV no

Brasil está projetado para atingir 7,2 bilhões de litros em 2025 e 7,6 bilhões em 2026. O que possibilitaria a criação de um forte comércio internacional de SAF, capaz de disponibilizar no mercado mundial mais de 2 bilhões de litros anuais. Considerando ainda a grande complexidade tecnológica envolvida na produção de SAF, o Brasil também pode atuar como exportador de matéria-prima para produção do combustível em outros países com maior capacidade tecnológica.

Desta forma, desde que haja uma produção nacional completamente alinhada com as diretrizes do CORSIA, o Brasil poderá aperfeiçoar não só suas condições para a adesão obrigatória ao Mecanismo, mas também seu comércio internacional, quando consideradas as duas vias possíveis: I) Exportação do excedente da produção SAF para todos os outros países-membros da ICAO que não dispõem de capacidade tecnológica, técnica ou de infraestrutura para a produção de SAF; e II) Exportação do excedente de matéria-prima de SAF para outros Estados com maior grau de maturidade tecnológica para produção de SAF. Ambas as oportunidades são estratégicas para o Brasil, pois impactam em dimensões essenciais, como a economia, comércio exterior, diplomacia energética e tecnologia.

Nasce dessa alta capacidade de mudanças de paradigma a necessidade de compreender como o Brasil pode interagir com outros atores estratégicos, como no presente estudo, a Suécia. Desta forma, no próximo subcapítulo, serão mapeados os projetos e iniciativas de SAF existentes no país. A partir do qual rotas tecnológicas e de exportação podem ser estrategicamente traçadas.

4.2 O FUTURO DO BRASIL: *STAKEHOLDERS* E INICIATIVAS DE SAF NO PAÍS

A temática de SAF no Brasil, até o ano de 2014, foi amplamente conduzida pelas principais companhias aéreas do país. Destacando-se ainda a forte presença do terceiro setor nas iniciativas conduzidas até 2022. Diante desta realidade, a primeira sinergia entre partes interessadas no país aconteceu em maio de 2010, quando foi criada a Aliança Brasileira para Biocombustíveis de Aviação (ABRABA). Composta pela Embraer, e as operadoras aéreas GOL e Azul, além das extintas TAM (atual LATAM) e Trip, a ABRABA também foi integrada pelas empresas de biotecnologia Algae Biotecnologia e Amyris Brasil, e por entidades brasileiras como a União da Indústria de Cana de Açúcar (UNICA), a Associação Brasileira dos Produtores de Pinhão-Manso (ABPPM) e a Associação de Indústrias Aeroespaciais do Brasil (AIAB). O principal objetivo da ABRABA era buscar novas alternativas de combustíveis com vistas a reduzir os impactos e as emissões de GEEs com

“segurança e maior eficiência energética” (Teixeira, 2010; UNICA, 2010). Apesar de promissora, desde então não há notícias recentes acerca da ABRABA.

No que diz respeito aos voos experimentais com uso de SAF, o primeiro teste realizado na América Latina com o biocombustível em voo foi operado pela TAM sobre a cidade do Rio de Janeiro e o Oceano Atlântico, em novembro de 2010. Este primeiro teste foi resultado direto dos esforços unificados pela ABRABA e contou com a participação direta de inúmeros *players* integrados na Aliança. Na ocasião, o modelo A320 da companhia foi abastecido com SAF obtido do pinhão-manso plantado em território nacional, extraído pela Curcas Diesel Brasil e processado pela estadunidense UOP LLC (atual Honeywell UOP) utilizando a rota HEFA-SPK. O combustível foi importado e abastecido pela Air BP no Aeroporto Internacional Antônio Carlos Jobim, utilizando a proporção de 50% SAF e 50% QAV. O voo experimental também contou com a participação das fabricantes da aeronave, a Airbus, e dos motores, a CFM International, empresa formada pela *joint-venture* entre a estadunidense General Electric Aerospace (GE) e a francesa Safran Aircraft Engines (Ruic, 2010; Sims, 2010; Westphalen, 2010).

No ano seguinte, em agosto de 2011, a Embraer e a GE Aerospace realizaram o primeiro teste da companhia brasileira com biocombustíveis. O voo experimental foi realizado com um modelo E170 abastecido com SAF de óleo de camelina produzido nos Estados Unidos e obtido por meio da rota HEFA (ABIMDE, 2015; UDOP, 2021). O teste foi conduzido para avaliar novos processos tecnológicos desenvolvidos pela indústria e pelas próprias empresas, além de preparar ambas as organizações para a realização de novos testes (O Globo, 2011). Já em outubro daquele ano, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) assinou uma carta de intenção com a Boeing e Embraer para a colaboração entre as entidades na pesquisa e desenvolvimento de biocombustíveis para aviação. Em maio de 2012, as três instituições em conjunto com a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) iniciaram um estudo focado no mapeamento dos principais desafios do Brasil na temática de SAF no âmbito do projeto denominado Biocombustíveis de Aviação Sustentáveis para o Brasil (SABB — *Sustainable Aviation Biofuels for Brazil*) (FAPESP, 2025).

O contexto da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (UNCSD — *United Nations Conference on Sustainable Development*) também marcou novas iniciativas focadas em biocombustíveis. Sediada no Rio de Janeiro, a Rio +20, como ficou conhecida, teve como intuito resgatar e reforçar os debates estabelecidos em 1992 durante a Rio-92. Dessa maneira, em junho de 2012, tanto a Azul quanto a GOL utilizaram esta

oportunidade para realizarem seus primeiros voos experimentais movidos a biocombustíveis. A iniciativa da Azul, realizada em parceria com a Embraer e a GE Aerospace, e intitulada Azul+Verde teve como objetivo realizar um voo de teste com SAF na rota entre o Aeroporto de Viracopos, em Campinas, com destino ao Aeroporto Santos Dumont, no Rio de Janeiro. O modelo E195 da companhia foi abastecido com uma mistura de SAF obtido a partir da cana-de-açúcar e produzido pela Amyris Brasil na proporção de 50% SAF e 50% QAV (UNICA, 2014). A tecnologia da empresa brasileira usou microorganismos modificados para converter o açúcar da cana em hidrocarbonetos e foi intitulado como AMJ 700 (CNT, 2025, p. 32). A GOL, por sua vez, realizou o voo de teste entre o Aeroporto de São Paulo-Congonhas e Santos Dumont, no Rio de Janeiro. O SAF utilizado foi produzido por meio da mistura de óleo de milho residual da produção de etanol com óleos e gorduras residuais importado da empresa estadunidense UOP. O Boeing 737-800 foi abastecido na proporção de 50% (Freitas, 2022; Gasparin, 2012; Leite, 2012).

A realização da Rio +20 também favoreceu o lançamento da Plataforma Brasileira de Bioquerosene (PBB). Uma iniciativa integrada pela Boeing, Embraer, GOL, Amyris, Solazyme (atual TerraVia Holdings), Byogy Renewables, Bioeca, SG Biofuels, Curcas Diesel Brasil, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e a Associação Brasileira de Empresas Aéreas (ABEAR). Criada pela União Brasileira de Biodiesel (UBRABIO), a PBB teve como objetivo discutir propostas legislativas para incentivar o uso e produção de biocombustíveis para aviação. Unindo os principais *stakeholders* para o desenvolvimento de uma cadeia logística “do campo até a asa do avião” (Correio Braziliense, 2012; UBRABIO, 2013; Garbin; Henkes, 2018).

Este contexto marcado por inúmeras interações entre *stakeholders* foi marcado pelo lançamento do maior e mais completo *roadmap* sobre o tema até aquele momento, denominado “Plano de Voo para Biocombustíveis de Aviação no Brasil: Plano de Ação”. Lançado em junho de 2013 pela Embraer, Boeing, FAPESP e UNICAMP no âmbito do projeto SABB, o estudo foi um marco para a compreensão da realidade de SAF no Brasil. Abarcando 19 recomendações, distribuídas entre as áreas de produção de matéria-prima, tecnologia de refinamento, certificação e logística dos bicombustíveis e políticas públicas, o projeto identificou as lacunas e iniciativas a serem adotadas pelas partes interessadas brasileiras para o avanço pleno da indústria de biocombustíveis aeronáuticos no país (Boeing *et al.*, 2013).

Ainda naquele ano, em outubro de 2013, a GOL, em parceria com a Boeing e apoiada pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (IDB — *Inter-American Development Bank*),

realizou o primeiro voo comercial com biocombustível no Brasil. Utilizando uma mistura de UCO reciclado nos Estados Unidos com óleo de milho não comestível, o SAF foi fabricado pela Petrobras por meio da rota HEFA-SPK. Abastecendo o Boeing 737-800 da companhia que decolou de Congonhas com destino ao Aeroporto Internacional de Brasília na proporção de 25% SAF e 75% QAV (Barbosa, 2013; SINA, 2014). Por ser uma das integrantes do PBB, a GOL também anunciou a participação no programa “Copa Verde”, criado pela Plataforma para promover a realização de voos comerciais abastecidos com SAF durante a realização da Copa do Mundo de 2014. Para tanto, a GOL importou 92 mil litros de SAF para abastecer o projeto da companhia de operar mais de 200 voos utilizando o “*Green Jet Fuel*” produzido pela UOP LLC na rota HEFA-SPK obtido por meio do processamento do óleo de milho (Exame, 2013; Petronotícias, 2014).

A Embraer e a Boeing, em maio de 2014, também firmaram um acordo conjunto para a criação de um Centro Conjunto de Pesquisa em Biocombustíveis Sustentáveis para a Aviação, em uma tentativa de consolidação de pesquisas e indústrias desse setor no Brasil. O Centro, inaugurado em janeiro de 2015 e instalado no Parque Tecnológico de São José dos Campos, em São Paulo, teve como objetivo coordenar pesquisas com universidades e demais instituições nacionais, sempre com foco no desenvolvimento de tecnologias voltadas para a ampliação da produção e desenvolvimento de SAF no Brasil. A iniciativa resultou da parceria entre a Embraer, Boeing, FAPESP e UNICAMP criada e fortalecida pelo projeto SABB (ABIMDE, 2015; Garbin; Henkes, 2018; Prefeitura de São José dos Campos, 2025). Com a iniciativa, Embraer e Boeing objetivavam preencher as lacunas na área de pesquisa e desenvolvimento identificadas no estudo publicado pelo projeto SABB. No entanto, desde a inauguração e o posterior rompimento de acordos comerciais mais abrangentes entre as empresas em 2020, não há atualizações sobre o andamento do SABB e do Centro Conjunto de Pesquisa.

O aumento na sinergia entre as partes interessadas neste período influenciou o anúncio, em julho de 2014, da parceria entre a GOL e a Amyris para utilização de SAF obtido por meio do processo fermentativo da cana-de-açúcar, que gera o composto químico denominado farnesano. Desta forma, o SAF de farnesano desenvolvido pela brasileira Amyris e a francesa Total Energies, terá como foco o abastecimento das aeronaves da GOL que operam rotas entre o Brasil e os Estados Unidos (Exame, 2013). No mesmo mês, a companhia brasileira conduziu um novo teste, tornando-se a primeira operadora aérea brasileira a realizar um voo comercial internacional abastecido com SAF. O voo entre Orlando (Estados Unidos) e Santo Domingo (República Dominicana) com destino ao Aeroporto Internacional de São

Paulo-Guarulhos utilizou uma mistura de SAF de farnesano na proporção de 10% de SAF e 90% de QAV (Aero Magazine, 2014; Fernandes, 2014). Esta iniciativa compôs um conjunto de ações da GOL que, entre 2012 e 2014, foram responsáveis por mais de 300 *voos verdes* (UNICA, 2014).

Quatro anos depois, em maio de 2018, foi lançada a Plataforma de Bioquerosene e Renováveis da Zona da Mata no município de Juiz de Fora, em Minas Gerais. Integrando 46 cidades da região, empresas aéreas e universidades, a Plataforma foi criada para aumentar a interação público-privada a fim de escalar a produção do SAF de macaúba. O objetivo seria produzir mais de 226 milhões de litros de SAF da planta até 2031. O primeiro passo, no entanto, seria começar pela produção de biodiesel obtido do óleo de cozinha usado para abastecer as frotas municipal e da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Depois migrar para a produção de 1 milhão de litros de SAF e de Óleo Vegetal Hidrotratado (HVO — *Hydrotreated Vegetable Oil*), conhecido como diesel verde, em 2023 e chegar a um fornecimento de 25 milhões de litros por ano em 2027. Contudo, a não aprovação do marco legal para incentivo à produção em tempo hábil influenciou a necessidade de arremetida e recálculo de rota da iniciativa (Prefeitura de Juiz de Fora, 2018; Machado, 2025).

Em julho de 2022, a Embraer e a Pratt & Whitney realizaram o primeiro voo da fabricante nacional abastecido inteiramente com SAF. Segundo o vice-presidente de Estratégia e Sustentabilidade da Embraer, este modelo “[...] é a aeronave de corredor único mais eficiente atualmente no mercado, que economiza até 25% de emissões de CO₂ quando comparado com as gerações anteriores da aeronave.” (O Globo, 2022). O teste realizado nos Estados Unidos teve duas etapas, sendo a primeira em solo no Aeroporto Internacional de Fort Lauderdale e a segunda em um voo de 70 minutos realizado no Aeroporto Regional de Vero Beach (CNT, 2025, p. 30). O modelo E195-E2 “Tech Lion” da fabricante brasileira foi abastecido com 100% de SAF fabricado pela empresa estadunidense World Energy utilizando a rota HEFA (Basseto, 2022).

Em 2023, novos marcos foram registrados. Dentre eles, a primeira entrega de uma aeronave com SAF no Brasil. Em julho de 2023, o voo de entrega (*ferry flight*) do modelo A320neo ocorreu entre a fábrica francesa sediada em Toulouse e a cidade cearense de Fortaleza. A aeronave foi abastecida com uma mistura contendo 30% de SAF produzido a partir de UCO fabricado pela francesa Total Energies, que desde 2016 é empresa responsável pelo abastecimento dos *ferry flights* operados pela Airbus com SAF, em uma mudança na política de entrega das aeronaves (Brasil, 2023; LATAM Linhas Aéreas, 2023a; Airbus, 2024a). Ainda em outubro de 2023, a companhia recebeu o modelo A321neo em novo voo

operado com SAF entre a fábrica da Airbus em Hamburgo e Fortaleza. Nesta operação, a aeronave foi abastecida com uma mistura utilizando 49% de SAF e 51% de QAV (Airbus, 2023; LATAM Linhas Aéreas, 2023b).

No mesmo mês, porém nos Estados Unidos, a Embraer realizou seus primeiros voos experimentais com a linha executiva da empresa. Realizados nas instalações das Embraer em Melbourne, na Flórida, os testes analisaram o desempenho dos motores das aeronaves Phenom 300E e Praetor 600 quando abastecidos integralmente com o SAF da World Energy. Uma vez que todas as aeronaves da Embraer estão atualmente certificadas para operação utilizando 50% de SAF, o objetivo da empresa com esses testes é ampliar a utilização para 100% focando no atingimento das metas da empresa (*net-zero* até 2040), bem como do CORSIA. Os testes contaram com a participação da Pratt & Whitney e Honeywell, fabricantes dos motores que foram testados pela brasileira. Na ocasião, também foi alcançado o marco de ser o primeiro teste com 100% de SAF nos motores HFT 7500 da Honeywell que impulsionam os modelos Praetor 600 e Praetor 500 (Basseto, 2022; Eixos, 2023).

Consolidada como a terceira maior fabricante de aeronaves do mundo, essa iniciativa da Embraer possui um caráter estratégico de grande destaque, uma vez que a empresa opera nos dois maiores mercados de jatos privados do mundo: os Estados Unidos e o Brasil. Segundo o levantamento da Airbus Corporate Jets, os dois países possuem, respectivamente, 15.492 e 1.103 aeronaves da aviação executiva. O valor representa 67,9% de toda a frota mundial de jatos (Airbus Corporate Jets, 2025). Em outubro de 2025, a Embraer anunciou que os estudos sobre uso de SAF na frota da empresa serão intensificados nos próximos anos. De maneira que a fabricante adquiriu um lote de SAF da Vibra Energia para testar o contato prolongado do biocombustível com os materiais das aeronaves brasileiras. O objetivo da empresa é operar suas aeronaves com 100% de SAF até 2030 (Ferreira, 2025).

Diante dos altos custos envolvendo a importação de SAF, as companhias têm buscado novas soluções. Em junho de 2024, a GOL anunciou uma parceria com a Vibra para a implementação do sistema de compensação baseado no modelo de reivindicação e reserva de créditos ambientais, “*book & claim*” na língua inglesa. Esse método, utilizado pela primeira vez na América Latina, permite que uma companhia aérea compense suas próprias emissões de GEE por meio da aquisição de créditos (*claim*, reivindique) associados ao uso de SAF por outras empresas em locais distintos (*book*, reserve). Assim, reduz-se a necessidade de transporte físico do combustível e, conseqüentemente, os custos operacionais e logísticos relacionados à importação de SAF. A iniciativa conta com a parceria da SkyNRG, empresa neerlandesa de referência mundial na produção de biocombustíveis, por meio do “*Project*

Runway” e reivindicará as emissões de 180 toneladas de CO₂ da GOL por meio da reserva de créditos ambientais provenientes do fornecimento de SAF da SkyNRG para o Aeroporto de Amsterdã-Schiphol, nos Países Baixos (Araujo, 2024; GOL Linhas Aéreas; Vibra Energia, 2024).

Em maio de 2025, um novo marco foi atingido na aviação brasileira, desta vez, no segmento executivo. Após a operação do primeiro voo da aviação geral utilizando SAF foi realizado pela Líder Aviação, maior empresa de aviação executiva da América Latina. O voo para o transporte de funcionários embarcados em plataformas de petróleo em alto mar foi realizado por uma aeronave de asa rotativa Sikorsky S-92 que partiu do Aeroporto de Jacarepaguá no Rio de Janeiro. A aeronave foi abastecida pela Vibra Energia com SAF de UCO em uma mistura de 10% de SAF e 90% de QAV (Calmon, 2025; Líder Aviação, 2025).

À luz das informações apresentadas, é possível analisar as principais tendências do mercado brasileiro de SAF, com base nos dados agregados no quadro abaixo (ver [Quadro 3](#)). Entre o segundo semestre de 2010 e 2023 foram realizados 10 voos experimentais envolvendo fabricantes brasileiros de aeronaves (Embraer) e operadores aéreos nacionais (TAM, Azul, GOL e LATAM). Desta forma, pode-se afirmar que os principais atores do cenário aeronáutico brasileiro estão comprometidos com o desenvolvimento e uso de SAF no Brasil, perfazendo a principal fabricante e todas as companhias aéreas do país.

No entanto, o hiato de voos experimentais percebidos entre 2014 e 2022 retrata os desafios que contornam a sustentabilidade da aviação doméstica brasileira. Segundo a ABEAR (2024), o principal componente dos custos operacionais das companhias aéreas no Brasil está nos combustíveis, que representam 36% das despesas. Além disso, a ausência de incentivos estatais para a produção de estudos governamentais sobre biocombustíveis neste período também pode ter influenciado com que a decolagem do uso de SAF fosse abortada no país. A ausência de linhas de créditos destinadas à descarbonização do setor aeronáutico nas principais instituições financeiras governamentais também impactam diretamente a adoção desta tecnologia no setor privado. Uma evidência foi a sequência de iniciativas pioneiras adotadas pela GOL entre 2012 e 2014, responsáveis por mais de 200 voos verdes⁴ neste período, que só foram possíveis graças ao apoio financeiro do IDB. Sendo a GOL, em 2014, a última companhia a realizar voos experimentais no Brasil até 2022.

A retomada deste tipo de iniciativa em 2022, no entanto, reflete não só a adoção das políticas e metas de descarbonização do setor adotadas pela ICAO e pelas empresas do setor,

⁴ Nomenclatura dada na época pela companhia e demais *stakeholders* para os voos realizados com alguma mistura de SAF.

mas também refletem a gradual redução global na razão dos preços entre o QAV e o SAF. Demonstrando uma tendência de que o principal desafio, o preço dos biocombustíveis, em breve seja solucionado. Conforme levantamento da Confederação Nacional do Transporte (CNT) (2025, p. 36), o preço do SAF já foi 4,8 vezes mais caro que do QAV fóssil, atingindo o menor valor histórico em outubro de 2022, quando o SAF era apenas 1,9 vez mais caro. De tal modo, a tendência é que conforme o grau de maturidade das tecnologias de produção de SAF cresça exponencialmente nos últimos anos, a relação dos preços de SAF e QAV reduza igual e exponencialmente.

Quadro 3 - Voos realizados com SAF por fabricantes ou operadores aéreos brasileiros.

Data	Fabricante de aeronaves	Fabricante de motores	Operador aéreo	Fabricante de SAF	Matéria-prima	Rota de obtenção	Mistura
11/2010	Airbus	CFMI	TAM	UOP	Óleo de pinhão-manso	HEFA	50%
08/2011	Embraer	GE	-	-	Óleo de camelina	HEFA	50%
06/2012	Embraer	GE	Azul	Amyris	Cana-de-açúcar	ATJ	50%
06/2012	Boeing	-	GOL	UOP	Óleo de milho e óleo e gordura residual	HEFA	50%
10/2013	Boeing	-	GOL	Petrobras	UCO e óleo de milho	HEFA	25%
07/2014	Boeing	-	GOL	Amyris e Total	Caldo de cana fermentado	ATJ	10%
06/2022	Embraer	Pratt & Whitney	-	World Energy	-	HEFA	100%
07/2023	Airbus	-	LATAM	Total	UCO	HEFA	30%
10/2023	Airbus	-	LATAM	Total	-	-	49%
10/2023	Embraer	Pratt & Whitney e Honeywell	-	World Energy	-	-	100%
05/2025	Sikorsky	-	Líder	-	UCO	HEFA	10%

Fonte: Elaboração própria.

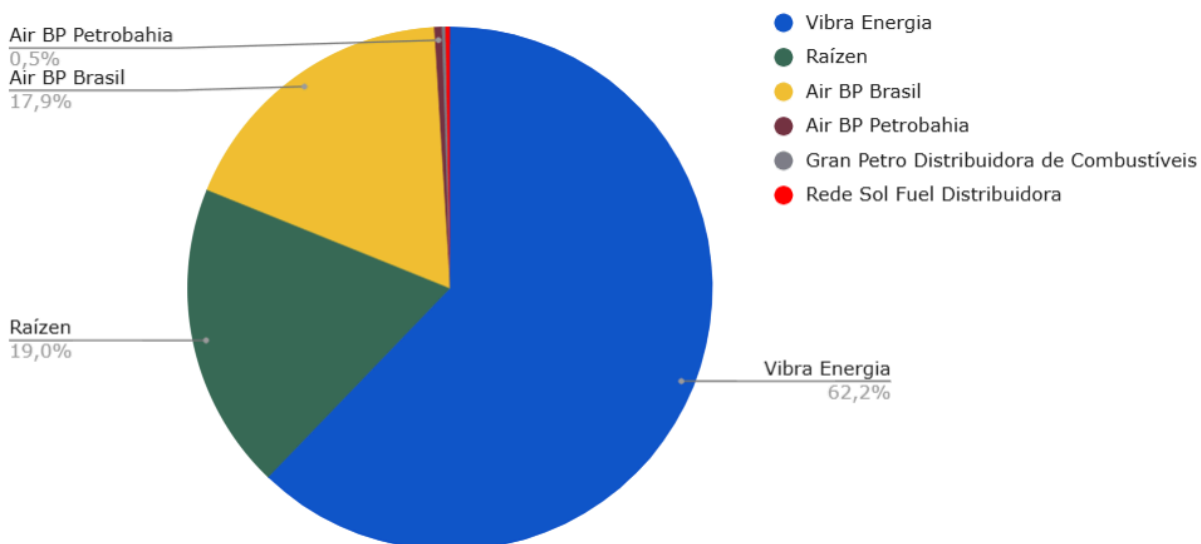
Como elenca o estudo conduzido pela CNT, para que os biocombustíveis aeronáuticos se tornem economicamente viáveis, é imprescindível haver mecanismos de incentivos para que o setor produtivo possa reduzir os custos, sem que sejam repassados aos passageiros os valores das tarifas aéreas. Neste contexto, a aprovação do ProBioQAV pode ser considerado um ponto de viragem com implicações positivas para a produção, desenvolvimento e uso do SAF na próxima década.

Uma vez que o gargalo legislativo e a ausência da proposição estatal de iniciativas focadas na pesquisa, desenvolvimento e produção fizeram com que os largos avanços registrados pelas companhias aéreas não fossem suficientes para o amplo interesse da

iniciativa privada, principalmente no que diz respeito à produção de SAF. Consequência direta do não-comprometimento governamental do Estado brasileiro com a temática neste período. De modo que os anúncios de projetos de produção de biocombustível de aviação no Brasil remetem, quase todos, ao período em que a tramitação do PCF e do ProBioQAV fortaleceram e retomaram a temática no Brasil, influenciando subsequentes anúncios de projetos para produção de SAF no Brasil desde 2022.

Outro fator de destaque é a baixa concorrência no mercado. Segundo o Painel Dinâmico do Mercado Brasileiro de Combustíveis de Aviação da Agência Nacional do Petróleo (2025), na série histórica de 2021 a 2025, somente seis empresas detiveram todo o mercado de distribuição de QAV e de gasolina de aviação (GAV) no Brasil. Sendo elas: Vibra Energia (antiga BR Distribuidora, subsidiária da Petrobras), Raízen, Air BP Brasil, Air BP Petrobahia, Gran Petro Distribuidora de Combustíveis e Rede Sol Fuel Distribuidora. No entanto, somente três dessas (Vibra Energia, Raízen e Air BP Brasil) detiveram praticamente a totalidade do mercado nacional neste período, somando juntas 99,14% de todo o QAV vendido no país. O gráfico abaixo (ver [Figura 9](#)) representa as respectivas fatias de mercado de cada distribuidora.

Figura 9 - Fatias de mercado das distribuidoras de QAV no Brasil de 2021 a 2025.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ANP (2025).

Apesar da baixa concorrência, essas empresas, desde que estejam interessadas na temática de sustentabilidade, também podem influenciar positivamente na adoção de novas tecnologias. A Vibra Energia, que detém a maioria do mercado brasileiro de QAV, por exemplo, foi pioneira ao anunciar, em maio de 2022, o primeiro contrato de exclusividade de

comercialização de SAF produzido pela Brasil BioFuels (BBF). Obtido através do óleo de palma produzido no interior de Roraima e refinado na biorrefinaria da BFF projetada para ser construída na Zona Franca de Manaus, no estado do Amazonas. A expectativa é que a capacidade produtiva inicial seja de 500 milhões de litros anuais, flexível entre SAF e HVO, ambos *drop-in* e utilizando ainda a soja e o milho como matéria-prima. A operação está prevista para iniciar em 2026 e atender 2% da demanda nacional atual (Chiappini, 2022; Vibra; Brasil Biofuels, 2022; FIRJAN, 2025, p. 7). Entretanto, algumas das áreas de cultivo da Vibra em Roraima estão sob embargos ambientais por desmatamento ilegal desde 2025, o que pode inviabilizar a certificação de sustentabilidade e consequentemente o fornecimento de SAF nos termos dos critérios de sustentabilidade do CORSIA (Potter, 2025).

No ano seguinte, em agosto de 2023, a Raízen, empresa criada pela *joint-venture* entre a Cosan e a Shell, que detém a segunda maior fatia do mercado doméstico de QAV, recebeu a certificação da ISCC CORSIA *Plus* para produção de SAF sob as normas do Mecanismo da ICAO. O produto certificado pela entidade será fabricado no Parque de Bioenergia Costa Pinto, em Piracicaba, no estado de São Paulo. Com a certificação, a Raízen tornou-se a primeira produtora de etanol certificada mundialmente com este selo (Raízen, 2023; Ribas, 2023). O SAF será obtido a partir do resíduo produtivo do etanol, também conhecido como etanol de segunda geração (E2G), que dispensa a exploração de novas áreas produtivas por se tratar de um resíduo agrícola, reduzindo as emissões de LULUCF. A instalação da Raízen em Piracicaba tem capacidade instalada para a produção de 30 milhões de litros anuais de etanol que, juntamente com o Parque de Bioenergia Bonfim, localizado em Guariba–SP, totalizam 112 milhões de litros anuais de E2G (Fecombustíveis, 2024).

Em janeiro de 2025, a empresa anunciou o financiamento de 1 bilhão de reais aprovado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) para a construção de uma Unidade de Etanol Celulósico de segunda geração na cidade de Andradina–SP, com capacidade para a produção de 82 milhões de litros anuais de E2G (BNDES, 2025). No entanto, até o primeiro semestre de 2025 a empresa não divulgou sua capacidade produtiva de SAF. Uma hipótese possível é que a Raízen opere apenas no fornecimento de matéria-prima para que outras empresas produzam o SAF, como ressaltou o vice-presidente de Trading da empresa em 2023 ao afirmar que “[...] qualquer companhia que queira produzir SAF a partir do etanol precisará comprar da Raízen. Isso nos posiciona como a única fornecedora da matéria-prima do momento [...]” (Reuters; Forbes Agro, 2023).

Outra companhia que recebeu a certificação ISCC CORSIA *Plus* foi a Zilor Energia e Alimentos. Em setembro de 2023, as Unidades São José e a Barra Grande, respectivamente

localizadas em Macatuba e Lençóis Paulista, no estado de São Paulo, receberam a certificação que permite a produção de SAF a partir da rota ATJ obtido do etanol produzido pela empresa (Zilor, 2025). Apesar da certificação, a Zilor não divulgou sua capacidade e nem quando pretende iniciar a produção de SAF em nenhuma das duas unidades, mantendo esta atividade apenas como uma “atuação promissora” (Zilor, 2024). Em novembro de 2023, a Companhia Brasileira de Comercialização de Açúcar e Etanol (Copersucar), empresa de *trading* do setor sucroalcooleiro com capital majoritário de 12% detido pela Zilor, também anunciou o recebimento da certificação ISCC CORSIA *Plus* (Zilor, 2024). Entretanto, por se tratar de uma cooperativa de comercialização de commodities sucroalcooleiras, a Copersucar fará apenas a aquisição do etanol de usinas cooperadas no país e não atuará com a produção direta de SAF (Damazio, 2023).

Neste mesmo período, o estado do Rio Grande do Norte foi o pioneiro na condução da primeira planta de produção de SAF do país, resultado da parceria entre o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do Rio Grande do Norte (SENAI-RN), por meio do Instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis (ISI-ER), e a Agência Alemã de Cooperação Internacional (GIZ — *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit*), por meio do projeto H2Brasil. O Laboratório de Hidrogênio e Combustíveis Avançados (H2CA) criado pela parceria, está instalado no Hub de Inovação e Tecnologia (HIT) do SENAI-RN e procura escalar os testes com SAF realizados anteriormente para as condições reais de produção industrial. Ainda dependente da autorização da Agência Nacional de Petróleo (ANP), o SAF será produzido a partir do petróleo sintético, também conhecido como *syncrude*, que é obtido da glicerina gerada no processamento do biodiesel. O projeto contou com o investimento alemão de mais de 4 milhões de reais por parte da GIZ e também conta com a participação do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e da UFRJ (Agência de Notícias da Indústria, 2023; FIERN, 2023). Desde o anúncio, entretanto, nenhuma novidade foi publicada pelas entidades e o estado do projeto é atualmente desconhecido.

A BP Bunge Bioenergia, *joint-venture* criada em julho de 2019 entre a britânica BP e a neerlandesa Bunge, anunciou em outubro de 2023 a conclusão do processo de certificação ISCC CORSIA *Plus* na usina de Ouroeste, em São Paulo, para a produção de SAF por meio da rota ATJ (Guedes, 2023; Bunge, 2025). No entanto, a capacidade produtiva ainda é incerta, uma vez que não há qualquer divulgação oficial da empresa com os números de produção. Além disso, a BP, detentora de 50% da BP Bunge, anunciou em fevereiro de 2025 que pretende descontinuar a geração de energia renovável até 2030, em um movimento de retorno

à produção de combustíveis e derivados de petróleo (Kollewe, 2025). Seis meses após o anúncio, a BP fez a maior descoberta de petróleo e gás natural da história da empresa, no Campo de Bumerangue, localizado no pré-sal da Bacia de Santos (CNN Business, 2025).

A Petrobras também anunciou o estudo da produção de SAF e HVO, neste caso, por meio do processamento da rota HEFA. Utilizando a tecnologia adquirida e licenciada em janeiro de 2024 pela empresa estadunidense Honeywell UOP. O objetivo é aplicar esta rota na Refinaria Presidente Bernardes (RPBC), na cidade de Cubatão, no estado de São Paulo. A produção será obtida da mistura de 70% de óleo de soja e 30% de gordura animal (sebo bovino), com uma capacidade produtiva anual projetada para ser superior a 2,5 milhões de litros (Petrobras, 2024). O processo de contratação para a construção da planta foi iniciado em agosto de 2025 e será assinado, segundo a empresa, no segundo semestre de 2026, com as obras programadas para o final do mesmo ano (Petrobras, 2025c).

Seguindo a tendência de investimentos em SAF, em fevereiro de 2024, a São Martinho tornou-se a primeira produtora de cana-de-açúcar a ser certificada com os selos ISCC CORSIA *Plus* e ISCC EU. Este último garantindo o cumprimento dos requisitos legais definidos na Diretiva de Energias Renováveis da UE (RED II — *EU Revised Renewable Energy Directive*). Ambas as certificações viabilizam a produção de SAF pela empresa por meio da rota ATJ utilizando cana-de-açúcar processada nas Unidades Santa Cruz e São Martinho, respectivamente localizadas em Américo Brasiliense e Pradópolis, ambas no estado de São Paulo (Guedes, 2024a; Machado, 2024). A Unidade Boa Vista, localizada na cidade de Quirinópolis, em Goiás, também atende os requisitos básicos para a certificação do ISCC CORSIA e do selo ISCC EU, com capacidade de produção de SAF a partir da rota HEFA obtido do óleo de milho processado na unidade (São Martinho, 2025). Apesar das certificações que atestam a capacidade técnica, a empresa não divulgou, até o primeiro semestre de 2025, informações sobre a capacidade instalada para a produção de SAF em nenhuma das três unidades.

A Fueling Sustainability, *joint-venture* formada pelo grupo estadunidense Summit Agricultural Group e a brasileira Tapajós Participações, anunciou em março de 2024 a aprovação da certificação ISCC CORSIA *Plus* e ISCC EU. Com os selos, a empresa tornou-se apta para a produção de SAF a partir do etanol e do óleo de milho de segunda safra fornecida pelo grupo GGF Brasil, sem impactar a produção de alimentos. No entanto, assim como outros projetos apresentados, a empresa com plantas nos municípios mato-grossenses de Primavera do Leste, Lucas do Rio Verde e Sorriso, não divulgou nenhuma informação sobre quais unidades receberão a produção de SAF (Mello, 2024). No entanto, a acionista

majoritária da empresa, Summit Agricultura Group em conjunto com a Honeywell, está construindo uma unidade de produção de SAF na Costa do Golfo dos Estados Unidos e planeja utilizar a matéria-prima brasileira para a produção do biocombustível na unidade prevista para ser inaugurada ainda em 2025, com capacidade para a produção de mais de 946 mil litros⁵ de SAF por ano (Lustosa, 2024; Samora, 2024).

Ainda em março de 2024, o Grupo Energis 8, comunicou ao MME sua intenção de investir aproximadamente R\$ 2 bilhões em SAF no Brasil. O investimento decorreria da construção de uma unidade de produção de biocombustíveis em Paulínia, no estado de São Paulo, capaz de produzir cerca de 378 milhões de litros por ano, obtido mediante o uso de E2G como matéria-prima (Rittner, 2024). Desde o anúncio, no entanto, nenhuma nova informação foi disponibilizada pela empresa, que ainda não possui atuação na área de combustíveis fósseis ou renováveis (Energis 8 Brasil, 2024). No mesmo mês, a empresa Usina Coruripe, sediada na cidade de Coruripe, em Alagoas, também anunciou o recebimento da certificação ISCC CORSIA *Plus* para as Unidades Iturama e Limeira do Oeste, ambas em Minas Gerais (Usina Coruripe, 2025). A empresa possui uma capacidade total de produção de 500 milhões de litros anuais de etanol, no entanto, a capacidade instalada para SAF não foi divulgada publicamente (Guedes, 2024b).

Em junho de 2024, no entanto, a Itaipu Binacional, em conjunto com o Centro Internacional de Energias Renováveis (CIBiogás) e o projeto H2Brasil, se tornaram pioneiros na inauguração do primeiro projeto-piloto de produção de SAF a partir de “petróleo sintético” gerado por biogás, obtido por meio da rota FT-SPK. Localizado no Parque Tecnológico Itaipu (PTI), em Foz do Iguaçu, no estado do Paraná, a Unidade de Produção de Hidrocarbonetos Renováveis é resultado da parceria entre a GIZ, o CIBiogás, a Universidade Federal do Paraná (UFPR), a Fundação Araucária e a Itaipu Binacional. O projeto contou com o aporte de mais de 11,5 milhões de reais do governo alemão por meio do Ministério da Cooperação Econômica e Desenvolvimento (BMZ — *Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung*) da Alemanha. O SAF produzido na Unidade é obtido por meio de uma mistura de hidrocarbonetos que envolve biogás e hidrogênio verde (H2V) conhecida como *bio-syncrude*, enviado para o Laboratório de Cinética e Termodinâmica Aplicada (LATCA) da UFPR onde é caracterizado, refinado e obtida as frações de SAF

⁵ Este e os demais cálculos ou conversões de volumes de SAF foram realizados utilizando a ferramenta disponibilizada pela Air Transport Action Group (ATAG) que considera a densidade média para conversão de volume igual a 0,8 quilograma por litro de SAF (ATAG, 2025).

(Itaipu Binacional, 2024; MME, 2024a). A capacidade produtiva de SAF, no entanto, não foi divulgada.

Ainda no que se refere ao desenvolvimento de SAF, a Geo Bio Gas & Carbon, empresa brasileira focada na produção hidrocarbonetos verdes, anunciou em julho de 2024 a assinatura de Memorando de Entendimento (MoU — *Memorandum of Understanding*) em conjunto com a Copersucar para desenvolvimento conjunto de tecnologia de conversão de biogás em SAF por meio da rota FT-SPK. Para obtenção do SAF as empresas desenvolverão uma planta piloto no interior de São Paulo para a produção projetada de aproximadamente 274 mil litros anuais de SAF, com previsão para início das operações a partir de 2025. O projeto contará com financiamento de R\$ 7,5 milhões da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) do MCTI (FINEP, 2024; Reuters; Forbes Agro, 2024). Além do investimento do governo brasileiro, a Geo também anunciou, em outubro de 2024, uma parceria com a GIZ envolvendo o aporte de 1,5 milhão de euros do MBZ da Alemanha, no contexto do programa de financiamento alemão intitulado “*DeveloPPP*” (Geo Bio Gas & Carbon, 2024; Ramos, 2024).

A Refinaria de Petróleo Riograndense (RPR) localizada na cidade de Rio Grande, no estado do Rio Grande do Sul e controlada pela Petrobras, Braskem (empresa do Grupo Novonor, antiga Organização Odebrecht) e o Grupo Ultra, anunciou em novembro de 2024 a contratação de fornecimento tecnológico da empresa dinamarquesa Topsoe para a construção de quatro biorrefinarias voltadas para SAF e HVO na RPR. A contratação faz parte de um estudo de viabilidade e construtibilidade elaborado pela Afry Brazil, empresa que fará a engenharia básica das novas unidades da RPR. Em 2023, a RPR foi pioneira no processamento de 1,5 mil toneladas de óleo de soja em BioGLP, nafta aromática e Combustíveis Sustentáveis Marítimos (SMF — *Sustainable Marine Fuel*) utilizando tecnologia desenvolvida pelo Centro de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES) da Petrobras. O objetivo do projeto de conversão da RPR é ampliar os projetos com biocombustíveis e transformá-la na primeira refinaria 100% renovável a entrar em operação no mundo, em um projeto que contará com investimentos superiores a 5,4 bilhões de reais. Segundo a Afry, a análise e as estimativas de investimentos em engenharia deverão ser concluídas até novembro de 2025 (Marcelino, 2025a). Pelo caráter da RPR, estima-se que a rota utilizada seja HEFA, no entanto, as informações sobre a capacidade produtiva instalada e a rota utilizada, caso sejam divulgadas publicamente, deverão ocorrer somente após a conclusão das análises pela Afry. A expectativa para o início das operações foi definida para 2028 (Luna, 2024; Porto, 2025).

A multinacional argentina Adecoagro, em dezembro de 2024, também anunciou a aprovação do selo ISCC CORSIA *Plus* para a Unidade Angelica, localizada em município homônimo no Mato Grosso do Sul (AdecoAgro, 2024). Em maio de 2025, além de receber a recertificação da Unidade Angelica, a empresa recebeu a certificação para a Unidade Ivinhema, também localizada no Mato Grosso do Sul. Entretanto, não há informações divulgadas pela empresa sobre a capacidade produtiva de SAF em ambas as unidades. Além de não haver maiores detalhes acerca das rotas para obtenção, uma vez que a empresa atua tanto na produção de açúcar e etanol, quanto na produção de biogás, biometano e cogeração de energia elétrica. Podendo justificar a adoção tanto da rota ATJ quanto da rota FT-SPK, respectivamente (AdecoAgro; JornalCana, 2025).

Outro projeto de produção de SAF no Brasil foi anunciado em fevereiro de 2025, pela Acelen Renováveis, empresa de capital emiradense controlada pela Mubadala Investment Company, que iniciou a extração de óleo de macaúba em Montes Claros, no estado de Minas Gerais. O objetivo é fornecer matéria-prima para a produção de 1 bilhão de litros anuais de SAF e HVO a partir de 2027 na biorrefinaria da empresa a ser construída anexa à Refinaria de Mataripe, no estado da Bahia, também administrada pela Acelen (FIRJAN, 2025, p. 7; Machado, 2025). O projeto é resultado de parcerias estratégicas com a MulticanaPlus, uma empresa focada na pesquisa e desenvolvimento de clonagem de plantas, e a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP), que há mais de uma década estuda a diversidade genética da macaúba (Acelen, 2025; Augusto, 2025).

A participação das universidades brasileiras também foi imprescindível para o anúncio feito pela H2B Energy Transition em fevereiro de 2025. A empresa brasileira está realizando a instalação de uma fábrica de SAF na cidade de Barcarena, no estado do Pará. O estudo de viabilidade técnico-econômica está sendo realizado em parceria entre a empresa, o Parque de Ciência e Tecnologia do Guamá (PCT-Guamá) e a Universidade Federal do Pará (UFPA). No PCT-Guamá está localizado o Laboratório de Óleos Amazônicos (LOA) da UFPA, que fará a análise da possibilidade de produção de SAF a partir de óleos e resíduos vegetais de plantas, como o caroço do açaí, a casca do cacau e resíduos da macaúba, cupuaçu, buriti, inajá e tucumã, que a partir da rota HEFA poderão produzir o SAF. A produção, segundo a empresa, iniciará em 2027 com capacidade produtiva estimada em 120 milhões de litros de SAF por ano (H2B Energy Transition, 2025).

No que diz respeito aos avanços do mercado de SAF no Brasil, também em fevereiro de 2025, a Vibra Energia, por meio da subsidiária BR Aviation, realizou sua primeira importação e distribuição de SAF no Brasil. A operação só foi possível após o recebimento da

certificação ISCC CORSIA EU, que permitiu a importação dos 550 mil litros de SAF produzidos na Bélgica. Após 10 meses de traslado entre a Europa e o Brasil por meios marítimos, o SAF foi disponibilizado no Aeroporto Internacional Antônio Tom Jobim, na cidade do Rio de Janeiro. O SAF vendido pela Vibra foi obtido por meio da rota de produção HEFA utilizando como matéria-prima óleo de cozinha usado (FIRJAN, 2025, p. 7; Forbes Agro, 2025; Marcelino, 2025b).

Em março de 2025, o Porto do Açu também anunciou o investimento em SAF e SMF. A empresa é resultado da parceria da Prumo Logística, controlada pela emiradense Mubadala Investment Company e a americana EIG Global Energy, com a Porto de Antuérpia-Bruges International, uma subsidiária do Porto de Antuérpia-Bruges. O estudo de viabilidade será conduzido em conjunto com a Repsol Sinopec Brasil, *joint-venture* espanhol-chinesa, tem como foco a produção de biocombustíveis utilizando tecnologias de captura direta de ar (DAC — *Direct Air Capture*) para remoção de CO², que servirá como matéria-prima para os combustíveis. Segundo a empresa, a planta piloto instalada em São João da Barra, no Rio de Janeiro, terá capacidade anual para a produção de 109 mil litros de combustível sustentável. O projeto é liderado pelo Cais Açu Lab, que atua como um *hub* de soluções energéticas da empresa e também conta com investimento da FINEP e BNDES, além da aplicação de tecnologias desenvolvidas em parceria com a Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS), USP e o Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil (CETIQT) do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do Rio de Janeiro (SENAI-RJ) (Porto do Açu, 2025).

Já em maio de 2025, a empresa paraguaia Inpasa Agroindustrial, maior produtora de etanol da América Latina, anunciou o recebimento do selo ISCC CORSIA, para produção de SAF a partir da safra de segunda geração do milho e sorgo. Não competindo com a produção para fins alimentícios. A rota de obtenção da empresa será por meio do ATJ, mas não foi informada a capacidade de produção da empresa, que em 2024 produziu 3,6 bilhões de litros de etanol. A Inpasa também está preparada para a possibilidade de transformar o resíduo da produção do Óleo Técnico de Milho (TCO — *Technical Corn Oil*) em SAF por meio da rota ATJ ou HEFA, ampliando o leque de possibilidades de produção (Reuters; Forbes Agro, 2024). Apesar disso, a empresa não informou publicamente a capacidade produtiva de SAF e nem quais de suas cinco unidades espalhadas entre os estados do Mato Grosso (em Sinop e Nova Mutum), Mato Grosso do Sul (em Dourados e Sidrolândia), Maranhão (em Balsas) e as novas unidades em Goiás (na cidade de Rio Verde) e na Bahia (em Luiz Eduardo Magalhães)

serão as escolhidas para a produção do biocombustível (Inpasa Brazil, 2025b, 2025a; Lustosa, 2025; Rezende, 2025).

Em junho de 2025, a empresa estadunidense Satarem America anunciou a intenção de investir 2,3 bilhões de reais na construção de uma fábrica de SAF em Maringá, no Paraná. Utilizando o etanol para a produção do biocombustível, o objetivo da empresa é iniciar a produção em dezembro de 2028, que será inicialmente destinado ao mercado internacional e em um segundo momento suprirá a demanda doméstica do Brasil (Eixos; Estadão, 2025). Segundo as fontes consultadas, o SAF brasileiro produzido pela rota ATJ, será exportado principalmente para o uso da Ethiopian Airlines. Uma vez que em agosto de 2024 a Satarem assinou um MoU com a companhia da Etiópia que prevê a produção de SAF no território da etíope e a aquisição dos produtos da Satarem pela Ethiopian (Ethiopian, 2024). Apesar disso, informações sobre a capacidade de produção da empresa não foram divulgadas.

No mesmo mês, a Petrobras publicou o Relatório de Sustentabilidade da Petrobras, anunciando investimentos da ordem de 613 bilhões de reais e prevendo, conforme o seu Plano de Negócios 2025-2029, a construção de plantas dedicadas para o bio refinamento e produção de SAF até 2029 pela estatal (Petrobras, 2025a). Em julho de 2025, a ANP autorizou o coprocessamento de óleos usados com até 1,2% na composição do SAF a ser produzido na Refinaria de Duque de Caxias (REDUC) da Petrobras, no Rio de Janeiro, que em outubro de 2025 recebeu o certificado ISCC CORSIA. Após a conclusão destas etapas cruciais, a produção estimada dos mais de 580 milhões de litros de SAF poderá ser testada e introduzida comercialmente ainda em 2025, conforme a programação da estatal (FIRJAN, 2025, p. 7; Petrobras, 2025b, 2025d, 2025e). O Complexo de Energias de Boaventura, em Itaboraí, no Rio de Janeiro, também está nos planos da estatal, com uma produção diária estimada em pouco mais de 3 milhões de litros de SAF. Ambas estão programadas para entrar em operação após 2029 (Petrobras, 2025a).

Em uma ação multi-rotas, a estatal brasileira foca ainda na preparação de instalação de uma planta de SAF focada na rota ATJ na Refinaria de Paulínia (REPLAN), também em São Paulo. Projetando uma capacidade de aproximadamente 1,5 milhão de litros de SAF por dia (FIRJAN, 2025, p. 7; Porto, 2025). Em setembro de 2025, a Petrobras anunciou a realização de testes para produção de SAF na Refinaria Henrique Lage (REVAP), localizada em São José dos Campos–SP. O biocombustível foi obtido a partir do coprocessamento de óleo vegetal no processo tradicional de obtenção do QAV, atingindo um teor de 1,2% de óleo vegetal no produto final. Tanto a REPLAN, quanto a REVAP e a REDUC, no Rio de Janeiro, são interligadas por oleodutos, que podem influenciar o investimento da Petrobras no

coprocessamento de SAF somada à sua rede de refinarias, uma alternativa abordagem mais barata e igualmente eficiente, “[...] pois utiliza os ativos existentes”, como afirmou o gerente geral da REVAP. Há ainda a possibilidade de interligar a REDUC com o Complexo de Boaventura (Petrobras, 2025d).

Em setembro de 2025, a chinesa Envision Group anunciou o investimento de 5,4 bilhões de reais para projetos de produção de SAF no Brasil. Em parceria com a Prumo Logística, controladora do Porto do Açúcar, o investimento incluirá a construção de um Parque Industrial *Net-Zero* que utilizará biomassas como a cana-de-açúcar. A localização onde está instalado o Porto, na Região Norte do estado do Rio de Janeiro, tem elevado potencial agrícola voltado para a produção de biomassas de madeira, capim-elefante e cana-de-açúcar. O anúncio do investimento resultou da visita oficial do Presidente da República à China em maio de 2025, onde foi anunciada a intenção chinesa de investimento no Brasil, posterior e oficialmente confirmada em setembro. Os projetos, no entanto, carecem de mais informações sobre a capacidade produtiva e a rota de obtenção escolhida (Lorenzi, 2025; Reuters, 2025).

Considerando este levantamento realizado. Algumas observações podem ser levantadas mediante a sintetização das informações apresentadas no quadro abaixo (ver [Quadro 4](#)) que apresenta as informações sobre os fabricantes de SAF, as datas dos anúncios dos projetos, quais as rotas de obtenção e matérias-primas utilizadas, onde será produzido, quando entrará em vigência, qual a capacidade produtiva em litros anuais, se há algum tipo de certificação ambiental emitida pela ISCC e se houve algum tipo de investimento estatal no projeto.

Quadro 4 - Projetos de produção de SAF anunciados no Brasil

Fabricante de SAF	Data do anúncio	Rota de obtenção	Matéria-prima	Estado de fabricação	Projeto vigente?	Capacidade produtiva (em litros anuais)	Selo ISCC?	Investimento estatal?
BBF	05/2022	HEFA	Óleo de palma	AM	2026	500 milhões	Não	Não
Raizen	08/2023	ATJ	Bagaço de cana	SP	Não	-	Sim	Sim
Zilor	09/2023	ATJ	Cana-de-açúcar	SP	Não	-	Sim	Não
H2CA	09/2023	HEFA	Biodiesel	RN	Sim	-	Não	Sim
BP Bunge	10/2023	ATJ	Cana-de-açúcar	SP	Não	-	Sim	Não
Petrobras (RPBC)	01/2024	HEFA	Óleo de soja e gordura animal	SP	2029	2,5 milhões	Não	Sim
São Martinho	02/2024	ATJ e HEFA	Cana-de-açúcar e óleo de milho	SP e GO	Não	-	Sim	Não
FS	03/2024	ATJ e HEFA	Cana-de-açúcar e óleo de milho	MT	Não	-	Sim	Não
Energis 8	03/2024	ATJ	Cana-de-açúcar	SP	Não	378 milhões	Sim	Não

Fabricante de SAF	Data do anúncio	Rota de obtenção	Matéria-prima	Estado de fabricação	Projeto vigente?	Capacidade produtiva (em litros anuais)	Selo ISCC?	Investimento estatal?
Usina Coruripe	03/2024	ATJ	Cana-de-açúcar	MG	Não	-	Sim	Não
Itaipu	06/2024	FT-SPK	Biogás	PR	Sim	-	Não	Sim
Geo	07/2024	FT-SPK	Biogás	SP	2025	274 mil	Não	Sim
RPR	11/2024	HEFA	Óleos e gorduras	RS	2028	-	Não	Sim
Adecoagro	12/2024	-	-	MS	-	-	Sim	Não
Acelen Renováveis	02/2025	HEFA	Óleo de macaúba	BA	2027	1 bilhão	Não	Não
H2B	02/2025	HEFA	Óleos e resíduos vegetais	PA	2027	120 milhões	Não	Sim
Porto do Açu	03/2025	FT (DAC)	Dióxido de carbono	RJ	2028	109 mil ⁶	Não	Não
Inpasa	05/2025	ATJ	Cana-de-açúcar	-	-	-	Sim	Não
Satarem	06/2025	ATJ	Cana-de-açúcar	PR	2028	-	Não	Não
Petrobras (REDUC)	07/2025	HEFA	Óleo de milho	RJ	2025	580 milhões	Sim	Sim
Petrobras (Boaventura)	07/2025	-	-	RJ	2029	1,9 bilhão	Não	Sim
Petrobras (REPLAN)	07/2025	ATJ	Cana-de-açúcar	SP	2029	547 milhões	Não	Sim
Prumo	09/2025	ATJ	Cana-de-açúcar	RJ	-	-	Não	Não

Fonte: Elaboração própria.

Projetos como os da Raizen, H2CA, Itaipu, Geo e H2B que contam com aporte direto do governo federal e de governos internacionais, totalizam mais de 1,43 bilhão de reais investidos pelo setor público na produção e desenvolvimento de SAF. Além disso, quando analisados os 23 projetos para produção de SAF acima elencados, 95,65% deles foram anunciados após 2022, período em que a tramitação do PCF no Congresso Nacional ganhou mais força, até ser aprovado em outubro de 2024. Ressaltando o papel imprescindível que a atuação governamental exerce na promoção dos biocombustíveis.

Além da atuação legislativa, o investimento direto do Estado brasileiro por meio da Petrobras ressalta mais uma vez o papel imperativo da iniciativa pública no tema, uma vez que apenas entre 2025 e 2029 a estatal do Brasil investirá mais de 613 bilhões de reais no desenvolvimento de plantas fabris de SAF pelo país (Petrobras, 2025a). À luz desses investimentos, é necessário lembrar ainda a obrigatoriedade do CORSIA, cuja vigência se inicia a partir de 2027, o que também influenciará o surgimento de inúmeras iniciativas no

⁶ O valor em questão refere à capacidade produtiva instalada total para produção de SAF e de SMF.

Brasil, desde que haja um alinhamento do Estado com as iniciativas da ICAO, tal como propõe o ProBioQAV.

Retomando a análise do [Quadro 4](#), somente a capacidade produtiva de 43,48% dos projetos anunciados no Brasil até o primeiro semestre de 2025 seria capaz de suprir cerca de 69,83% da demanda nacional de QAV estimada para 2025, caso a quantidade divulgada pelas iniciativas já estivessem integralmente disponíveis para consumo no mercado da aviação doméstica. Desse total, apenas os projetos da Petrobras poderiam responder por 42,08% do SAF fornecido para o mercado doméstico de QAV. Tais valores refletem a enorme capacidade produtiva disponível no Brasil, que continua subutilizada em decorrência da falta de maturidade tecnológica no país para a produção em larga escala de SAF. Um desafio enfrentado amplamente pelos demais países, mas que, no Brasil, poderá ser superado por meio dos investimentos e projetos estatais conduzidos pela Petrobras.

Uma forma de atravessar este problema pode ser por meio da exportação de matéria-prima utilizada para a produção de SAF em outros países. Estabelecendo um mercado de commodities agrícolas com alto valor agregado que, no futuro, poderá servir como base para estabelecer uma indústria nacional de produção de SAF, tal como visto com a produção histórica de cana-de-açúcar, a adoção de políticas públicas como o Proálcool e a transformação do mercado brasileiro mediante a ampla utilização do etanol no país. No entanto, um novo desafio atrela-se a um possível mercado exportador de SAF: as distâncias entre os centros produtores e os centros consumidores.

Há ainda as questões relacionadas aos incentivos econômicos, tão vital quanto a definição de políticas de longo prazo. A necessidade do aporte estatal no desenvolvimento das iniciativas privadas para SAF é necessária para criar tanto uma ampla concorrência produtiva, quanto uma concorrência de rotas de obtenção, a fim de assegurar uma maior segurança energética, além de uma ampla gama de matérias-primas e tecnologias para produção. Apesar dos desafios globais, o investimento em SAF é o melhor caminho para que a aviação, um dos setores econômicos mais difíceis de serem descarbonizados, possa manter voos mais limpos ao redor do mundo.

5 “*THE WINNER TAKES IT ALL*”: A CONSTRUÇÃO DA LIDERANÇA SUECA EM MATÉRIA DE SAF

Apesar de não integrar o grupo dos Estados cruciais para o transporte aéreo (Parte I do Conselho da ICAO), o Reino da Suécia possui notória influência e forte participação nas iniciativas e discussões realizadas no âmbito do CAEP. Esta proeminência é um reflexo direto da alta capacidade de inovação do país e sua ampla experiência no desenvolvimento e uso de tecnologias e energias sustentáveis. Neste capítulo, portanto, será apresentado o histórico sueco no que diz respeito aos combustíveis alternativos e biocombustíveis, abordando o cenário atual das emissões nacionais de GEE e os impactos delas na aviação doméstica da Suécia. Em seguida, será discutida a atuação e as estratégias de mitigação das emissões assumidas pelo país no Acordo de Paris. Finalmente, serão analisados os avanços regulatórios e institucionais do país na temática de SAF e mapeadas as principais iniciativas de produção, desenvolvimento e uso dos biocombustíveis aeronáuticos no país a fim de definir perspectivas futuras para o cenário de SAF na Suécia, considerando um cenário de possibilidades para cooperação internacional na temática.

5.1 BIOCOMBUSTÍVEIS NA SUÉCIA: HISTÓRICO DE AVANÇOS E RETROCESSOS

Assim como o Brasil, a inovação sueca em biocombustíveis e combustíveis alternativos também foi liderada pelos avanços nas pesquisas com o etanol. Combustível este que começou a ser utilizado justamente pela influência brasileira. A relação da Suécia com o etanol começa no avanço promovido pelo Proálcool nos anos 1970, que levou à ampla utilização do etanol no país nos anos 1990. O uso do álcool inspirou um dono de concessionárias da Ford, o sueco Per Carstedt, a exportar a tecnologia para o país nórdico. Como narra Peter Senge *et al.* (2008, p. 57–63), enquanto Carstedt vivia no Brasil, ele teve contato direto com os carros movidos a etanol e também às primeiras discussões sobre a questão ambiental ocorridas na Rio-92.

No entanto, a tentativa de levar a tecnologia de motores movidos a álcool para a Suécia, foi dificultada pela inexistência de um mercado consumidor no país. Diante deste desafio, Per Carstedt em conjunto com a Fundação de Combustíveis de Bioálcool (BAFF — *BioAlcohol Fuel Foundation*), conduziram uma pesquisa de mercado que criou um consórcio com mais de 50 partes interessadas na compra de 3 mil unidades de FFVs. A existência do mercado, no entanto, foi novamente sobreposta pelo desafio da inexistência de pontos de abastecimento no país. Então, após um novo trabalho de Carstedt e da BAFF, as primeiras unidades foram inauguradas em Örnköldsvik e Stockholm. Iniciando assim uma campanha

para a expansão dos pontos de abastecimento de etanol por todo país, que em 2002 saltaram para 40 postos, até atingirem a centésima unidade em 2004 (Giddens, 2010, p. 141–144).

Naquele contexto, o país já realizava discussões governamentais para tornar-se uma sociedade ecologicamente sustentável. Em janeiro 1997, o governo apresentou ao parlamento unicameral sueco, o *Riksdag*, um comunicado descrevendo, dentre outras ações, a elaboração do Projeto de Lei (1997/98:145) para definição de uma legislação ambiental que seria responsável pela definição de diversos programas focados na sustentabilidade do país, dentre eles um Sistema de Objetivos de Qualidade Ambiental (EQOS — *Environmental Quality Objectives System*). O EQOS foi constituído por 16 objetivos específicos para a melhoria do meio-ambiente nacional e considerava três critérios principais: a proteção do meio-ambiente; o uso eficiente dos recursos energéticos; e os suprimentos sustentáveis. Atuando como um sistema capaz de avaliar o progresso das ações governamentais e de desenvolver propostas políticas sobre o tema (Regeringskansliet, 1998, p. 3–11; Karlsson, 2021).

Uma das ferramentas utilizadas pelo governo para tornar o país mais sustentável foi a utilização do etanol como combustível. Em dezembro de 2005, o *Riksdag* aprovou a Lei (2005:1248) sobre a Obrigação de Fornecimento de Combustíveis Sustentáveis. Por meio da qual todos os pontos de abastecimento no país seriam obrigados a fornecer ao menos um tipo de combustível renovável em suas bombas (Suécia, 2005). Após a promulgação da lei, o uso do etanol e sua disponibilidade nas bombas aumentaram expressivamente, chegando em 2007 a mil unidades em todo o território nacional (Senge *et al.*, 2008). Sendo, desde então, o principal utilizador deste biocombustível na Europa e um dos grandes *players* no mundo, ao lado do Brasil e dos Estados Unidos.

O uso do etanol como uma ferramenta de descarbonização do setor de transportes, foi construído pelo Estado através do financiamento governamental de pontos de abastecimento e da importação do produto diretamente do Brasil, a fim de manter o preço do álcool competitivo com a gasolina comum e criar um amplo mercado consumidor. Essa atuação motivou o pedido oficial à Comissão Europeia para que o etanol brasileiro fosse reclassificado e isento de maiores impostos de importação que poderiam inviabilizar a chegada da commodity às bombas (Christiansen, 2009). A aceitação provisória da UE permitiu à companhia química sueca SEKAB Biofuels & Chemicals ter a exclusividade na importação do combustível brasileiro que seria utilizado na composição do E85, como é denominado a mistura de 85% de álcool anidro e 15% de gasolina pura. A exclusividade e o pioneirismo da SEKAB, empresa da qual Per Carstedt é membro do corpo diretivo desde 2007, consolidou a

companhia como o principal *player* europeu em matéria de etanol e uma referência nacional no assunto (SEKAB, 2016, 2025).

Um ponto de viragem no sucesso do E85, entretanto, viria em abril de 2007, quando o governo estabeleceu a criação de um subsídio para veículos considerados de baixo impacto ambiental, *eco-friendly*, na terminologia inglesa. O Regulamento (2007:380) sobre o subsídio conhecido como *Green Car Rebate* (GCR), foi concebido pelo *Riksdag* para promover o aumento nas vendas e no uso destes veículos. Assim, o proprietário cujo automóvel se enquadrasse nos critérios de emissão e consumo de combustível teria direito a um subsídio (Suécia, 2007; Huse, 2014, p. 2–5). A não inclusão do etanol, no entanto, causou uma reorientação no mercado que motivou uma drástica redução na quantidade de veículos movidos a álcool.

Além disso, a alta dos preços dos combustíveis em decorrência da Crise do *Subprime* de 2007 e a consequente recessão econômica de 2008 tornaram os valores da commodity brasileira menos competitivos no mercado internacional. Afetando diretamente a competitividade do E85 com a gasolina. Por abranger o uso de gasolina e diesel, o Regulamento permitiu que veículos elétricos híbridos abastecidos com combustíveis fósseis tornassem os veículos *flex-fuel* ainda menos competitivos para o mercado de automóveis. Como argumenta Christiansen (2009), ainda que os critérios de sustentabilidade tenham sido o principal atrativo para o público adquirir os FFVs, os aspectos microeconômicos superaram qualquer princípio de sustentabilidade e justificaram a mudança. Conforme apresenta Andersson *et al.* (2020), o principal motivo para a escolha de combustíveis dos proprietários de veículos FFV depende, justamente, da relação e da competitividade do preço entre etanol e gasolina.

Segundo os dados da agência governamental para estatísticas do setor de transportes, a *Trafik Analysis* (2025), os carros movidos a etanol saíram de 223 unidades em 2001 para o recorde máximo de 229,6 mil em 2014 e caíram drasticamente para 166,7 mil em 2024. Os híbridos, de maneira diametralmente oposta, saltaram de 254 unidades em 2001 para 42 mil unidades em 2014 e atingiram a máxima histórica de 880,9 mil veículos em 2024. Refletindo o caráter essencial da análise estratégica na aplicação das políticas públicas para biocombustíveis. Uma vez que, diferentemente de outros países como o Brasil e os Estados Unidos, a inserção do etanol na Suécia se deu como uma alternativa para o aumento da sustentabilidade dos combustíveis disponíveis no país e não como uma política atrelada à soberania energética. Desta maneira, a criação de brechas permitiram aos fabricantes de carros

elétricos híbridos venderem seus veículos com os benefícios fiscais sem necessariamente atenderem aos critérios de sustentabilidade.

Embora bem-intencionada, a legislação criou um incentivo distorcido que aumentou a diferença de emissões entre os carros com tecnologia FFV e os carros elétricos (Huse, 2014). A justificativa para a análise deste declínio do etanol no país reside na necessidade de compreender como a flexibilidade dos combustíveis, os fatores microeconômicos e atuação governamental podem impactar diretamente na (in)utilização dos biocombustíveis, mesmo diante de políticas públicas inicialmente benéficas. A experiência da Suécia, neste caso, serve como um alerta para a aviação e o uso de SAF, cuja competitividade de preços é ainda mais crítica quando comparada aos QAVs fósseis. Sendo essencial analisar a promoção, produção, uso e desenvolvimento de SAF não apenas como um elemento de sustentabilidade, mas como um componente estratégico de segurança e diplomacia energética. A implementação de mecanismos que integrem os principais *stakeholders* e os principais países, serve para evitar que iniciativas em prol dos biocombustíveis aeronáuticos, não sejam estabelecidas sem os considerar como componentes estratégicos da matriz energética nacional dos países. Comprometendo o atingimento das metas de descarbonização e retardando o desenvolvimento de novas tecnologias.

Ainda diante da necessidade de tornar o setor de transportes mais sustentável, desde 2010 uma resposta institucional mais ampla havia sido apresentada pelo Poder Executivo, o *Regeringen*. A Diretiva (2010:74) estabeleceu a criação de uma ampla comissão parlamentar, que auxiliada diretamente por técnicos e especialistas ambientais, foi constituída com o objetivo de buscar o consenso político sobre a criação e adoção de metas climáticas de longo prazo até 2020 (Regeringskansliet, 2010). Pelo contexto histórico, a Comissão Multipartidária de Objetivos Ambientais (MMB — *Miljömålsberedningen*), foi marcada pelas discussões pré-COP/21, e desde sua criação trabalhou em plena sincronia com as negociações globais sobre o tema. A Conferência de Paris de 2015, neste sentido, foi crucial para a definição dos rumos da política climática sueca, a *klimatpolitik* (Karlsson, 2021).

Sobretudo no que tange a atuação da União Europeia, que já em março de 2015 apresentou à UNFCCC sua INDC. Naquele momento, a UE tinha dois mecanismos que compunham sua política climática. O primeiro é o ETS, que abarca todas as emissões do bloco nos setores de energia, indústria e aviação. Os demais setores, por sua vez, não são cobertos pelo ETS e fazem parte de outro mecanismo, intitulado Decisão de Compartilhamento de Esforços (ESD — *Effort Sharing Decision*). É dentro desta Decisão que estão abarcadas as metas nacionais dos países para setores como agricultura e transporte,

exceto a aviação. Vale ressaltar que, no âmbito da ESD, os países possuem poder para negociar a redução das emissões utilizando de fatores como o PIB (European Commission, 2016). O objetivo dos dois mecanismos é atingir setores bastante diferentes utilizando estratégias e formas complementares.

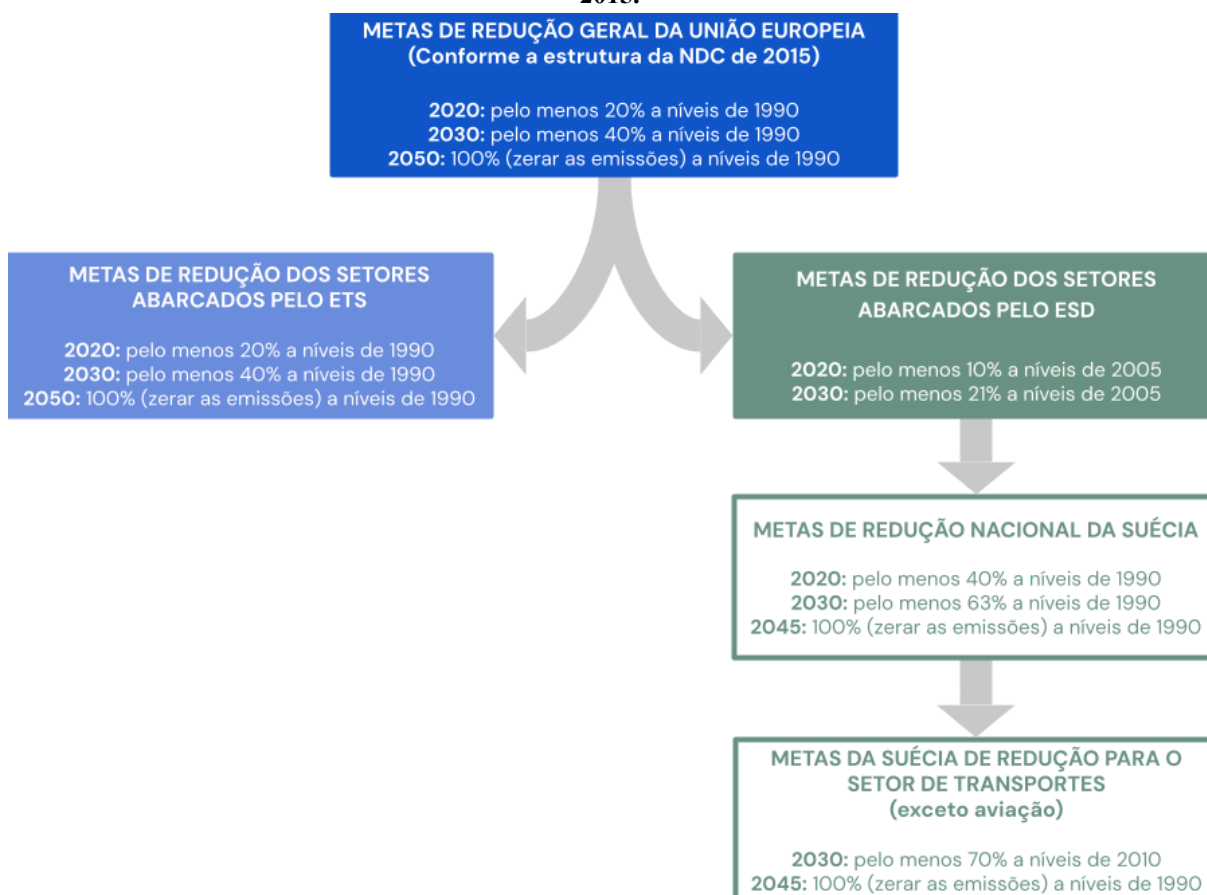
Diante dessa estrutura, a INDC enviada pela UE em 2015 oficializou a meta de reduzir pelo menos 20% dos GEEs emitidos pelos setores ETS do bloco até 2020, considerando os níveis de 1990. No médio prazo, o objetivo foi definido para uma redução de pelo menos 40% das emissões. De modo a atingir, no longo prazo, a meta máxima do bloco de zerar suas emissões até 2050 (Letônia; Comissão Europeia, 2015). Para os setores compreendidos no ESD, os Estados-membros da UE foram obrigados a reduzir as emissões em pelo menos 10% até 2020, em comparação aos níveis de 2005. Definindo ainda como meta de longo prazo a meta de redução de 21% até 2030. Após a ratificação do Acordo de Paris, a INDC virou o compromisso oficial da UE junto à UNFCCC, motivo pelo qual o documento foi considerado a primeira NDC do bloco (Espanha; Comissão Europeia, 2023).

Diante do crescente debate internacional e a definição de compromissos para a redução das emissões intra-UE, o governo sueco publicou, em março de 2016, o Relatório Oficial de Governo (SOU — *Statens Offentliga Utredningar*) 2016:47 do MMB. Intitulado como “Uma estratégia climática e de proteção do ar para a Suécia”, o documento definiu os subsequentes avanços legislativos no âmbito da klimatpolitik. A condução dos trabalhos e a apresentação do SOU foi baseada em três grandes pilares: I) A definição de metas climáticas; II) A promulgação de uma lei climática; e III) A criação de um Conselho de Política Climática (Karlsson, 2021, p. 1136–1137).

No âmbito das metas climáticas, os parlamentares definiram a ambiciosa meta de reduzir em pelo menos 40% as emissões até 2020 para os setores abrangidos pelo ESD, considerando como base os níveis registrados no ano de 1990. No que diz respeito às metas de longo prazo, o relatório também definiu a meta de ser um país neutro em carbono até 2045, antes mesmo da própria UE. De modo que as emissões nacionais deveriam ser reduzidas em até 85% dos níveis de 1990, e os 15% restantes seriam neutralizados pela captura de CO₂ proveniente do setor de LULUCF, como será abordado adiante. Ainda no contexto das metas de redução, para o setor de transportes, com exceção da aviação, a proposta dos relatores foi de uma redução das emissões deste setor em pelo menos 70% até 2030 (Miljömålsberedningen, 2016, p. 80–220). Como pode ser observado no esquema abaixo (ver [Figura 10](#)), todos esses elementos compõem, entre si, a sinergia necessária pela qual a UE e seus Estados-membros poderão reduzir suas emissões. Apesar de complexa, a estrutura

apresentada na primeira NDC pode ser sintetizada na composição das metas gerais da UE, que são subdivididas nos objetivos dos setores abarcados pelo ETS e dos setores previstos no ESD onde estão abarcadas, por fim, os mandatos nacionais e setoriais de cada país.

Figura 10 - Diagrama das metas de redução das emissões no âmbito da estrutura climática europeia de 2015.



Fonte: Elaboração e diagramação própria a partir dos dados da Comissão Europeia (2015; 2016).

Especificamente sobre a aviação, a MMB propôs que o aumento no uso de biocombustíveis sustentáveis e a definição de obrigações para o uso destes combustíveis fossem consideradas, convocando ainda a discussão da temática no teatro internacional. No relatório, a MMB também reconheceu a necessidade da adoção de medidas provisórias para a redução das emissões da aviação e o aumento no engajamento entre as partes interessadas na produção, desenvolvimento e uso de SAF. O que de fato ocorreu no âmbito da ICAO e resultou na criação do CORSIA, como visto no subcapítulo 2.3 deste trabalho. Os parlamentares à época também ressaltaram os desafios, como a questão da disponibilidade de matéria-prima para produção destes combustíveis e a diferença dos preços entre os SAFs e os QAVs, que desde então permanecem os mesmos (Miljömålsberedningen, 2016, p. 389–408).

As mais de 700 páginas que compõem o relatório elaborado pela MMB definiram os rumos de toda a estrutura política climática do país. A partir dele, o *Regeringen* encaminhou ao *Riksdag* o Projeto de Lei (2016/17:146) intitulado “Uma estrutura de política climática para a Suécia” para definir oficialmente uma ampla estrutura governamental para o clima a fim de atender as recomendações enviadas em 2016 através do relatório da MMB (Regeringskansliet, 2017). No mesmo período, em janeiro de 2017, o Ministério das Empresas e da Inovação também publicou o estudo “Uma estratégia aérea sueca – o papel da aviação no sistema de transporte do futuro”, definindo uma estratégia para a sustentabilidade da aviação doméstica, alinhando o setor com as metas propostas pelo *Riksdag*.

A proposta do estudo, neste sentido, foi a criação de um sistema que integrasse o setor aéreo com as demais formas de transporte, criando uma estrutura multimodal onde a aviação doméstica complementaria os meios de transporte que não conseguem atender satisfatoriamente a população. Além de serem conectados diretamente entre suas origens e destinos, reduzindo assim a quantidade de escalas e conexões e, conseqüentemente, as emissões de GEEs pelo setor. Segundo os dados da Agência Sueca de Transportes (*Transportstyrelsen*) compilados no Plano de Ação Estatal enviado à ICAO em 2024 (2024b, p. 5), o país possui 39 aeroportos com operações de tráfego aéreo comercial. Desses, 25 são administrados por municipalidades, 10 são controlados pela empresa estatal Swedavia AB e os demais possuem estruturas de administração diferentes. Os 10 aeroportos estatais são os aeródromos com os maiores volumes de passageiros. Fazendo com que cerca de 95% da população esteja a apenas uma hora de distância de um aeroporto (Näringsdepartementet, 2017).

Estando em plena sinergia com o SOU apresentado no ano anterior, o estudo também propôs a criação de um imposto para as viagens aéreas, de maneira que o Estado sueco penalizaria o setor da aviação civil pelas suas próprias emissões (Miljömålsberedningen, 2016, p. 395–405; Näringsdepartementet, 2017). Uma penalização que, na prática, seria apenas repassada ao consumidor final nos preços das passagens aéreas sem reduzir de fato as emissões, que poderiam ocorrer apenas pela baixa demanda decorrente da alta dos preços. Indo na contramão dos principais estudos que afirmavam já na época a urgência da promoção dos SAFs para a redução das emissões que, como visto no subcapítulo 2.1, atualmente podem contribuir para até 65% de diminuição nas emissões até 2050.

No mês seguinte, em fevereiro de 2017, a Lei (2017:720) do Clima foi aprovada pelo parlamento e a *Klimatlag*, como foi denominada, estabeleceu o marco legal para orientar os trabalhos governamentais no âmbito da *klimatpolitik*. Decorreram dela os demais mecanismos

legais que compensaram os efeitos (negativos) de políticas anteriores como o GCR, introduziram as novas metas de redução para os setores econômicos e definiram os ambiciosos objetivos climáticos nacionais. Em suma, a *Klimatlag* oficializou as propostas levantadas entre 2010 e 2017 pelos estudos governamentais, comissões e proposições parlamentares (Suécia, 2017a).

Em novembro de 2017, o arcabouço legislativo da Lei do Clima foi ampliado por meio da Lei (2017:1200) do Imposto sobre Viagens Aéreas, o *flygskatt*, que passou a ser cobrado para todos os passageiros partindo de aeroportos no território nacional. Considerada pela IATA (2024d) uma medida “[...] economicamente contraproducente e ambientalmente ineficaz”, a cobrança do imposto configurou mais um fracasso legislativo. Uma vez que a adoção e vigência do mecanismo coincidiu com a maior crise da aviação civil internacional: a pandemia de CoViD-19. Além disso, o fechamento de aeroportos e a saída de empresas como a *low-cost* irlandesa Ryanair do país também fortaleceram a necessidade de revisão do mecanismo. Desta forma, o *Regeringen* anunciou em 2024 a descontinuidade na cobrança do *flygskatt* a partir de 1º de julho de 2025 (Suécia, 2017c).

De volta à 2017, entretanto, no mesmo mês da aprovação do *flygskatt*, o *Riksdag* também anunciou a sanção da Lei (2017:1201) sobre a Redução de Emissões de GEE Provenientes da Gasolina e do Diesel. As obrigações de redução, ou *reduktionsplikt* em sueco, tornou obrigatória a adição de biocombustíveis aos combustíveis fósseis distribuídos no país. Contudo, a adição de biocombustíveis, somada às flutuações nos preços globais, elevaram os valores nas bombas. Assim, a meta foi reduzida para 6% para ambos os combustíveis em 2024. Recrudescendo o objetivo a partir de 2025 para o máximo 10% até 2030, tanto para a gasolina quanto para o diesel (RISE, 2024). A partir destas legislações, em setembro de 2017, o Ministério das Finanças propôs o estabelecimento de um sistema de recompensas para veículos *eco-friendly* e penalizações para os veículos a combustão.

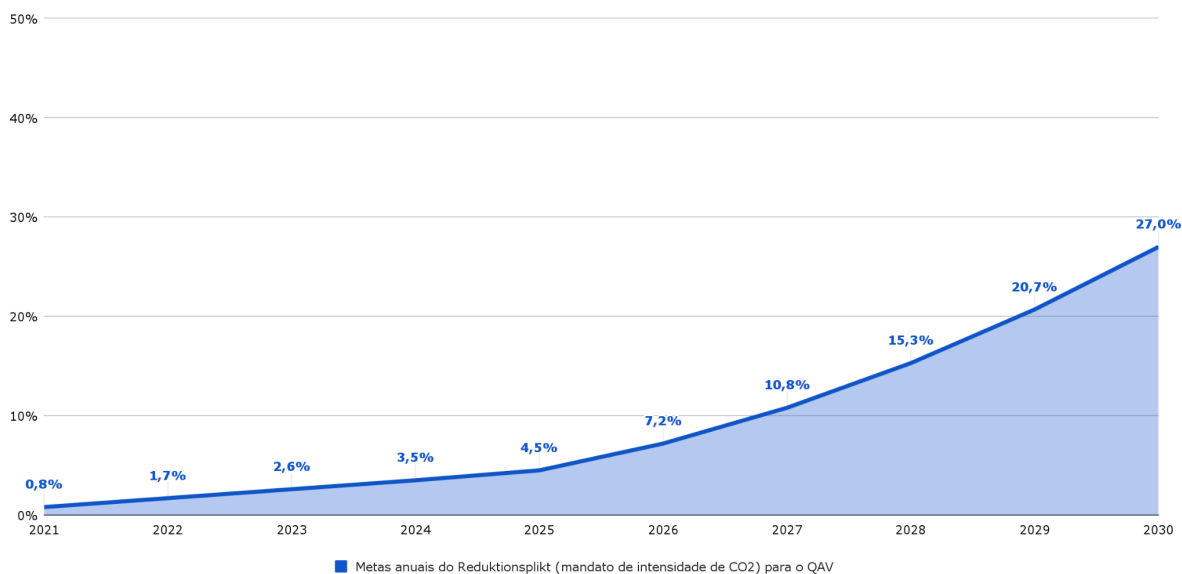
O *bonus-malus System* teve seu componente de penalização (*malus*) definido na Lei (2006:227) do Imposto sobre o Trânsito Rodoviário (Suécia, 2017b; Transportstyrelsen, 2025). Em contrapartida, o componente para concessão das recompensas (*bonus*) foi estabelecido através do Regulamento (2017:1334) sobre Veículos com Bônus Climático, os *klimatbonusbilar* (Suécia, 2017e; Transportstyrelsen, 2024a). A implementação desse sistema levou a nação à alta histórica na compra e uso de veículos elétricos, híbridos ou não. Em uma política na qual o *Regeringen* conseguiu alinhar as legislações anteriores com os termos e as metas da *Klimatlag* de 2017, demonstrando o compromisso em reordenar a concessão de benefícios para esses veículos e resolver *loopholes* criados anteriormente, como no GCR.

Entretanto, novamente, a alta dos preços, desta vez dos veículos elétricos, levou o governo a descontinuar as recompensas do sistema em novembro de 2022. Apesar do esforço, o benefício concedido, em alguns casos, poderia estar atrelado a uma parcela do valor total do veículo. Portanto, quanto maiores fossem os preços deles, maiores seriam as dificuldades governamentais para a manutenção dos subsídios a longo prazo. A exposição destes mecanismos no presente estudo visa demonstrar a fragilidade de mecanismos legais que atrelam a promoção de combustíveis alternativos a fatores econômicos. Tornando as próprias legislações passíveis de serem impactadas por altas nos preços ou crises econômicas imprevisíveis, como visto no caso do *flygskatt* e a pandemia (European Commission, 2025; Transportstyrelsen, 2024a, 2025).

Mesmo diante de desafios internos, o Estado seguiu adotando ações climáticas multiníveis no âmbito nacional e participando de cúpulas internacionais de destaque, com as discussões no âmbito da ICAO e a criação do CORSIA. É neste contexto que, em fevereiro de 2018, o Ministério do Meio-Ambiente e Energia conduziu um estudo para a definição de instrumentos para promoção de SAF no país. A Diretiva (2018:10) estabeleceu a criação da Comissão de Investigação sobre Biocombustíveis na Aviação (conhecida como *Biojetutredningen*), que como o próprio nome define, analisaria a viabilidade do uso e da contribuição dos SAFs na transição energética e na redução dos impactos climáticos no setor, focado na promulgação de uma legislação específica para SAF. Naquele momento, o único instrumento vigente para redução das emissões da aviação era o *flygskatt* (Suécia, 2018).

O SOU 2019:11, redigido pela *Biojetutredningen* e emitido em resposta à Diretiva, foi publicado em março de 2019 com o título “Biojet para aviação”. O relatório identificou uma série de lacunas, dentre as quais a falta de clareza na capacidade produtiva de biomassas que poderiam servir como matéria-prima para a produção de SAF, a ausência de objetivos políticos claros para reduzir as emissões da aviação e questões legais que poderiam impactar um mandato sueco de SAF no âmbito da UE e da ICAO. Além disso, conforme delineado no SOU, foi definida a necessidade de instituição de uma *reduktionsplikt* para a aviação. Exigindo que a redução fosse medida pela diminuição da intensidade de carbono do combustível. Desta forma, a meta estabelecida impôs que a pegada de carbono dos QAVs fosse reduzida em pelo menos 0,8% a partir de 2021, aumentando anualmente até atingir o limite máximo de 27% em 2030, conforme os valores detalhados abaixo (ver [Figura 11](#)).

Figura 11 - Mandato de intensidade de carbono do *Reduktionsplikt* na aviação (2021-2030)



Fonte: Suécia (2019).

Esse amplo estudo conduzido pela Comissão também identificou que o caminho mais barato para a produção de SAF no país é por meio da rota HEFA obtida de gorduras residuais, enquanto a rota Fischer-Tropsch é a mais inviável economicamente. Por meio de uma estimativa dos valores para produção a partir das rotas de obtenção, também foi proposta a criação de uma taxa de obrigação, a *Pliktavgift*, aplicada aos fornecedores que não cumprissem a meta de redução de CO₂. De modo que a taxa seja “[...] alta o suficiente para que aqueles com uma obrigação de redução considerem mais vantajoso misturar biocombustível em quantidade suficiente do que não fazê-lo e pagar a taxa.” (Suécia, 2019, p. 202–204).

A legislação, neste contexto, foi concebida como uma ferramenta regulatória robusta o suficiente para mitigar as fragilidades observadas anteriormente em outras leis. Assim, mantendo a taxa acima do valor do biocombustível, o governo poderá transformar o instrumento em um poderoso motor de incentivo à transição energética no setor aéreo. Como afirmado no relatório, para que o setor produtivo atue na produção de SAF é necessário haver instrumentos promovendo sua utilização. A conjuntura interna para condução dos trabalhos, bem como o contexto político europeu no qual a Suécia estava inserida, foram demasiadamente favoráveis às definições das metas nacionais nos anos subsequentes. O principal motivo foi a criação de diversos mecanismos europeus voltados à temática ambiental que atualmente compõem a complexa estrutura política climática vista anteriormente, em sinergia com outros inúmeros instrumentos supranacionais do bloco.

Dentre os que possuem maior interesse para a presente pesquisa, está o Regulamento de Compartilhamento de Esforços (ESR — *Effort Sharing Regulation*), criado para suceder às ações do ESD e regulamentar as obrigações dos países-membros da UE no período entre 2021 e 2030, abrangendo os setores de energia, Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU), agricultura e resíduos, não abarcados pelo ETS (Comissão Europeia, 2018). Outro mecanismo central para a estrutura climática do bloco é o EGD, lançado no ano seguinte, em 11 de dezembro de 2019, como uma estratégia conjunta dos Estados-membros de resposta aos desafios climáticos. O EGD, por meio da adoção de inúmeras medidas, possibilitou a criação de um quadro legislativo climático europeu, que definiu a criação de uma nova meta de redução das emissões do bloco para, ao menos, 50% até 2030. Visando ainda um limite máximo de 55%, ambos considerando os níveis de 1990 (Comissão Europeia, 2019).

Além disso, promoveu a necessidade de alargamento dos setores abarcados pelo EU ETS e a atualização dos planos nacionais climáticos de forma alinhada com as ambições do bloco. No que diz respeito aos transportes, o Pacto também estabeleceu a redução de 90% das emissões provenientes de todas as formas de transportes até 2050, considerando para tanto a proposição de “alternativas mais baratas, acessíveis, saudáveis e limpas” do que as habituais. No âmbito dos transportes aéreos, a Comissão Europeia delineou a urgência no aumento da produção e o uso de SAF é um trabalho conjunto mais intensivo dos países-membros com a ICAO (Comissão Europeia, 2019). No ano seguinte, em 2020, o trabalho conduzido pela UE e seus Estados-membros para os setores de ESD registraram o primeiro resultado: uma redução acima do limite definido como meta. Em 2020 as emissões de ESD foram 16,3% inferiores às registradas em 2005, ficando 6,3% acima da meta. Diante do alcance do objetivo, o novo mecanismo criado em 2018, o ESR, entrou oficialmente em vigor e substituiu plenamente o ESD (Comissão Europeia, 2023b).

Ainda no final de 2020 a UE enviou à UNFCCC sua segunda NDC. Foi a partir da qual a meta climática do bloco foi atualizada para ser ainda mais ambiciosa. No contexto da assunção do novo compromisso, o bloco estava analisando a tramitação de sua política climática, de modo que o envio da NDC fortaleceria ainda mais a Lei do Clima europeia. Assim, os países-membros e a UE definiram a nova meta de reduzir pelo menos 55% das emissões da União até 2030, comparado aos níveis de 1990. Além disso, a meta vinculada ao ETS para 2030 foi fixada em 43%, considerando os registros de 2005. Por fim, nesta NDC também foram definidas as metas individuais dos Estados para os setores ESR. Dentre elas, apenas Suécia e Luxemburgo foram os países com metas de redução iguais a 40% para serem reduzidas até 2030, considerando para tal os níveis de 2005 (Alemanha; Comissão Europeia,

2020). Aliado ao *Green Deal*, em abril de 2023 a meta do ESR foi revista para reduzir 40% das emissões dos setores abarcados pelo Regulamento até 2030, considerando os valores de 2005 (Comissão Europeia, 2023b).

Após o início da vigência do CORSIA em 1º de janeiro de 2021, a Suécia passou a integrar oficialmente o mecanismo, em conjunto com os outros 43 países que integram a Conferência Europeia de Aviação Civil (ECAC — *European Civil Aviation Conference*) e os demais 87 Estados-membros da ICAO que também aderiram ao mecanismo em sua fase piloto (ICAO, 2020). Neste contexto, em meio a tantos avanços legislativos no âmbito das políticas supranacionais europeias e diante de um novo compromisso internacional, o *Regeringen* também aproveitou a conjuntura favorável para propor novas iniciativas baseadas nos estudos governamentais realizados anteriormente. Desta maneira, em março de 2021, o Ministério da Infraestrutura encaminhou ao *Riksdag* o Projeto de Lei (2020/21:135) da Obrigação de Redução para Querosene de Aviação. Vinculando oficialmente a obrigatoriedade de redução à Lei (2017:1201) que já definiu os critérios para emissões provenientes da gasolina e do diesel. Os valores fixados seguiram àqueles definidos no estudo anterior e apresentados sintetizados na tabela acima (ver [Figura 11](#)), visando reduzir a pegada de carbono dos QAVs (Suécia, 2017d, 2019).

Para garantir a redução da pegada de carbono dos QAVs, no entanto, desde 2021 a Swedavia possui uma taxa cobrada dos operadores aéreos a cada pouso e decolagem feito em um dos 10 aeroportos controlados pela estatal. Essas taxas são diferenciadas para cada aeronave operando nesses aeródromos, uma vez os critérios delas dependem do desempenho ambiental de cada avião. Além disso, por meio destas taxas, a Swedavia também consegue obter um controle e inventariamento da utilização e mistura de SAF nestes aeroportos (Klimat- och miljöminister, 2023; Swedavia Airports, 2025).

Já no âmbito legislativo europeu, a proposta de criação de uma estrutura jurídica climática foi aprovada e em 30 de junho de 2021, a UE adotou o Regulamento (UE) 2021/1119 que criou a Lei Europeia em Matéria de Clima, intitulada em inglês como *European Climate Law*. Desta forma, o bloco instituiu oficialmente o regime legal no qual as obrigatoriedades de redução das emissões seriam vinculados. Estabelecendo definitivamente a meta geral da UE assumida na segunda NDC do bloco (Parlamento Europeu; Conselho da União Europeia, 2021).

Para alcançar este enorme desafio rumo a uma Europa menos poluente até 2030, a UE estabeleceu a criação de um pacote de medidas que integraria as ações da Lei do Clima e do EGD. Denominado como Objetivo 55, ou *Fit For 55* na língua inglesa, o pacote foi criado em

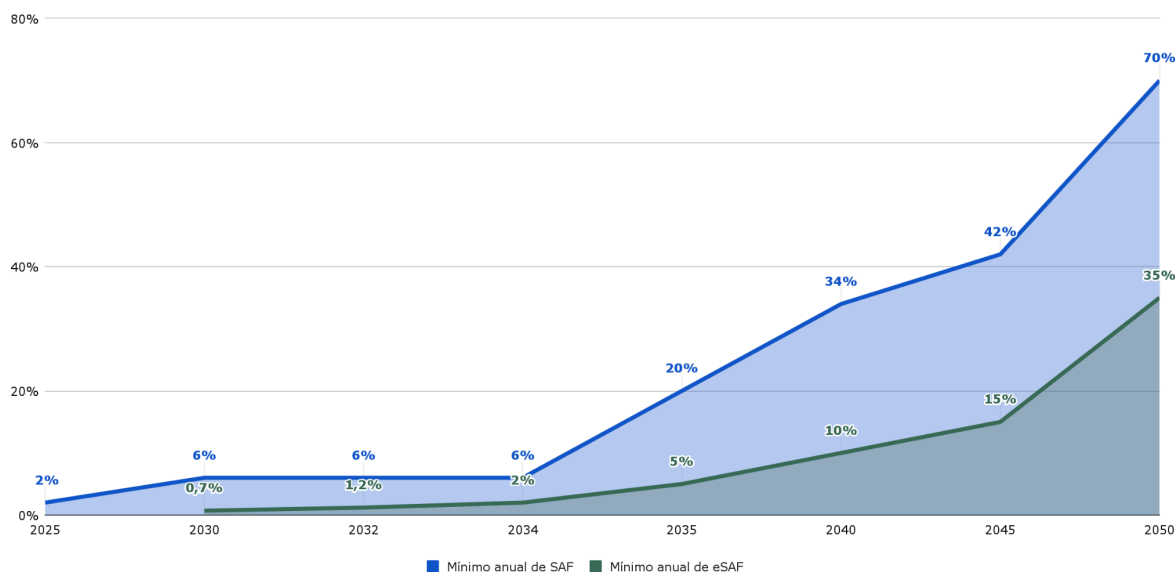
14 de julho de 2021, durante a presidência sueca do Conselho da União Europeia, para adequar a UE e seus Estados-membros na concretização das transições necessárias para o atingimento da referida meta. Para tanto, a Comissão Europeia propôs que os setores abarcados pelo EU ETS deverão, até 2030, reduzir suas emissões em 61% aos níveis de 2005. O objetivo foi alargar ainda mais os setores abarcados pelo Sistema, de modo que a maior quantidade possível de setores poluentes sejam compreendidos pelas metas. É neste sentido, inclusive, que a aviação europeia internacional também passou a ser regulamentada sustentavelmente pelo CORSIA. A fim de complementar a legislação europeia nos termos do Objetivo 55 (Comissão Europeia, 2021; Conselho da União Europeia, 2023).

Em 16 de outubro de 2023, uma versão atualizada da segunda NDC foi oficialmente apresentada pela UE, tornando definitiva a meta de redução definida pela Lei do Clima, atualizando os critérios de clareza e transparência das informações sobre a estrutura política climática do bloco e apresentando as metodologias para implementação da NDC intra-bloco (Espanha; Comissão Europeia, 2023; Dinamarca *et al.*, 2025). Dias depois, uma nova medida foi adotada pela UE no âmbito do Objetivo 55: a criação da iniciativa ReFuelEU Aviation.

Criada por meio do Regulamento (EU) 2023/2405 e aprovada em 31 de outubro de 2023, este mecanismo definiu as regras para harmonização do uso e do fornecimento de SAF para voos comerciais no continente europeu. Com efeito, a iniciativa oficializou um mandato de SAF para a UE, definindo que os operadores aéreos em aeroportos da União⁷ devam assegurar porcentagens mínimas de SAF que se iniciam a partir de 2% em 2025 e aumentarão anualmente até atingir a mistura máxima de 70% em 2050. Além disso, conforme detalhado no gráfico abaixo (ver [Figura 12](#)) o mecanismo também prevê a meta mínima de utilização de Combustíveis Sintéticos de Aviação Elétrica (eSAF — *Electric-Synthetic Aviation Fuel*) para cada período do mandato. Iniciando em 0,7% a partir de 2030 até compor um mandato dividido igualmente entre SAF e eSAF, que chegará à porcentagem mínima de 35% de eSAF em 2050.

⁷ Segundo o Regulamento (EU) 2023/2405, são considerados como aeroportos da União aeródromos com tráfego de passageiros superior a 800 mil pessoas ou de cargas superior a 100 mil toneladas, desde que não estejam situados em regiões periféricas do bloco.

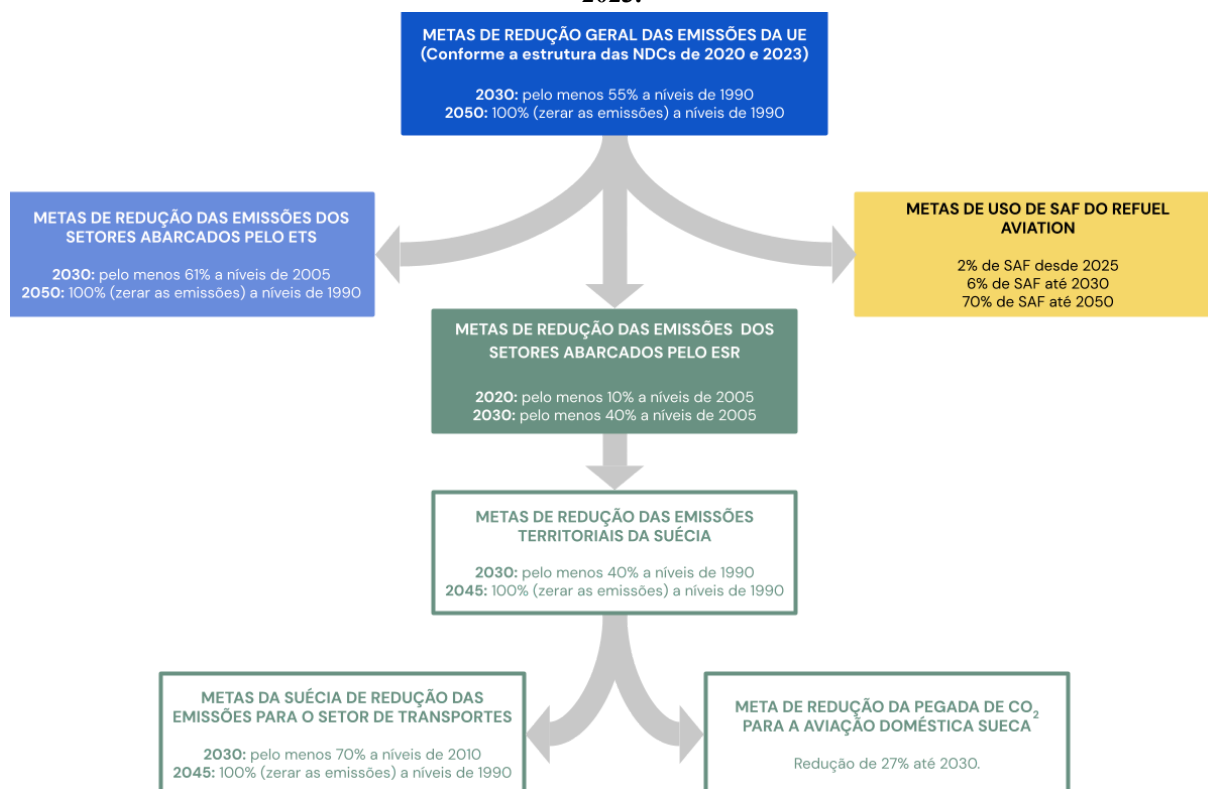
Figura 12 - Progressão das metas mínimas de uso de SAF e eSAF do mandato ReFuelEU Aviation (2025-2050).



Fonte: Elaboração e diagramação própria a partir dos dados da Comissão Europeia (2023a).

A centralidade do ReFuelEU Aviation está na condição de tornar vinculante para toda a União a obrigação das entidades de administração aeroportuárias facilitarem o fornecimento e acesso ao SAF nos aeroportos da UE e das operadoras aéreas serem obrigadas a utilizarem estes biocombustíveis. Ademais, além da utilização de SAF o regulamento europeu também prevê uma alta utilização de eletrocombustíveis, diversificando a matriz energética para abastecimento de aeronaves em todo o continente e criando um mercado para além do SAF *drop-in* (Comissão Europeia, 2023a). Diante de tantos mecanismos, metas e objetivos distintos, a figura abaixo (ver [Figura 12](#)) sintetiza todas as medidas supranacionais vigentes na UE e os objetivos internos da Suécia, a partir da submissão da segunda NDC europeia.

Figura 13 - Diagrama das metas de redução e uso de SAF na UE e na Suécia conforme a NDC de 2020 e 2023.



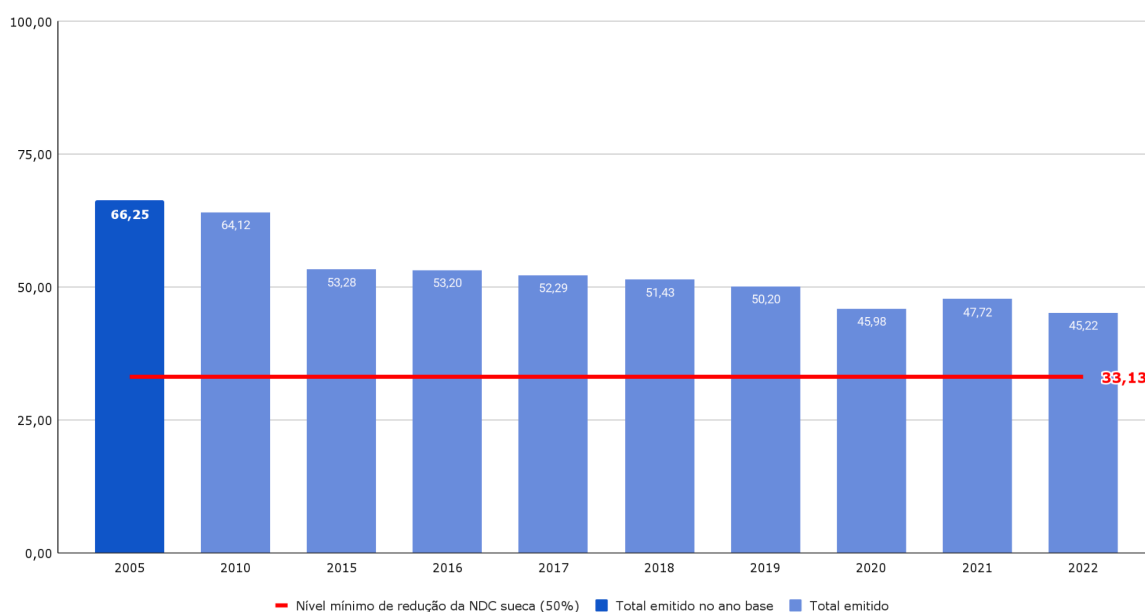
Fonte: Elaboração e diagramação própria a partir dos dados da Suécia (2017d, 2019), Alemanha e Comissão Europeia (2020), Comissão Europeia (2021, 2023a), Regeringen (2021), Espanha e Comissão Europeia (2023), Dinamarca e Comissão Europeia (2025).

No que diz respeito às metas de redução das emissões, é necessário compreender anteriormente como é realizada a metodologia de contabilidade. Diferentemente de outros países, na Suécia, o setor de LULUCF funciona como um grande sumidouro de carbono por meio da absorção dos GEEs. Diante disso, as emissões suecas, e de demais países que possuem essa particularidade, consideram duas formas distintas, porém complementares, de inventariar as emissões. A primeira forma considera as emissões territoriais (ou brutas) para o inventariamento e são compostas pela soma do valor total emitido pelos setores de energia, IPPU, agricultura e resíduos. A segunda forma considera as emissões líquidas, sendo a diferença direta entre a quantidade das emissões territoriais e o total removido pelo setor de LULUCF.

Desta forma, no âmbito do compromisso assumido pelo governo da Suécia na NDC submetida à UNFCCC em conjunto com demais países europeus, a redução das emissões em 50% até 2030, quando considerados os níveis de 2005, dizem respeito às emissões territoriais do país, representadas graficamente abaixo (ver [Figura 14](#)). Em termos absolutos, conforme as emissões inventariadas pelo Escritório Central de Estatísticas da Suécia (SCB — *Statistiska*

Centralbyrån), as emissões territoriais devem manter-se abaixo ou iguais a 33,13 MtCO₂e. Apesar da meta ainda não ter sido atingida, desde 2015 o país já reduziu as emissões territoriais em 31,74% (Statistiska Centralbyrån, 2025c).

Figura 14 - Emissões territoriais da Suécia em comparação às metas NDC (em MtCO₂e).



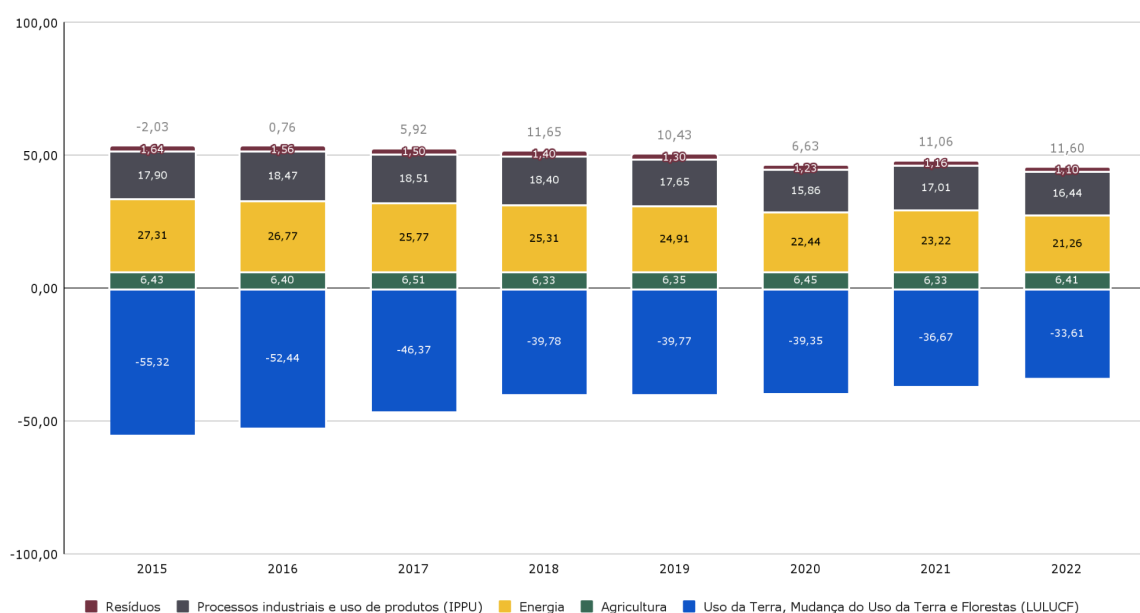
Fonte: Elaboração e diagramação própria a partir dos dados do SCB (2025c).

Além disso, o Estado também definiu como um objetivo complementar tornar-se um país carbono neutro até 2045, cinco anos antes da própria UE, que projeta esta mesma meta para o ano de 2050. O objetivo da Suécia implica, desta forma, uma redução de 85% das emissões líquidas quando comparadas aos níveis de 1990, de modo que o país utilizará a captura de CO₂ do setor de LULUCF para alcançar os 15% restantes. Desta maneira, as emissões líquidas pós-2045, segundo as projeções governamentais, deverão ser negativas (Regeringskansliet, 2021; Naturvårdsverket, 2025). Como pode ser observado no gráfico abaixo (ver [Figura 15](#)), a maioria das emissões são compensadas pela absorção de CO₂ do setor de LULUCF (cor azul), que reduzem drasticamente o impacto climático e resultando em uma emissão líquida significativamente mais baixa, totalizando apenas 11,60 MtCO₂e em 2022.

O maior desafio, no entanto, está nas emissões oriundas dos setores de energia e IPPU. Identificados respectivamente pelas cores amarela e cinza, ambos os setores corresponderam por 37,70 MtCO₂e das emissões líquidas em 2022, atingindo 83,37% do total emitido naquele ano. No que diz respeito às emissões de energia, o principal componente destas emissões

setoriais é o setor de transportes, que do total emitido em 2022 (21,26 MtCO₂e) foram responsáveis por 65,65% do total, emitindo 13,95 MtCO₂e. Já o IPPU é outro grande emissor no país, pois reflete diretamente a base industrial nacional. Somente em 2022, o total de emissões da indústria foi de 15,23 MtCO₂e, representando 92,65% da quantidade registrada pelo setor. O impacto está, principalmente, na dificuldade de descarbonização das atividades industriais que, muitas vezes, incluem reações químicas inerentes aos próprios processos industriais, como a produção e utilização de cimento. Evidenciando a complexidade do processo de redução das emissões no país.

Figura 15 - Total das emissões líquidas suecas por setor emissor (em MtCO₂e).



Fonte: Elaboração e diagramação própria a partir dos dados do SCB (2025c).

No que diz respeito às emissões da aviação, mesmo que os órgãos internacionais tenham convencionado a não contabilização oficial das emissões das operações aéreas internacionais para os inventariamentos nacionais, territoriais ou líquidos, é crucial analisar as implicações das emissões dos voos internacionais no contexto deste estudo. Dentre as emissões do setor de transportes, tem-se que as emissões decorrentes dos voos internacionais operados sobre a Suécia em 2023 foram cerca de seis vezes maiores que as emissões da aviação doméstica, como pode ser analisado no gráfico abaixo (ver [Figura 16](#)).

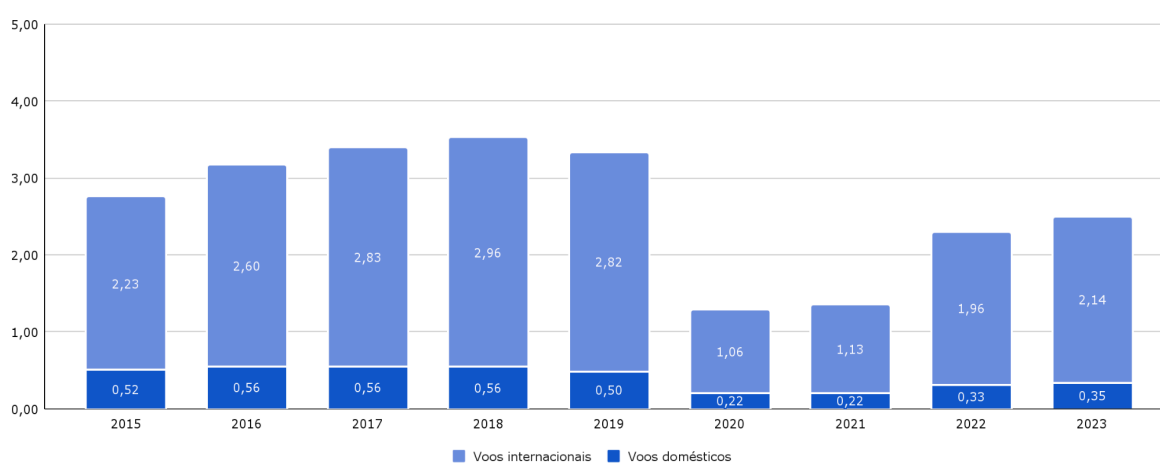
Um dos principais motivos são as alternativas de mobilidades disponíveis no país, uma vez que há no território nacional uma ampla variedade de meios, como o transporte ferroviário. A forma mais utilizada pela população para os trajetos internos depois dos

transportes rodoviários. Outro fator central é o impacto do *flygskatt* durante sua vigência. Dado que a aplicação do imposto ocorreu apenas sobre as viagens aéreas domésticas que, durante a pandemia, foram comprometidas integralmente diante das restrições em todo o mundo. Diante deste duplo desafio, a aviação doméstica do país não conseguiu se recuperar até os dias atuais. Paralelamente, os voos internacionais, livres de qualquer taxa sobre voos, tiveram um crescimento ascendente com previsão de superar em breve os números pré-pandemia.

Além disso, conforme dados disponibilizados pela IATA (2024c), cerca de 93% dos passageiros que chegam ao país finalizam suas viagens no ponto de entrada ou continuam suas viagens por meios de transportes distintos do aéreo. De tal maneira que, apenas 2% de todos os passageiros internacionais que chegam ao país continuam as viagens utilizando conexões domésticas. Tornando notável, portanto, a magnitude da aviação internacional neste contexto. Ademais, somente a Suécia é responsável por 1,6% do tráfego regional internacional de passageiros da Europa, conectando-os diretamente com 167 aeroportos internacionais em mais de 51 países ao redor do mundo (IATA, 2024c).

Quando analisados os valores do setor de aviação doméstica, ainda que as emissões sejam menores do que as internacionais, em 2022 ela foi responsável pela terceira maior quantidade de emissões dentre todas as formas de transportes suecas, emitindo 0,33 MtCO₂e. Atrás apenas das emissões decorrentes das navegações marítimas (0,69 MtCO₂e) e dos transportes rodoviários (12,89 MtCO₂e).

Figura 16 - Quantidade de emissões da aviação sueca (em MtCO₂e).



Fonte: Elaboração e diagramação própria a partir dos dados do SCB (2025a, 2025b).

Uma vez apresentado o quadro legislativo e sueco, bem como a forma na qual eles se interseccionam com a realidade das emissões do país, é necessário compreender neste momento as potencialidades para SAF no território nacional. As matérias-primas identificadas com alguma viabilidade de produção de SAF são os resíduos florestais, o CO₂ biogênico e a eletricidade renovável. Permitindo que a produção nacional seja concentrada em duas possibilidades: a primeira, por meio de biocombustíveis avançados de primeira e segunda geração obtidos dos resíduos florestais; e a segunda, através da eletrificação e do uso de hidrogênio, que aliados a tecnologias de Captura, Utilização e Armazenamento de Carbono (CCUS — *Carbon Capture Use and Storage*) podem ser fontes viáveis para produção de eSAF com potencial para reduzir as emissões da aviação no longo prazo (Lai *et al.*, 2022).

A utilização de métodos de CCUS como a captura de CO₂ por DAC podem ser viáveis na Suécia pelo alto impacto positivo das florestas nas emissões nacionais. Uma vez que as atividades de LULUCF, como visto anteriormente, já contribuem para uma enorme redução nas emissões do país. Neste sentido, conforme o estudo conduzido por Hansson *et al.* (2017, p. 7), a produção de eletrocombustíveis a partir de CO₂ biogênico recuperável conseguiria atender toda a demanda do setor de transportes. Segundo a projeção feita, usando todas as fontes pontuais de CO₂ identificadas no estudo para produção de eSAF de CH₄ seria possível produzir aproximadamente 224 TWh anuais. Este valor é 2,8 vezes maior que a demanda nacional por energia. A título de comparação, a energia utilizada pelo setor sueco de transportes foi de 77,8 TWh em 2023, dos quais somente 1,1 TWh no setor de aviação, o terceiro maior consumidor (Energimyndigheten, 2025b).

Apesar de promissora, a realidade ainda é bastante diferente, como aponta o estudo conduzido pela iniciativa Suécia Livre de Fósseis (FFS — *Fossilfritt Sverige*). Para orquestrar a ambiciosa meta de neutralidade climática até 2045, o *Regeringen* lançou a FFS em 2015 como uma plataforma de governança para catalisar a transição energética no país, coordenando *stakeholders* públicos e privados em prol da meta climática. Dentre os estudos e *roadmaps* elaborados pela FFS está o “Roteiro estratégico para competitividade na transição de combustíveis livre de emissões na indústria da aviação” publicado em 2018 em conjunto com a Associação Sueca de Interesses da Aviação (SF — *Föreningen Svenskt Flyg Intresse*). Nele, a FFS e a SF apresentaram que a produção de biocombustíveis no país pode ser mais cara do que a importação de outros países, como os vizinhos nórdicos. No que diz respeito à eletrificação, o baixo grau de maturidade tecnológica impede que essa seja uma das apostas para a redução das emissões da aviação no médio prazo.

Contudo, as organizações ressaltam que os desafios para produção de SAF e eSAF não é exclusivamente técnica, mas também produtiva e mercadológica. Uma vez que existem inúmeros obstáculos logísticos e de suprimento, tanto quanto de consumo e competitividade dos preços. Desta maneira, a promoção dos SAFs e eSAFs também está majoritariamente relacionada às prioridades econômicas, políticas e legislativas. A atuação governamental é ainda mais imperativa quando considerada a incerteza dos investimentos de longo-prazo requeridos para esse tipo de operação, o que dificulta a aplicação de capital privado, que visa o retorno financeiro no curto-prazo. Como destacaram a FFS e a SF, para que estes investimentos ocorram é necessário que as políticas, as regulamentações e os objetivos sejam claros e previsíveis. Características que, conforme analisado neste capítulo, nem sempre estão presentes na implementação da política climática sueca. Sem a certeza da continuidade da demanda e da estabilidade regulatória no longo prazo, o ciclo de produção, desenvolvimento e uso dos SAFs e eSAFs se torna economicamente incerta (Föreningen Svenskt Flyg Intresse; Fossilfritt Sverige, 2018).

O mecanismo de *reduktionsplikt* neste sentido preenche uma parte considerável da lacuna para a neutralidade das emissões da aviação doméstica. Ainda que a obrigação da redução não seja focada integralmente na utilização de biocombustíveis, por meio da diminuição da pegada de CO₂ dos QAVs o governo pode ampliar as pesquisas e o desenvolvimento de SAF no país. Além disso, a aprovação do mandato do ReFuelEU Aviation, por possuir metas mínimas de utilização de eSAFs poderá fortalecer a necessidade de que seus Estados-membros invistam na promoção de estudos sobre estes biocombustíveis ao nível nacional. Tanto o mandato europeu, quanto o mandato nacional, criam a previsibilidade de demanda que o mercado exige para ampliar os investimentos privados em SAF. A aplicação do imposto *pliktavgift*, neste contexto, pode ser a ponte necessária para que as empresas passem a investir no desenvolvimento de SAFs e eSAFs a fim de evitar o pagamento da taxa.

Apesar do avanço legislativo, a questão produtiva ainda é um grande desafio para o país. Uma das possibilidades, caso a produção local não avance nos próximos anos, é utilizar a diplomacia energética nórdica como uma aliada. Dado que a petrolífera finlandesa Neste é a principal produtora de SAF do mundo, com uma produção global superior a 1,8 bilhão de litros de SAF por ano. Apenas com 45% da produção da empresa seria possível atender integralmente a demanda por combustível do mercado aeronáutico sueco doméstico e internacional, que em 2023 consumiu 824 milhões de litros (Marszałek; Lis, 2022; Energimyndigheten, 2025a; Neste, 2025). Quando comparado com os países imediatamente

fronteiriços, o mandato do *Reduktionsplikt* é mais ambicioso que o norueguês, aprovado em 2020, mas em termos produtivos ambos os países ficam na retaguarda da Finlândia, que não possui qualquer meta de uso de SAF. Para Kaasinen (2021, p. 37), essas características fazem da Suécia “[...] um líder incontestável na aviação sustentável”, pois ela consegue reunir tanto os critérios legislativos quanto os produtivos. Dado que além de possuir a capacidade produtiva necessária, a indústria nacional também tem metas de intensidade a serem atingidas até 2030. A união necessária para criar um mercado doméstico de SAF.

Para compreender como o cenário legislativo pode contribuir para uma liderança na área de produção de biocombustíveis para a aviação civil, é necessário analisar o histórico de iniciativas e *stakeholders* que estão envolvidos nesta temática desde os primeiros avanços nacionais. Neste contexto, o subcapítulo a seguir focará no mapeamento das entidades e empresas envolvidas em avanços rumo à descarbonização do setor aéreo. Por fim, serão mapeadas as iniciativas para produção de SAF no país, a fim de compreender o cenário produtivo nacional, a capacidade produtiva e as tendências de rotas utilizadas.

5.2 CONHECENDO OS *STAKEHOLDERS* E INICIATIVAS DE SAF

Conforme visto ao longo do subcapítulo anterior, a existência de iniciativas governamentais é a principal via para fortalecer o crescimento do desenvolvimento de SAFs e eSAFs no país, de modo a incentivar o setor privado a investir na produção desses biocombustíveis. Diante dos inúmeros projetos relacionados à neutralização das emissões da aviação existentes na Suécia e a descontinuidade de muitos deles, na análise a seguir serão considerados apenas os projetos com maior relevância para a temática objeto de estudo do presente trabalho. No entanto, antes da análise das iniciativas de produção, é necessário compreender os estudos realizados no país para avaliar a viabilidade e desafios destes tipos de projetos.

Um fator de destaque na descarbonização do setor aeronáutico da Suécia é a cooperação internacional com os demais países da região. Justamente neste contexto de diplomacia energética em prol da aviação que foi criada em junho de 2014, a Iniciativa Nórdica para a Aviação Sustentável (NISA — *Nordic Initiative for Sustainable Aviation*). A iniciativa integra o conjunto de mecanismos criados pelo Conselho Nórdico de Ministros (NCM — *Nordic Council of Ministers*) para colaboração em temas comuns à Dinamarca, Finlândia, Groenlândia, Ilhas Aland, Ilhas Faroe, Islândia, Noruega e Suécia. Neste caso, a NISA foi criada com o foco específico para a cooperação nórdica em matéria de combustíveis sustentáveis e propelentes para a aviação, promovendo o estreitamento dos laços entre as

agências reguladores, as companhias aéreas e demais *stakeholders* desses e de outros países (NISA, 2021).

O primeiro deles foi lançado no período entre março e outubro de 2017, quando a consultoria bioeconômica NiNa Innovation em conjunto com a SEKAB E-Technology, a estatal Swedavia, a operadora aérea multi-nacional Scandinavian Airlines System (SAS) e a empresa de silvicultura Bergvik Skog (atual Bergvik Skog Öst) que conduziram o estudo de viabilidade intitulado “*ForestJet Projektet*”. Com enfoque na produção de SAF a partir do aproveitamento do açúcar da celulose, a análise concluiu que a instalação de uma unidade fabril deveria ocorrer no formato de um consórcio nacional para financiar todas as etapas do projeto. Segundo o estudo, o investimento necessário seria da ordem de 5 a 10 bilhões de coroas suecas (SEK) por um período de 10 anos. Em termos de matéria-prima para a produção, seriam necessários mais de 2,5 milhões de m³ anuais de insumos como lenha, lascas de madeira e serragem para a produção do biocombustível (Föreningen Svenskt Flyg Intresse; Fossilfritt Sverige, 2018, p. 31–32; NiNa Innovation, 2018).

Cerca de um ano depois, em setembro de 2018, a SAS e a Swedavia lançaram em conjunto com os Institutos de Pesquisas da Suécia (RISE — *Research Institutes of Sweden*) o projeto “Transporte Aéreo Livre de Fósseis 2045 (FFT 2045 — *Fossilfritt Flyg 2045*)”. Financiado pela Agência Sueca de Energia (SWEA — *Energimyndigheten*), o FFT 2045 tinha como intuito criar uma rede interconectada de pesquisas e iniciativas para atingir a neutralidade das emissões da aviação doméstica até 2045. Em janeiro de 2021, os *stakeholders* envolvidos publicaram o relatório “Aviação Livre de Fósseis 2045: Ações, obstáculos e necessidades”, onde demonstraram a capacidade de liderança do país dado o acesso à matriz elétrica verde, a existência de matérias-primas sustentáveis no território nacional e o aspecto do espaço aéreo com baixo tráfego de aeronaves que permite a execução de testes de novas soluções. Características que, apesar, de também dependerem do respaldo das políticas públicas para a aviação, quando alinhadas podem tornar a Suécia no “[...] primeiro país do mundo com políticas de bem-estar social livre de combustíveis fósseis” (Fossilfritt Flyg 2045, 2021, p. 15).

Já em novembro de 2018, a empresa especializada na conversão de usinas de cogeração em refinarias, a BioShare, anunciou o início de um estudo de viabilidade para o projeto intitulado “Produção de combustível de aviação integrada à cogeração”. O objetivo foi realizar a produção de biocombustíveis em coprodução com usinas de aquecimento urbano, que permitem, a partir da purificação de gases obtida, serem convertidos em SAF por meio da rota FT. Os testes foram realizados na Usina Hedenverket, administrada pela empresa

municipal Karlstads Energi que também integrou o projeto. O estudo recebeu o financiamento de pouco mais de SEK 2,6 milhões e teve como parceiros a Hulteberg Chemistry & Engineering, a Fly Green Fund (FGF), a Paper Province e a Universidade de Lund (LU — *Lunds Universitet*). O estudo foi encerrado em fevereiro de 2020 e não há informações sobre a capacidade produtiva da unidade ou se o projeto terá continuidade (Bioeconomy Regions, 2020; Energimyndigheten, 2020a, 2023b).

Seguindo a mesma linha de produção de SAF por meio da rota FT, também em novembro de 2018, a Universidade Técnica de Luleå (LTU — *Luleå Tekniska Universitet*) iniciou uma pesquisa de “Validação e demonstração de biocombustíveis à base de florestas” para avaliar a viabilidade de produção de SAF obtido por meio da rota FT-SPK a partir do licor negro resultante dos processos industriais de papel e celulose. O projeto foi financiado pela SWEA em aproximadamente SEK 2,6 milhões e avaliou toda a cadeia produtiva desde as matérias-primas até a distribuição nos aeroportos. O projeto foi apoiado pelas alemãs Arvos Schmidtsche Schack e Ineratec, além das companhias Braathens Regional Airlines (BRA) e SAS, também pela FGF, os Institutos RISE e a SkyNRG. Integraram ainda as empresas do ramo de papel e celulose Smurfit Kappa e Sveaskog. Além da participação da Associação Sueca de Bioenergia (Svebio — *Svenska Bioenergiföreningen*) e do apoio da KLM e Swedavia (Energimyndigheten, 2020c, 2023b; LTU, 2020).

Ainda em novembro de 2018, a subsidiária da RISE para projetos inovadores, a RISE Innventia, anunciou o lançamento do projeto “Do cavaco de madeira ao avião em Småland (FFSmåland)” para avaliar o potencial produtivo de SAF a partir dos resíduos florestais na cidade de Växjö, localizada no condado de Småland. Na cidade está instalada a cooperativa de silvicultura Södra Skogsägarna, e segundo a análise, as instalações possuem uma capacidade produtiva para 20 mil litros anuais de SAF. As empresas neerlandesas KLM Royal Dutch Airlines e a SkyNRG também participaram do projeto em conjunto com a LTU, a administração do Aeroporto de Växjö-Kronoberg, a municipalidade de Växjö e a empresa municipal Växjö Energi. O projeto recebeu financiamento de SEK 2,6 milhões da SWEA e foi concluído em outubro de 2020 (Energimyndigheten, 2020b, 2023b).

Na virada de 2018 para 2019, o projeto ForestJet entrou em uma nova fase e foi intitulado ForestJet II. Deixando de ser um estudo de viabilidade e passando para a etapa de implementação. Além de continuar a pesquisa anterior, esta segunda fase também teria como objetivo definir a localização adequada para a unidade fabril e definir o valor de mercado do biocombustível com base nos custos operacionais. Com o avanço, a subsidiária sueca da Air BP e a estatal finlandesa Gasum Oy também passaram a integrar a iniciativa. Entretanto,

desde o fim do projeto em dezembro de 2019, nenhuma informação foi atualizada sobre a continuidade da iniciativa. A capacidade produtiva também não foi informada em nenhuma das etapas (Bioenergitidningen, 2018).

Em julho de 2019, a LU anunciou o projeto “Perspectivas sistêmicas sobre a produção sueca de biocombustíveis para aviação”. Financiado pela SWEA em pouco mais de SEK 3,3 milhões, o intuito foi analisar a produção de SAF através das rotas HEFA e FT, além do uso de técnicas como a pirólise e a Liquefação Hidrotérmica (HTL — *Hydrothermal Liquefaction*) que permitem a produção de combustível a partir de matérias-primas como celulose, lignina, resíduos florestais e subprodutos provenientes das atividades de silvicultura. As conclusões apresentadas foram de que uma maior oferta de biomassa florestal poderia dar um salto na produção energética da matriz nacional de 27 a 37 TWh até 2030 e 34 a 45 TWh até 2050. No entanto, novamente os custos produtivos foram apresentados como um grande desafio para o atingimento das metas de intensidade, uma vez que não há, desde a época do estudo, nenhuma cadeia produtiva comercial que use essas tecnologias analisadas. Após a conclusão dos estudos, o projeto foi finalizado em dezembro de 2021 (Lunds Universitet; Energimyndigheten, 2021; Energimyndigheten, 2021b, 2023b). No entanto, a rota de HEFA foi identificada como um método que pode ser utilizado neste período transitivo, uma vez que já há uma alta comercialização internacional de SAF utilizando o método. Ainda que seja necessário disputar o SAF produzido no mercado mundial e competir com a distribuição para os demais países inseridos no CORSIA a partir de 2027.

Também em julho de 2019, o Instituto Sueco IVL de Pesquisa Ambiental (IVL — *IVL Svenska Miljöinstitutet*) conduziu um estudo intitulado “Cenário competitivo do biocombustível para aviação: efeitos da altitude, carbono, clima e custo-benefício” onde foram avaliados os impactos das emissões de CO₂ e os efeitos dessas emissões nas diferentes altitudes na atmosfera. A pesquisa foi conduzida com financiamento de aproximadamente SEK 1,6 milhão da SWEA e contou com a participação da SAS, da Swedavia e do Instituto Meteorológico e Hidrológico Sueco (SMHI — *Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut*). Entretanto, desde a finalização do projeto em 2021, nenhum resultado ou nova informação foram divulgadas (Energimyndigheten, 2021a, 2023b; IVL, 2024).

Em um avanço regional, foi lançada em outubro de 2019 a primeira Rede Nórdica para a Aviação Elétrica (NEA 1.0 — *Nordic Network for Electric Aviation*). Financiada pela Nordic Innovation, em conjunto com a NISA, este consórcio foi criado para promover a eletrificação aérea como uma ferramenta de redução das emissões da aviação regional nórdica e aumento na acessibilidade aérea destes países (Nordic Innovation, 2025a). Até a

descontinuidade do projeto em dezembro de 2022, o consórcio da NEA 1.0 contou com a participação de partes interessadas essenciais para a aviação dos países membros do Conselho Nórdico. Como as operadoras aéreas Air Greenland, BRA, Islandair e SAS. Além das operadoras aeroportuárias estatais Avinor, Finavia, Isavia e Swedavia. Integraram a iniciativa as fabricantes de aeronaves Efly, que atualmente desenvolve um avião anfíbio elétrico, e a Heart Aerospace, que também criou uma aeronave híbrida elétrica, a Heart X1, a ser testada entre 2025 e 2026. Também compuseram a lista de *stakeholders* desta primeira fase a administração do Aeroporto de Copenhague, a associação de Aeroportos Regionais da Suécia (SRF — *Sveriges Regionala Flygplatser*) e o projeto de cooperação internacional de testes aeroespaciais Green Flyway (NEA, 2025).

Desta fase inicial resultou o primeiro relatório da NEA 1.0, intitulado “Modelos de negócios para a aviação elétrica nórdica”. No documento, foi apresentada uma ferramenta de análise de rotas aéreas que permitiram às partes interessadas identificarem e proporem as 20 rotas mais curtas e viáveis entre os países nórdicos nas quais as primeiras aeronaves elétricas poderão operar no futuro. Ainda conforme o estudo, a grande vantagem dessas aeronaves será a redução nos custos com combustíveis que atualmente compõem 33,4% de todo o custo das operadoras aéreas (Richter; Witt, 2017 *apud* Hellesund; Efly Group, 2022). Desta forma, os voos poderão ficar mais baratos para o público e um novo mercado competitivo para as companhias com aeronaves elétricas será criado, de modo que a operação destes aviões levará a custos operacionais muito próprios deste tipo de aeronaves que, distintamente das empresas aéreas convencionais, serão significativamente menores.

No mês seguinte, em agosto de 2021, a SAAB iniciou um estudo nomeado “Aviação sustentável sueca: Avaliação de tecnologias e capacidades até 2045” em conjunto com a Universidade Técnica Chalmers (CTH — *Chalmers Tekniska Högskola*), a Universidade de Linköping (LiU — *Linköpings Universitet*) e a subsidiária sueca da GKN Aerospace. O projeto avaliou os impactos que as melhorias nas tecnologias aeronáuticas e as novas aeronaves causarão nas rotas aéreas atualmente existentes e naquelas que serão criadas. O objetivo foi verificar quais as rotas e tecnologias poderiam ser mais vantajosas para os países escandinavos. Segundo o relatório final apresentado em 2023, o hidrogênio tem “grande importância para a transição ambientalmente amigável dos setores de transportes aéreos na Suécia e na Escandinávia”, sendo necessário o desenvolvimento de uma infraestrutura que permita a produção de H₂ (Energimyndigheten, 2023b, 2025a; SAAB *et al.*, 2023).

Diante dos avanços tecnológicos, legislativos e operacionais, a Nordic Innovation decidiu apoiar a continuidade dos trabalhos do NEA criando uma versão 2.0 do projeto a ser

desenvolvido no período entre 2023 e 2026. Desta vez, o consórcio atuará em quatro eixos: I) Padronização; II) Conectividade; III) Atividades intra-nórdicas; e IV) Cooperação. O objetivo do NEA 2.0 é desenvolver a infraestrutura e a tecnologia dos países envolvidos para suportar a eletrificação da aviação regional nos próximos anos. Além disso, o trabalho de governança da iniciativa também visa aumentar a consciência política dos governos e do público nórdico acerca da eletrificação aeronáutica (Nordic Innovation, 2023, 2025b).

Considerando esses estudos apresentados, o quadro abaixo (ver [Quadro 5](#)) apresenta a síntese de todos os 11 projetos analisados neste trabalho, dos quais apenas um continua vigente em 2025 e é focado apenas na análise técnica da produção de SAF.

Quadro 5 - Estudos conduzidos na Suécia com foco na descarbonização da aviação doméstica.

Data	Iniciativa	Capacidade anual (em litros anuais)	Rota de obtenção	Status	Foco principal
03/2017	ForestJet I	-	-	Finalizado	Estudo de viabilidade produtiva.
09/2018	FFT 20245	-	-	Finalizado	Relatório de capacidade produtiva.
11/2018	Bioshare	-	FT	Finalizado	Estudo de viabilidade produtiva.
11/2018	LTU	-	FT-SPK	Finalizado	Estudo de viabilidade produtiva.
11/2018	FFSmåland	20 mil	-	Finalizado	Estudo de viabilidade produtiva.
12/2018	ForestJet II	-	-	Finalizado	Estudo de viabilidade produtiva.
07/2019	SWEA	-	HEFA e FT	Finalizado	Relatório de capacidade produtiva.
07/2019	IVL	-	-	Finalizado	Análise dos impactos do SAF.
10/2019	NEA 1.0	-	-	Finalizado	Análise de rotas aéreas operadas com SAF.
08/2021	SAAB	-	-	Finalizado	Relatório de capacidade técnica.
01/2023	NEA 2.0	-	-	Vigente	Relatório de capacidade técnica.

Fonte: Elaboração própria.

Portanto, com base nos estudos realizados, o mercado doméstico de biocombustíveis pôde compreender quais rotas são mais viáveis, as matérias-primas que podem ser utilizadas com mais eficiência e, principalmente, quais regiões do país podem receber as plantas fabris. A ampla participação das universidades suecas é um fator crucial para consolidar as pesquisas e principalmente a aplicação de novas tecnologias, sobretudo considerando o alto grau de inovação do país. A consolidação da academia no desenvolvimento de SAF ao nível doméstico é benéfico para o setor aeronáutico por serem, em sua maioria, pesquisas de médio a longo prazo, que podem dispor de amplo financiamento para tal. Uma característica que, no contexto das empresas privadas, é reduzida ou inexistente, diante dos altos custos necessários para realizar o investimento em PD&I.

Apesar do claro avanço realizado por meio dos estudos no pós-*Reduktionsplikt*, o principal desafio sueco residia na capacidade de oferta de SAF. Assim, serão mapeados a

seguir as principais iniciativas de engajamento das companhias aéreas que surgiram em resposta a esta demanda regulatória. Uma vez que é deste contexto de ampla participação governamental e estatal que foram engendradas as primeiras iniciativas para distribuição e uso de SAF, além da realização de voos experimentais e novos acordos realizados pelas companhias, que possuem forte participação nestes projetos.

Em junho de 2014, a primeira iniciativa promovida por *stakeholders* aeroportuários foi concretizada por meio da instalação da primeira estrutura de armazenamento e abastecimento de biocombustíveis de aviação da Europa, no Aeroporto de Karlstad. O projeto realizado em parceria com a SkyNRG e a Statoil Aviation possibilitou a realização dos dois primeiros voos operados com SAF na Suécia. Ambos aconteceram no dia 26 de junho de 2014, o primeiro foi realizado pela British Midland Regional (flyBMI) no voo entre Karlstad e Frankfurt. O segundo voo, por sua vez, foi realizado pela sueca Nextjet no trecho entre Karlstad e Stockholm (GreenAir News, 2014). Desde então, a administração de Karlstad permitiu o fornecimento de SAF para os operadores aéreos no aeródromo (Biofuels International, 2014; EUROCONTROL, 2021, p. 6).

Desta iniciativa, foi criada em janeiro de 2015, a Fly Green Fund (FGF), uma organização sem fins lucrativos estabelecida pela NISA, a SkyNRG e a administração do Karlstad, em colaboração com a Swedavia e a SRF. Estabelecida com o objetivo reduzir as emissões e minimizar os impactos da aviação doméstica sueca, o FGF serve desde então como um diferencial para as companhias aéreas, que podem ofertar voos com uma menor pegada de carbono. Fazendo parte do projeto desde 2016, a Swedavia disponibiliza em seus aeroportos uma quantidade de SAF para o abastecimento de aeronaves com algum nível de mistura. Os combustíveis são produzidos pela Neste e depois fornecidos pela subsidiária sueca da Air BP, que até 2022 havia suprido aproximadamente 1,1 milhão de litros de SAF (Fly Green Fund, 2025; Swedavia Airports, 2023). Vale ressaltar, neste contexto, que desde janeiro de 2025 todos os aeroportos sob controle da Swedavia são creditados como “Nível 5” no programa de gerenciamento e redução das emissões de CO₂ da Certificação Aeroportuária de Carbono (ACA — *Airport Carbon Accreditation*). Este é o nível mais alto de avaliação, garantindo que todo o ecossistema aeroportuário em questão contribui de forma significativa para a redução das emissões absolutas acima de 90% quando comparado com os níveis registrados pelo aeroporto em 2010 (Airport Carbon Accreditation, 2025).

Em fevereiro de 2017, a BRA e a fabricante Avions de Transport Régional (ATR), *joint-venture* franco-italiana formada entre a Airbus e a Leonardo, realizaram seus primeiros testes com SAF. O voo realizado entre o Aeroporto de Stockholm-Bromma e o Aeroporto de

Umeå foi operado com uma mistura de 45% de SAF produzido de UCO e fornecido pela Air BP (ATR, 2017; GreenAir News, 2017). Diante dos avanços, a partir de maio de 2018, a BRA possibilitou seus clientes a voarem em aeronaves operando com SAF. Os voos, apesar de mais caros que os convencionais, foram pioneiros no mundo. Uma vez que possibilitou ao cliente escolher o tipo de combustível durante a compra da passagem (Advanced BioFuels USA, 2018; GreenAir News, 2018).

Em maio de 2019, com o intuito de aprimorar ainda mais os voos com SAF, a BRA lançou o projeto “Voo perfeito” em conjunto com a ATR e a Neste. Ocasão na qual as empresas completaram o primeiro voo experimental com passageiros utilizando uma mistura de 50% de SAF de UCO da Neste. Abastecida pela Air BP, a aeronave modelo ATR 72-600 levou 72 convidados e decolou do Aeroporto de Halmstad, pousando 60 minutos depois no Aeroporto de Stockholm-Bromma. O teste foi realizado com todos os elementos operacionais emitindo o mínimo possível de CO₂, atingindo uma redução de 46% das emissões quando comparadas a um voo convencional (Neste, 2019; ATR, 2019, 2024).

Em junho de 2022, a fabricante de motores estadunidense Pratt & Whitney integrou os testes. Após uma série de experimentos realizados em solo no início de 2022, o mesmo modelo de aeronave utilizado em 2019 pelas empresas realizou um novo voo de aproximadamente 80 minutos com os dois motores abastecidos com o SAF finlandês, partindo do Aeroporto de Malmö com destino ao Aeroporto de Stockholm-Bromma, o principal aeródromo sueco operado pela BRA (Neste, 2022).

No ano seguinte, em junho de 2023, a companhia nacional Västflyg se tornou a primeira operadora área no mundo a usar SAF em todos os voos regulares. Segundo o comunicado da empresa, os voos serão realizados com uma mistura de 30 a 40% de SAF e serão fornecidos pela Neste. A iniciativa, que também conta com a participação da GKN Aerospace, abrangerá todos os voos nas rotas entre as cidades de Trollhättan a Bromma e de Trollhättan a Visby. Essa mudança aconteceu no mesmo período em que a administração do Aeroporto de Trollhättan-Vänernborg, base da Västflyg, também anunciou que seria o primeiro aeroporto no mundo a abastecer todos os voos com alguma mistura de SAF (GKN Aerospace, 2023; Neste, 2023).

Já em fevereiro de 2024, a Airbus, Avinor, SAS, Swedavia e Vattenfall assinaram um MoU para estabelecer um estudo de viabilidade técnica para a construção de infraestruturas de H₂ em mais de 50 aeroportos suecos e noruegueses. O objetivo é identificar as necessidades e mapear quais aeroportos poderão operar com biocombustíveis sustentáveis de H₂ e faz parte do projeto “Hub de hidrogênio em aeroportos”. A iniciativa está ligada à aeronave conceito

ZEROe, que está sendo projetada pela fabricante francesa para realizar os primeiros voos abastecidos com hidrogênio até 2035 (Gianotto, 2024; Airbus, 2024b, 2025).

Diante dessas iniciativas apresentadas, a internacionalização, característica intrínseca ao mercado doméstico de aviação sueco, facilitou a utilização de SAF para testes no país, de modo que os cinco primeiros testes realizados foram feitos com biocombustíveis produzidos por outros países, como pode ser observado no quadro abaixo (ver [Quadro 6](#)). A comercialização do SAF, neste sentido, ainda era mais barata do que o início da produção em larga escala que, como visto anteriormente, exigiria um alto custo operacional e um grande investimento de capital. Outro fator característico é a liderança da BRA nos voos experimentais que, de 2017 até 2022, tiveram suas misturas aumentadas gradualmente até chegar na realização de testes com 100% de SAF.

Quadro 6 - Voos realizados com SAF por fabricantes ou operadores aéreos suecos.

Data	Fabricante de aeronaves	Fabricante de motores	Operador aéreo	Fabricante de SAF	Matéria-prima	Rota de obtenção	Mistura
06/2014	-	-	flyBMI	SkyNRG	-	-	-
06/2014	-	-	Nextjet	SkyNRG	-	-	-
02/2017	ATR	-	BRA	Air BP	UCO	HEFA	45%
05/2019	ATR	-	BRA	Neste	UCO	HEFA	50%
06/2022	ATR	Pratt & Whitney	BRA	Neste	-	-	100%

Fonte: Elaboração própria.

À luz dessas análises, dos estudos de viabilidade (motivação da produção) e da realidade do uso de SAF nas operações aéreas (como é utilizado), pode ser realizado um mapeamento dos projetos que promovem a produção dos biocombustíveis (como será produzido). O mapeamento das iniciativas de produção de SAF, neste sentido, foi realizado com base nas iniciativas divulgadas no Painel da ICAO de Instalações de Produção de SAF (2025b) e nos projetos listados no relatório de “Desenvolvimento e implantação de instalações de demonstração de biocombustíveis avançados” publicado em dezembro de 2024 e elaborado pela IEA Bioenergy, organização criada pelo Programa de Colaboração Tecnológica (TCP — *Technology Collaboration Programme*) da IEA (2024).

A primeira iniciativa mapeada foi anunciada em junho de 2018, pela empresa de biocombustíveis sueca Preem. Na ocasião foi comunicado o planejamento para construção de uma nova refinaria na cidade de Göteborg, em Västra Götaland, com capacidade para produzir 3 bilhões de eSAF de H₂ até 2030. O combustível seria utilizado pela SAS como ferramenta para reduzir as emissões dos voos realizados pela companhia até 2030. Entretanto,

não há mais informações disponíveis sobre a unidade em questão, que estava prevista para entrar em operação pelo menos até 2023. À época do anúncio, a empresa informou a necessidade de novas licenças ambientais para a instalação do dispositivo de eletrólise e a realização de consultas públicas com as autoridades e a população da região (Bioenergy International, 2018; Preem, 2018; ICAO, 2025b).

No ano seguinte, em setembro de 2019, a finlandesa St1 Nordic Oy anunciou o investimento em uma refinaria também em Göteborg para produção de biocombustíveis, dentre os quais SAF. Em setembro de 2021, a St1 realizou uma *joint-venture* com a empresa sueca do ramo de silvicultura Svenska Cellulosa (SCA) para juntas administrarem os projetos da refinaria de Göteborg e Östrand. Na refinaria de Östrand as empresas podem atingir uma capacidade produtiva estimada em 231,3 milhões de litros de SAF obtidos a partir do licor negro e da biomassa sólida resultantes dos processamentos de papéis e celulose da SCA. Desde então, ambas as empresas já investiram mais de SEK 2,5 bilhões, além do financiamento da UE no valor de 167 milhões de euros recebida em dezembro de 2023 (SCA, 2021, 2023; Biorefinery Östrand, 2025). A refinaria de Göteborg, por sua vez, foi oficialmente inaugurada em abril de 2024, com capacidade produtiva para 250 milhões de litros anuais de biocombustíveis. Utilizando a tecnologia Ecofining da estadunidense Honeywell, o SAF é obtido por meio da rota HEFA utilizando UCO, gorduras animais e resíduos da produção de papel e celulose como matérias-primas. A planta que recebeu um investimento superior a SEK 4 bilhões de ambas as empresas já é certificada pela ISCC e fornecerá o SAF para a operadora aérea BRA (Bioenergy International, 2019; Honeywell, 2024; St1 Nordic Oy, 2024; Voo Limpo, 2024).

Já em novembro de 2019, a empresa de produção de biocombustíveis LTU Green Fuels, coordenada pela universidade homônima, anunciou seu projeto de produção de SAF. A produção do biocombustível, segundo a empresa, seria proveniente de resíduos florestais e obtido por meio da rota FT, na planta instalada na cidade de Piteå, no condado de Norrbotten. A capacidade produtiva foi informada em mais de 62,5 mil litros de biocombustível para entrar em produção comercial após 2023. Contudo, desde o anúncio, não foram encontradas mais atualizações sobre o projeto (Ludvigsson, 2019; Granberg, 2023).

Em junho de 2021, os parceiros do estudo FFSmåland anunciaram o novo projeto “Dos resíduos florestais aos combustíveis de aviação sustentáveis (RE-SAF)” cujo objetivo é dar continuidade à pesquisa anterior e iniciar oficialmente a construção das plantas fabris avaliadas pelo projeto. Segundo o planejamento, o SAF obtido pela rota FT a partir de resíduos florestais deverá começar sua produção a partir de 2026, considerando a mesma

capacidade produtiva projetada na fase anterior do projeto de 20 mil litros anuais de SAF. Nesta etapa o projeto contará com o financiamento de SEK 5,1 milhões da SWEA e será liderado diretamente pela Våxjö Energi (SkyNRG, 2022; Energimyndigheten, 2023b).

Uma nova iniciativa, contudo, foi anunciada em novembro de 2021 pela estatal sueca de energia Vattenfall, em conjunto com a SAS, a petrolífera britânica Shell e a fornecedora de SAF estadunidense LanzaJet no projeto “HySkies”. A iniciativa focaria na produção de e-SAF, utilizando eletricidade de fontes não-fósseis e CO₂ recuperado como insumos. O CO₂ em questão seria transformado em etanol utilizando a tecnologia da LanzaJet e subsequentemente convertido em SAF pela rota ATJ com o uso das técnicas criadas pela mesma empresa. O projeto seria conduzido na cidade de Forsmark, em Östhammar, com capacidade produtiva de 62,5 mil litros do biocombustível. Em fevereiro de 2024 a Vattenfall e a Shell iniciaram “revisão no escopo do projeto” seguida da procura por novas empresas interessadas no projeto. No mês de junho, no entanto, a Shell desistiu do projeto e ambas empresas optaram pela suspensão do projeto (Krumpelmann, 2024; Vattenfall, 2021, 2024a).

Em maio de 2022, a Swedish Biofuels em conjunto com a consultoria COWI lançaram uma parceria para iniciar a construção de três plantas fabris de SAF no país. O projeto, que conta com apoio da Comissão Europeia, terá capacidade produtiva de 500 milhões de litros de biocombustíveis de aviação. O SAF será obtido por meio da rota ATJ, tecnologia criada e patenteada em 2004 pela Swedish Biofuels, e terá como matéria-prima os gases residuais e o H₂V produzido a partir do etanol verde. A primeira usina será construída na cidade de Brista, localizada próximo ao Aeroporto de Estocolmo-Arlanda (ARN). O projeto tem previsão para entrar em operação ainda em 2025 (O’Kelly, 2022; Paper Province, 2022; Swedish Biofuels, 2022).

Em junho de 2022, a Vattenfall também assinou uma Carta de Intenção com a St1 para produção de eSAF a partir da energia eólica *offshore* gerada na costa oeste do país. O acordo marcou o início de um estudo de viabilidade que será conduzido por ambas as empresas visando a produção do e-combustível a partir de 2029. A capacidade produtiva é projetada em 1 bilhão de litros de eSAF. Entretanto, após a conclusão dos estudos e a desistência da Shell do projeto HySkies, a Vattenfall compartilhou a hesitação do mercado em produzir estes biocombustíveis antes de 2030, afirmando ser “[...] muito cedo para dar o próximo passo em alguns projetos [...]”. Além disso, a estatal também argumentou que “[...] o custo de produção e a eficiência energética têm se mostrado um grande desafio que precisa ser abordado mais a fundo no futuro [...]” motivo pelo qual todos os projetos de eSAF da empresa aguardam os *ventos de mudança soprarem* (Buljan, 2022; Vattenfall, 2022, 2024b).

No ano seguinte, em julho de 2023, a subsidiária sueca da empresa energética alemã Uniper e a empresa de energia sul-africana Sasol ecoFT anunciaram a aplicação conjunta para um financiamento da SWEA e do Fundo de Inovação da UE. O objetivo é avançar no projeto SkyFuelH2, onde as empresas pretendem misturar biomassa de resíduos florestais e H₂ para a produção de SAF utilizando a rota FT de propriedade da Sasol Group. O início da construção tinha previsão para iniciar em 2025 no município de Sollefteå, em Ångermanland, com o intuito de fornecer o SAF em escala comercial já em 2028. Em outubro de 2024, porém, o projeto foi interrompido em decorrência da “[...] situação de mercado desafiadora, custos em forte ascensão e efeitos incertos contínuos das regulamentações destinadas a apoiar o aumento da demanda por combustível de aviação sustentável [...]” características que, como abordado anteriormente, tornam a produção de SAF inviável para as empresas (Uniper, 2023; Sherrard, 2024).

Já em novembro de 2023, um novo anúncio foi feito pela Preem. Neste projeto a empresa anunciou o investimento de SEK 9,5 bilhões para converter a refinaria de Lysekil, localizada no condado de Västra Götaland. O projeto iniciado em 2024 é composto por duas ações simultâneas. A primeira é a construção de uma unidade de pré-tratamento de matérias-primas. A segunda consiste na reconstrução da planta IsoCracker já existente, que começará em 2026, e será o local onde serão produzidos os 600 milhões de litros de SAF previstos pela empresa. O início da produção está previsto para 2029 e utilizará o HVO como insumo para produzir o SAF pela rota HEFA (Preem, 2018; Krueger, 2023; Biofuels International, 2025).

Em setembro de 2024, a SkyNRG comunicou ao mercado a realização de mais uma nova parceria, desta vez com a empresa municipal de energia Skellefteå Kraft no “Projeto SkyKraft”. O objetivo de ambas é produzir eSAF por meio de eletricidade renovável e CO₂ biogênico, atingindo uma produção anual de 125 milhões de litros de eSAF por ano. A intenção das empresas é iniciar as atividades de fabricação do eletrocombustível a partir de 2030 (SkyNRG, 2024; Dusita, 2025; SkyKraft, 2025).

No final de 2024, a subsidiária da empresa britânica de energias renováveis RES Nordics assinou um acordo de desenvolvimento com a gestora de ativos alemã Prime Capital para o “Projeto Alby” de produção de SAF no município de Ånge, no condado de Västernorrland. Em fevereiro de 2025, a norueguesa Norsk e-Fuel oficializou a parceria com ambas as empresas. A iniciativa utilizará a eletrólise do H₂V misturado com CO₂ reciclado como matéria-prima que, por meio do processo de transformação *Power-to-Liquid* (PtL), será transformado em eSAF por meio da rota FT. A estimativa de produção mínima conforme as

empresas é produzir anualmente 100 mil litros de eSAF. A iniciativa é financiada pela UE por meio do Fundo InvestEU, garantindo que os critérios de sustentabilidade do projeto estão consonantes com o ReFuelEU Aviation. Apesar de promissor, ainda não há informações sobre o início das operações da planta fabril (RES, 2024; Norsk e-Fuel *et al.*, 2025; Prime Capital, 2025).

Em outubro de 2025, a Liquid Wind anunciou o investimento em uma planta fabril de e-metanol na unidade da empresa em Örnköldsvik, onde a produção do combustível será integrada à usina de cogeração da Övik Energi. O SAF será produzido por meio da captura de CO₂ e H₂ renovável a partir da rota de processamento do metanol em querosene (MTJ — *Methanol-to-Jet*), tecnologia que ainda está em certificação pelas organizações responsáveis. A iniciativa possui financiamento da SWEA no total de SEK 39 milhões. A Liquid também possui outras unidades em Sundsvall, Umeå e Östersund, com planejamento de desenvolver 10 fábricas de e-metanol até 2030. A empresa, contudo, não informou a capacidade produtiva de SAF das usinas, com o planejamento para entrarem em operação até 2026 (Lea, 2023; Global e-Fuels, 2025; Liquid Wind, 2025).

Diante do levantamento realizado, algumas análises podem ser estabelecidas acerca das empresas com projetos anunciados para produção de SAF. Considerando a sintetização das informações levantadas no quadro abaixo (ver [Quadro 7](#)), inúmeras informações podem ser obtidas acerca do mercado produtor de biocombustível sustentável de aviação no país. Principalmente com base nas rotas de obtenção e nas matérias-primas utilizadas.

Quadro 7 - Projetos de produção de SAF anunciados na Suécia

Fabricante de SAF	Data do anúncio	Rota de obtenção	Matéria-prima	Projeto vigente?	Capacidade produtiva (em litros anuais)	Selo ISCC?	Investimento estatal?
Preem	12/2018	FT	Hidrogênio	2030	3 bilhões	-	Não
St1 e SCA	09/2019	HEFA	Licor negro e biomassa	-	231,3 milhões	-	Sim
LTU Green Fuels	11/2019	FT	Resíduos florestais	2023	62,5 mil	-	Não
RISE Innventia	06/2021	FT	Resíduos florestais	2026	20 mil	-	Sim
Vattenfall e Shell (Suspensão)	11/2021	ATJ	Eletricidade e CO ₂ reciclado	-	62,5 mil	-	Não
Swedish Biofuels	05/2022	ATJ	Gases residuais e hidrogênio verde de etanol	2025	500 milhões	-	Sim
Vattenfall e St1 (Suspensão)	06/2022	FT	Energia eólica <i>offshore</i>	2029	1 bilhão	-	Não
Uniper e Sasol	07/2023	FT	Resíduos florestais e H ₂	2028	-	-	Sim

Fabricante de SAF	Data do anúncio	Rota de obtenção	Matéria-prima	Projeto vigente?	Capacidade produtiva (em litros anuais)	Selo ISCC?	Investimento estatal?
(Suspensão)							
Preem	11/2023	HEFA	HVO	2029	600 milhões	-	Não
SkyNRG	09/2024	FT	Eletricidade e CO ₂ renováveis	2030	125 milhões	-	Sim
St1 e SCA	04/2024	HEFA	Gorduras residuais	Desde 2024	250 milhões	Sim	Não
Norsk e RES	12/2024	FT	Hidrogênio verde e CO ₂ reciclado	-	100 mil	-	Sim
Liquid Wind	10/2025	FT	Metanol de CO ₂ e H ₂	2026	-	-	Sim

Fonte: Elaboração própria.

Foram mapeadas e analisadas, portanto, 13 iniciativas de produção de SAF ou eSAF na Suécia, que totalizam 5,7 bilhões de litros de SAF. Entretanto, diante da suspensão dos projetos da Vattenfall e da Uniper, a capacidade produtiva mapeada do país foi reduzida para 4,7 bilhões de litros. Ainda assim, essa quantidade de biocombustíveis sustentáveis de aviação é cerca de 470% maior do que a demanda de QAV do país para os voos nacionais e internacionais, que em 2023 chegaram a 824 milhões de litros consumidos. Caso os projetos avancem para as fases de produção e comercialização, a Suécia terá um superávit produtivo 5,7 vezes maior do que a necessária para os voos partindo do país.

Ainda no que diz respeito aos dados apresentados acima (ver [Figura 7](#)), a participação governamental no financiamento dos projetos é notável, uma vez que aproximadamente 53% deles possuem algum aporte do Regeringen, das municipalidades ou da própria UE. A principal forma pela qual o governo sueco financia estas iniciativas é por meio da participação de agências e empresas estatais como a Swedavia, RISE e SWEA. Contudo, os projetos mapeados e que tiveram aportes possuem uma baixa capacidade produtiva, totalizando apenas 856,4 milhões de SAF. No contexto da ação governamental, a integração entre empresas ou entidades, nórdicas ou escandinavas, é notável. Reforçando o papel da diplomacia energética e da cooperação internacional na ativação da descarbonização do setor aeronáutico do país. Essa internacionalização da produção é ampla e abrange também outros países europeus e até mesmo os Estados Unidos.

À luz das informações levantadas, a forte utilização de rotas eletrificadas é reflexo de um país com uma matriz energética elétrica de baixo custo e acesso a tecnologias de alta-complexidade. Uma vez que mais de 61% dos projetos analisados utilizam o método Fischer-Tropsch para obtenção do SAF. Enquanto os demais projetos (23%) utilizam a HEFA como rota tecnológica e o restante (16%) a produção via ATJ. Ainda assim, mesmo estes

projetos que serão realizados por meio da transformação do álcool em QAV, utilizarão fontes de eletricidade diretas, vindas do *grid* energético nacional, ou indiretas, através da produção de hidrogênio por meio da eletrólise. Desta forma, ainda que utilizem métodos diferentes, os projetos que dependem em maior grau da matriz elétrica sueca compõem 77% de todos os projetos analisados e representam 10 das 13 iniciativas.

A forte dependência de uma única forma produtiva, contudo, requer atenção especial. Sobretudo considerando o contexto regional da Suécia, que possui fronteiras marítimas pelo Mar Báltico com a Rússia, cujas políticas externas alteraram fortemente o cenário energético europeu desde 2022. Ocasionalmente uma alta nos preços nunca vista na Europa e a possibilidade de desligamento do *grid* na Suécia (Holmberg; Tangerås, 2023). Desta forma, diante de uma possível crise energética, a produção de SAF pode ser diretamente afetada. Revelando uma vulnerabilidade da capacidade produtiva de biocombustíveis de aviação no país. A alta dependência da matriz elétrica implica na baixa adaptabilidade do sistema produtivo em momentos de crise, essa falta de resiliência também pode ser intensificada pelas crises climáticas, uma vez que 37,7% da matriz energética sueca é mantida pela geração de energia hidrelétrica (IEA, 2025b).

Por fim, todo o mapeamento realizado ao longo deste capítulo, revela que, apesar do robusto mandato de redução da intensidade de emissões e do extenso potencial produtivo baseado nas biomassas disponíveis no país, a resposta da produção doméstica enfrentou barreiras significativas para produção de SAF com estes insumos, resultando em uma estagnação das iniciativas baseadas em biomassa florestal. Em contrapartida, o avanço nas iniciativas de produção por eletrificação, uso do *grid* elétrico e demais soluções com tecnologias avançadas, revelou uma grande dependência de iniciativas de capital e *know-how* estrangeiro. Ainda que o estado sueco tenha apoiado a maioria dessas iniciativas. Em última análise, ainda que a Suécia possua características domésticas favoráveis para a produção de SAF e seja um polo tecnológico europeu em matéria de energias renováveis e sustentáveis, o desenvolvimento de biocombustíveis aeronáuticos no país ainda é dependente de *inputs* externos para que o ambicioso volume ditado pela regulação seja atingido nos próximos anos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E LIMITAÇÕES

O presente trabalho analisou as políticas públicas voltadas para SAF no Brasil e na Suécia, buscando compreender como os avanços legislativos de ambos podem beneficiar mutuamente os países no alinhamento de uma diplomacia energética entre Brasília e Estocolmo, considerando suas realidades produtivas e seus respectivos mandatos de redução de emissões e intensidade. A hipótese levantada foi comprovada, de modo que a colaboração efetiva entre Brasil e Suécia pode sim resultar em avanços e inovações tecnológicas em matéria de SAF para ambos, alocando os países enquanto líderes na descarbonização setorial da aviação civil internacional.

No que diz respeito aos objetivos específicos, foi possível consolidar que os mecanismos nacionais de promoção de SAF em cada país são vitais para a criação de uma demanda interna. No caso do Brasil, a adoção do mandato de mistura criado pelo ProBioQAV favorece a criação de uma oferta crescente de SAF para haver o atingimento das metas de redução das emissões via a utilização de combustíveis sustentáveis. A Suécia, por sua vez, estabeleceu um mecanismo que reduz a intensidade de carbono dos QAVs disponíveis por meio do *Reduktionsplikt*, criando uma demanda até então inexistente para a utilização de SAF.

A avaliação das principais oportunidades de cooperação tecnológica e bilateral refletem as realidades internas de cada país e indicam que a sinergia entre ambos pode ser desenvolvida mediante a complementaridade das capacidades produtivas de SAF e dos gargalos técnicos enfrentados em cada caso. Ademais, o mapeamento das iniciativas e projetos SAF em ambos os países também revelou que mesmo diante da aprovação dos mandatos domésticos, as produções nacionais ainda são subutilizadas tanto em questões como a baixa capacidade produtiva projetada (como visto no Brasil) quanto a estagnação das iniciativas locais de produção (conforme analisado na Suécia).

A urgência da compreensão destas dinâmicas deve-se à eminente criação de um mercado de comercialização de SAF inexistente há cerca de uma década, mas que tende a assumir patamares ainda maiores diante da vigência da obrigatoriedade do CORSIA a partir de 2027. Assim como os países da OPEC utilizaram suas capacidades energéticas como instrumentos de coordenação externa nos anos 1970, os países com potencial produtivo de SAF poderão, no futuro, alinhar suas políticas e cooperar para a formulação de uma agenda comum, inicialmente no âmbito energético, mas com implicações evidentes no contexto econômico. Engendrando uma enorme capacidade de poder decisivo no Sistema Internacional. Principalmente diante dos países que não detêm tecnologias para produção, desenvolvimento e uso de SAF. À luz da conceituação realista de poder apresentada neste

estudo, deter essa capacidade energética permitirá aos países implementarem seus interesses nacionais por meio da cooperação internacional com outras nações que pretendem um denominador comum e, assim, estabelecer a diplomacia energética capaz de articular esses interesses.

Ainda mais imprescindível do que a atuação bilateral, no entanto, é a utilização dos regimes climáticos internacionais como uma forma de maximizar a atuação nacional e a inserção dos mercados produtores de SAF sueco e brasileiro no comércio exterior. De modo a coordenar os comportamentos dos demais Estados para solucionar questões que os atravessam de maneira comum, como as mudanças climáticas e a dificuldade de descarbonização do setor aeronáutico. Neste contexto, utilizar as iniciativas relacionadas ao CORSIA como um mecanismo para fortalecimento das capacidades nacionais e o desenvolvimento de novas cooperações pode ser um caminho benéfico para ambos os países.

Compreendendo essa dinâmica, o Brasil poderá utilizar sua matriz energética limpa como um fator estratégico de poder e como um instrumento de cooperação. Alinhando oficialmente o mecanismo de redução das emissões da aviação brasileira com sua NDC e com os objetivos da ICAO, em especial, por meio do CORSIA. No caso brasileiro, a aprovação do ProBioQAV no âmbito do PCF, solucionou duas lacunas primordiais para a promoção de SAF no Brasil. A primeira foi a falta de sistematização necessária para que as iniciativas pudessem ocorrer, o que foi cessado quando a legislação aprovada unificou o ProBioQAV com outras iniciativas setoriais, criando estabilidade para serem estabelecidas como políticas de Estado de longo prazo. A segunda diz respeito ao alto custo para produção do SAF, que pode ter sido solucionado parcialmente, uma vez que o instrumento criou a previsibilidade que faltava para o setor aéreo doméstico iniciar os investimentos necessários. Reduzindo conseqüentemente os custos nos próximos anos conforme mais projetos de produção de SAF forem anunciados.

Considerando o mapeamento realizado nesta pesquisa, no âmbito do caso brasileiro, o levantamento realizado apontou que 95,65% dos projetos foram anunciados durante a tramitação e posteriormente à aprovação do PCF. Reforçando o papel estratégico que o ProBioQAV tem na criação de um setor produtivo e talvez, na próxima década, a criação de um mercado consumidor de SAF. A atuação estatal também é reforçada no caso brasileiro por meio da crescente promoção dos biocombustíveis de aviação pela Petrobras que, conforme analisado por este estudo, representará 42,08% de todo o SAF fornecido para o mercado nacional. Há, no entanto, uma lacuna a ser preenchida no quesito da projeção da capacidade produtiva nacional.

Apenas 43,48% dos projetos analisados definiram a capacidade produtiva esperada para seus projetos, uma quantidade que seria insuficiente para atender toda a demanda brasileira. Ainda que representem 69,83% de toda a demanda por QAV no Brasil em 2025, esta baixa capacidade produtiva nacional é reflexo da falta de maturidade tecnológica do país e de uma matriz energética com desvantagem econômica de custo da eletricidade. A atuação governamental é essencial para preencher esta lacuna, uma vez que os investimentos de capitais privados para produção de SAF acontecerão apenas nas regiões onde a matriz energética elétrica for mais viável e barata. Características que, definitivamente, não representam a estrutura de custo energético nacional e refletem, por exemplo, a pouca quantidade de projetos anunciados utilizando rotas de obtenção eletrificadas. Essas assimetrias instalam incertezas que ainda impedem uma projeção robusta da oferta nacional de SAF no médio e longo prazo.

Apesar de não focar na eletrificação, um dos fatores positivos acerca da produção de SAF no Brasil, à luz do caso analisado, é a forte concorrência de matérias-primas e rotas de obtenção. O que posiciona o Brasil tanto como um forte produtor de SAF, quanto um potencial exportador de matéria-prima. Essa posição brasileira é reforçada pela característica de 10 dos 23 projetos mapeados atualmente possuírem algum nível de certificação da ISCC para comercialização do SAF aos membros do CORSIA. Assim como o Brasil é um dos países exportadores de petróleo, a capacidade produtiva doméstica de SAF também permite que o país seja um exportador de SAF ou dos insumos necessários para sua produção. Trazendo essa análise para o presente estudo, o Brasil pode considerar a criação de um comércio bilateral com estes Estados-membros da ICAO, dentre os quais a Suécia, a fim de tornar-se um dos maiores fornecedores de SAF da Organização.

É necessário, no entanto, que demais estudos sejam realizados visando analisar se, mesmo diante da capacidade produtiva brasileira de SAF, a exportação além-mar partindo do território nacional seria vantajosa e lucrativa o suficiente para justificar sua realização. Mesmo diante da impossibilidade de exportar para países longínquos, a exportação de SAF para os países vizinhos da América do Sul e Central deve ser considerada. Contudo, observando toda a conjuntura atual de SAF e os principais estudos de viabilidade, a depender do país importador e da falta de tecnologias, insumos e incentivos legais para a produção de SAF, a importação do biocombustível brasileiro pode, sim, se tornar uma opção mais barata do que sua fabricação. Finalmente, devem ser considerados, sobretudo, os custos operacionais e logísticos que estão associados ao transporte intercontinental, que podem impactar a competitividade do SAF brasileiro em mercados ultramarinos.

Enquanto o Brasil busca superar a lacuna tecnológica para o desenvolvimento de sua capacidade produtiva, o contexto sueco apresenta nuances significativamente distintas e até mesmo opostas ao caso brasileiro, sobretudo no que diz respeito à relação entre produção e demanda. A aprovação do *reduktionsplikt* preencheu a lacuna sueca por um instrumento específico para a aviação. Ainda que não foque diretamente na neutralidade das emissões, mas sim na redução da intensidade de carbono presente no QAV, o mecanismo auxilia o país nas metas para a aviação civil doméstica. Um fator que pode auxiliar o país na redução plena das emissões é uma maior atuação governamental em projetos de produção de SAF, uma vez que as iniciativas mapeadas neste estudo focam mais em estudos de viabilidade econômica. O ReFuelEU Aviation da UE criará, conforme o avanço das metas de SAF e mínimos de eSAF, um mercado propício para a entrada de empresas suecas por meio das rotas eletrificadas de obtenção dos biocombustíveis de aviação.

Mesmo com escopos diferentes, o mandato europeu e o mandato nacional da Suécia resolvem a falta de previsibilidade exigida pelo mercado. No entanto, sem investimentos governamentais focados na produção, somente a aplicação do *pliktavgift* pode não garantir que as operadoras aéreas adotem o SAF nos anos vindouros. Além disso, sem uma produção local, os preços dos biocombustíveis podem continuar altos e, em um cenário bastante desfavorável, serem maiores do que os QAVs. Como analisado nesta pesquisa, adotar apenas medidas mercadológicas e de incentivos fiscais ou financeiros, não garante a longevidade dos mecanismos legais e dos investimentos como soluções inovadoras como os SAFs e eSAFs requerem.

A proximidade das metas suecas e europeias para a aviação exigem que as questões produtivas sejam resolvidas tão logo sejam possíveis. Mesmo assim, o cenário de estagnação das iniciativas suecas mapeadas neste estudo, revelam que o país deve abordar outras formas de garantir o SAF em seu mercado de aviação doméstico. Uma destas possibilidades é utilizar a diplomacia energética nórdica a seu favor. De modo que, caso a produção local não avance nos próximos anos, a Finlândia despontará como uma forte aliada da Suécia. É necessário considerar, no entanto, que, mesmo diante da exorbitante capacidade produtiva da empresa finlandesa Neste, a produção de SAF da companhia é distribuída entre as filiais localizadas em outros países. Em última análise, mesmo no cenário de importação do biocombustível finlandês, a operação envolverá importar o produto de outros Estados.

Ainda nesta temática de produção, a Suécia apresenta duas brechas com implicações significativas. A análise demonstra uma lacuna de viabilidade econômica e tecnológica dos projetos de capital nacional que, em sua maioria, ainda não avançaram para a escala de

produção comercial, o que pode sugerir uma alta dependência de subsídios e financiamento externo para superar a etapa de viabilidade econômica. Além disso, a forte dependência de rotas eletrificadas pode representar uma ameaça para o próprio setor produtivo nos próximos anos. Diante da matriz energética sueca e das crises que têm abalado o sistema elétrico europeu, a dependência praticamente exclusiva de rotas de alta complexidade tecnológica e grande demanda energética podem limitar a expansão da matriz nacional de SAF nos próximos anos, sendo necessário ampliar as rotas de obtenção por meio da capacidade nacional produtiva utilizando, por exemplo, biomassas e resíduos florestais, cujos projetos continuam estagnados. Essas características do mercado sueco de SAF apontam para uma possível dependência de importação dos biocombustíveis nos próximos anos.

Enquanto o Brasil possui uma ampla capacidade produtiva que ainda é subutilizada para a produção de SAF devida a alta complexidade tecnológica e a baixa maturidade das tecnologias produtivas no país, a Suécia, por sua vez, mesmo diante de uma ampla matriz energética barata e favorável ainda apresenta dificuldades para que o setor produtivo de SAF no país possa se desenvolver. Ambos os países enfrentam desafios complementares que podem ser superados mediante a cooperação internacional. A aviação doméstica brasileira possui os insumos dos quais os suecos necessitam, mas não possuem uma escalabilidade suficiente, e a tecnologia brasileira ainda não está disponível integralmente para produção de SAF, mas pode ser encontrada no território sueco de maneira ainda mais barata, como a rota ATJ, com potencial de ser amplamente utilizada no Brasil e criada pela Swedish Biofuels.

Mais do que o histórico comum entre os países, marcado pela utilização do etanol e o desenvolvimento do Gripen, o Brasil e a Suécia podem cooperar em matéria de SAF de modo a complementarem suas capacidades durante a transição energética necessária para atingir o uso pleno de SAF ao nível mundial. A especificidade do tema, a tecnicidade exigida e a ampla necessidade de conhecimentos especializados, à luz dos argumentos de Alter e Meunier (2009), permitem que os dois Estados formem uma cooperação entre si, favorecendo a criação de soluções e experimentações comunitárias. A sinergia entre ambos os países permite que, o Brasil, com sua alta capacidade produtiva e vasta quantidade de matéria-prima renovável coopere conjuntamente com a Suécia, que mesmo possuindo metas ambiciosas, ainda carece de uma produção nacional capaz de atingi-las. Ao mesmo tempo em que a Suécia, com uma baixa capacidade produtiva e pouca disponibilidade de matérias-primas diversas, possui uma alta disponibilidade de matriz energética de baixo custo e alta capacidade tecnológica. Em síntese, enquanto o Brasil dispõe de biomassa suficientemente abundante, mas carece de

tecnologia produtiva avançada, a Suécia desfruta de tecnologia e energia baratas, mas carece dos insumos.

Tal como ocorre na cooperação decorrente do Gripen, a união entre academia e indústria pode possibilitar aos países avanços significativos em termos de pesquisa e desenvolvimento de iniciativas. Uma possível cooperação sueco-brasileira em SAF deve ser, antes de tudo, marcada por instrumentos técnicos-científicos capazes de adequar as realidades sociais e econômicas aos projetos e às capacidades nacionais. A criação de estudos conjuntos é fundamental para que um alinhamento possa ocorrer entre Brasília e Estocolmo. Com a chegada iminente das metas para 2030, estes projetos bilaterais devem focar também no longo prazo, com enfoque específico para meta brasileira de reduzir as emissões até 2037, a sueca de zerar as emissões gerais do país até 2045 e a do bloco europeu até 2050. Neste contexto, também é necessária uma maior aproximação entre os *stakeholders* nacionais como a SAAB e a EMBRAER, que além de serem parceiros em matéria de defesa também podem vislumbrar novas perspectivas conjuntas em matéria de biocombustíveis, e as empresas especializadas em soluções inovadoras em matéria de biocombustíveis como a Petrobras, Preem e Swedish Biofuels.

À luz das dificuldades tecnológicas brasileiras, um novo campo de estudos pode ser elaborado para identificar como a matriz energética nacional e o setor produtivo de SAF no Brasil podem conciliar o desenvolvimento de biocombustíveis de aviação com o próprio desenvolvimento econômico, social e tecnológico do país. Sendo igualmente crucial a avaliação e adoção de uma estratégia no âmbito da cadeia produtiva brasileira de SAF de modo que a produção de biocombustíveis aeronáuticos não concorra com a produção e utilização de insumos alimentícios, em consonância com os critérios da ICAO para o CORSIA e das certificações de sustentabilidade do ISCC. Evitando que a flutuação de preços no mercado internacional seja um dos critérios utilizados pelos produtores para definir a produção de SAF ou de alimentos. É imprescindível a união do atingimento das metas ambientais com a urgência por avanços tecnológicos, consolidando uma indústria que, mais do que exportar matéria-prima, pode ser capaz de agregar valor a ela. Superando questões históricas deste tipo de setor produtivo e aumentando a capacidade econômica e de desenvolvimento de novas tecnologias de alta complexidade no país.

No que diz respeito às limitações do presente estudo, é essencial observar que mesmo diante da possibilidade de serem traçados caminhos rumo a uma maior integração entre os países, a plena realização de uma cooperação sueco-brasileira depende de fatores externos e internos que independem das análises. As vontades políticas dos respectivos Estados e seus

governantes, bem como a sinergia entre as indústrias de ambos os países, desempenham a centralidade dos interesses em prol de uma diplomacia alinhada entre Brasília e Estocolmo. Este elemento, no entanto, não foi analisado no presente trabalho, uma vez que considerou como escopo a observação das legislações já existentes e não a suposição de sinergias futuras no âmbito, exclusivamente, político internacional. Contudo, a definição de uma política de Estado nesta temática que seja sólida o suficiente para ser independente desses fatores, é essencial para que as legislações e os objetivos climáticos de ambos não sejam demasiadamente fluidos ou até mesmo descontinuadas no médio e longo prazo conforme a alternância de poder. Por fim, deve ser ressaltado que a presente pesquisa avaliou a possibilidade de elaboração de um alinhamento diplomático entre os países que, no entanto, ainda carecem de quaisquer atos bilaterais ratificados entre eles sobre biocombustíveis de aviação.

Outra limitação inerente do tema é o caráter incipiente do tema a nível mundial. Ainda que Brasil e Suécia já tenham testado soluções de SAF desde o início da década de 2010, os avanços tecnológicos e legislativos mais notáveis em ambas as nações aconteceram nos últimos cinco anos. Portanto, trata-se de um estudo cuja matéria de análise continua em desenvolvimento, podendo haver uma alteração de cenários a níveis globais, regionais e locais que sujeitem as análises a novas discussões futuras. Ainda assim, a busca por uma aviação civil mais sustentável é, em última instância, a procura por uma maior harmonização entre o que há de tecnologia humana e o que é necessário para a preservação do Planeta. Trata-se de uma missão que se confunde com o próprio desejo humano de voar, desta vez, de maneira responsável e segura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEAR. **Panorama ABEAR: 2023-2024**. 2024. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYmY3MzY5MWEtZGEzMy00Njk5LWWEyYTctMjFiZGhkMDhiZTM0IiwidCI6IjM4ZmYxZGNhLTg0YjQtNGU3MC1iNmUxLWI3YzlmNDJkZDdmYiJ9&embedImagePlaceholder=true>. Acesso em: 14 out. 2025.

ABIMDE. **Embraer e Boeing em biocombustíveis**. 2015. Disponível em: <https://abimde.org.br/pt-br/noticias/embraer-e-boeing-em-biocombustiveis/>. Acesso em: 7 out. 2025.

ACELEN. **Acelen inicia protocolo inédito de produção de macaúba - Comunicação | Acelen - Energia para acelerar**. 2025. Disponível em: <https://www.acelen.com.br/comunicacao/acelen-inicia-protocolo-inedito-de-producao-de-macauba/>. Acesso em: 8 out. 2025.

ADECOAGRO. **Certified ethanol for Sustainable Aviation Fuel (SAF) production**. 2024. Disponível em: <https://ir.adecoagro.com/>. Acesso em: 9 out. 2025.

ADECOAGRO; JORNALCANA. **Unidades da Adecoagro recebem certificação internacional para produção de SAF**. 2025. Disponível em: <https://jornalcana.com.br/saf/unidades-da-adecoagro-recebem-certificacao-internacional-para-producao-de-saf/>. Acesso em: 9 out. 2025.

ADVANCED BIOFUELS USA. **Braathens Regional Airlines First Passenger Airline in the World Offering All Travelers to Fly on Biofuel**. 2018. Disponível em: <https://advancedbiofuelsusa.info/braathens-regional-airlines-first-passenger-airline-in-the-world-offering-all-travelers-to-fly-on-biofuel>. Acesso em: 18 nov. 2025.

AERO MAGAZINE. **Gol faz 1º voo internacional com biocombustível**. 2014. Disponível em: https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/gol-faz-1-voo-internacional-com-biocombustivel_1667.html. Acesso em: 14 out. 2025.

AGÊNCIA DE NOTÍCIAS DA INDÚSTRIA. **RN ganha primeira planta piloto do Brasil para produzir combustível sustentável de aviação**. 2023. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/inovacao-e-tecnologia/rn-ganha-primeira-planta-piloto-do-brasil-para-produzir-combustivel-sustentavel-de-aviacao/>. Acesso em: 12 out. 2025.

AIRBUS. **LATAM Airlines takes delivery of its first A321neo, adds 13 more to orderbook**. 2023. Disponível em: <https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2023-10-latam-airlines-takes-delivery-of-its-first-a321neo-adds-13-more-to>. Acesso em: 14 out. 2025.

AIRBUS. **Airbus and TotalEnergies sign strategic partnership for sustainable aviation fuels**. 2024a. Disponível em: <https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2024-02-airbus-and-totalenergies-sign-strategic-partnership-for-sustainable>. Acesso em: 14 out. 2025.

AIRBUS. **ZEROe: our hydrogen-powered aircraft**. 2024b. Disponível em: <https://www.airbus.com/en/innovation/energy-transition/hydrogen/zeroe-our-hydrogen-power>

ed-aircraft. Acesso em: 18 nov. 2025.

AIRBUS. **Hydrogen Hubs at Airports**. 2025. Disponível em: <https://www.airbus.com/en/innovation/energy-transition/hydrogen/hydrogen-hubs-at-airports>. Acesso em: 18 nov. 2025.

AIRBUS CORPORATE JETS. **Study: Brazil Ranks 2nd Globally for Business Jets**. 2025. Disponível em: <https://www.acj.airbus.com/en/newsroom/web-story/2025-06-study-reveals-brazil-has-the-second-largest-business-jet-fleet-in-the>. Acesso em: 14 out. 2025.

AIRPORT CARBON ACCREDITATION. **Level 5**. 2025. Disponível em: <https://www.airportcarbonaccreditation.org/about/7-levels-of-accreditation/level-5/>. Acesso em: 17 nov. 2025.

ALEMANHA; COMISSÃO EUROPEIA. **Submission by Germany and the European Commission on behalf of the European Union and its Member States**. 2020. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/EU_NDC_Submission_December%202020.pdf. Acesso em: 11 nov. 2025.

ALTER, K. J.; MEUNIER, S. The Politics of International Regime Complexity. **Perspectives on Politics**, Cambridge, v. 7, n. 1, p. 13–24, 2009. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S1537592709090033/type/journal_article. Acesso em: 17 jan. 2024.

ALTER, K. J.; RAUSTIALA, K. The Rise of International Regime Complexity. **Annual Review of Law and Social Science**, Palo Alto, v. 14, n. 1, p. 329–349, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-lawsocsci-101317-030830>. Acesso em: 16 jan. 2024.

ALVES, J. A. L. **Relações internacionais e temas sociais: a década das conferências**. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, 2001. (Coleção Relações internacionais).

ALVES, J. A. L. **A década das conferências (1990 - 1999)**. 2. ed. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, 2018.

ANAC. **Proposta de edição do RBAC nº 38, emenda nº 6 ao RBAC nº 34 e emendas aos RBAC nº 11 e 21**. Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/acao-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/audiencias/2018/19/ap192018justificativa.pdf>. Acesso em: 17 set. 2024.

ANAC. **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil**. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/inventario-nacional-de-emissoes-atmosfericas-da-aviacao-civil>. Acesso em: 20 jun. 2025.

ANDERSSON, L. *et al.* Transition towards sustainable transportation – What determines fuel choice?. **Transport Policy**, Amsterdam, v. 90, p. 31–38, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0967070X19301830>. Acesso em: 24 out. 2025.

ANP. **Painel Dinâmico do Mercado Brasileiro de Combustíveis de Aviação**. 2025. Disponível em:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMjQ3ZWRhNTMtMDY2Yy00OThiLTg1OWUtYmFiZGZlZDU5IiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTl0YTtytNGI0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzkyMyJ9>. Acesso em: 6 out. 2025.

ANSEMI, M. B. **Conflictive climate governance architecture: an analysis of the climate negotiations under the International Civil Aviation Organization (ICAO)**. 2019. 141 f. Dissertação - Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/34864>. Acesso em: 12 set. 2024.

ANSEMI, M. B. Conflictive climate governance architecture under the International Civil Aviation Organization (ICAO). **Contexto Internacional**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 2, p. e20220008, 2023. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-85292023000200202&tlng=en. Acesso em: 12 set. 2024.

ARAÚJO, S. M. V. G. D. Environmental Policy in the Bolsonaro Government: The Response of Environmentalists in the Legislative Arena. **Brazilian Political Science Review**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 20, 2020. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-38212020000200700&tlng=en. Acesso em: 21 out. 2025.

ARAUJO, G. **Brazil's Gol, Vibra complete first SAF "book-and-claim" in Latin America**. 2024. Disponível em: <https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/brazils-gol-vibra-complete-first-saf-book-and-claim-latin-america-2024-06-18/>. Acesso em: 14 out. 2025.

ARRHENIUS, S. XXXI. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, London, v. 41, n. 251, p. 237–276, 1896. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14786449608620846>. Acesso em: 18 set. 2024.

ATAG. **Aviation benefits beyond borders**. Geneve, 2024. Disponível em: https://aviationbenefits.org/media/e5ynn4x0/abbb2024_full_report.pdf. Acesso em: 26 jan. 2025.

ATAG. **Sustainable fuel conversions**. 2025. Disponível em: <https://aviationbenefits.org/other-environmental-challenges/climate-action/sustainable-aviation-fuel/conversions-for-saf/>. Acesso em: 14 nov. 2025.

ATR. **ATR and Sweden's BRA perform first ATR biofuel flight**. 2017. Disponível em: <https://www.atr-aircraft.com/presspost/atr-and-swedens-bra-perform-first-atr-biofuel-flight/>. Acesso em: 18 nov. 2025.

ATR. **ATR and Braathens in pursuit of the "Perfect Flight"**. 2019. Disponível em: <https://www.atr-aircraft.com/stories/atr-and-braathens-in-pursuit-of-the-perfect-flight/>. Acesso em: 18 nov. 2025.

ATR. **A Sustainable Aviation Milestone**. 2024. Disponível em: <https://www.atr-aircraft.com/news/a-sustainable-aviation-milestone/>. Acesso em: 18 nov. 2025.

AUGUSTO, C. **Acelen Renováveis e Esalq/USP finalizam mapeamento genético da**

macaúba para biocombustíveis. 2025. Disponível em: <https://jornalgrandebahia.com.br/2025/06/acelen-renovaveis-e-esalq-usp-finalizam-mapeamento-genetico-da-macauba-para-biocombustiveis/>. Acesso em: 8 out. 2025.

AVILA, C. F. D. *et al.* Arms Transfer Policies and International Security: the Case of Brazilian-Swedish Co-operation. **Contexto Internacional**, Rio de Janeiro, v. 39, p. 135–156, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cint/a/M9m7brgz3sTSdHXGzC9sg3k/>. Acesso em: 17 jan. 2024.

BARBARÀ, L. *et al.* **Sustainable Aviation Fuels: Offtake manual.** Geneve, 2023. White paper. Disponível em: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Sustainable_Aviation_Fuels_Offtake_Manual_2023.pdf. Acesso em: 16 fev. 2025.

BARBOSA, M. **Gol faz voo com querosene feito de óleo de cozinha reciclado.** 2013. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2013/10/1360608-gol-faz-voo-com-querosene-feito-de-oleo-de-cozinha-reciclado.shtml?mobile>. Acesso em: 2 out. 2025.

BASSETO, M. **Sucesso no voo do avião “Tech Lion” da Embraer com 100% de SAF em um motor.** 2022. Disponível em: <https://aeroin.net/sucesso-no-voo-do-aviao-tech-lion-da-embraer-com-100-de-saf-em-um-motor/>. Acesso em: 13 out. 2025.

BERTELLI, L. G. **A verdadeira história do Proálcool.** 2005. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/313629/noticia.htm?sequence=1>. Acesso em: 12 maio 2025.

BIOECONOMY REGIONS. **Bioflybränsle kan produceras i Karlstad [O biocombustível para aviação pode ser produzido em Karlstad].** 2020. Disponível em: <https://bioeconomyregion.com/sv/bioflygbransle-kan-produceras-i-karlstad/>. Acesso em: 15 nov. 2025.

BIOENERGITIDNINGEN. **11 forskningsprojekt ska bidra till produktion av biodrivmedel till flyg [11 projetos de pesquisa contribuirão para a produção de biocombustíveis para aviação].** 2018. Disponível em: <https://bioenergitidningen.se/11-forskningsprojekt-ska-bidra-till-att-na-ett-fossilfritt-flyg/>. Acesso em: 14 nov. 2025.

BIOENERGY INTERNATIONAL. **Preem begins permitting process for increased renewable refining capacity.** 2018. Disponível em: <https://bioenergyinternational.com/preem-begins-permitting-process-for-increased-renewable-refining-capacity/>. Acesso em: 16 nov. 2025.

BIOENERGY INTERNATIONAL. **St1 invests EUR 200m in new biorefinery for renewable diesel and jet fuel.** 2019. Disponível em: <https://bioenergyinternational.com/st1-to-invest-eur-200-million-in-new-biorefinery-to-produce-renewable-diesel-and-jet-fuel/>. Acesso em: 16 nov. 2025.

BIOFUELS INTERNATIONAL. **Karlstad home to first storage tank facility for aviation biofuel | Biofuels International Magazine.** 2014. Disponível em: <https://biofuels-news.com/news/karlstad-home-to-first-storage-tank-facility-for-aviation-biofuel>

el/. Acesso em: 17 nov. 2025.

BIOFUELS INTERNATIONAL. **Alleima supplies Preem in the green transition of the aviation industry**. 2025. Disponível em: <https://biofuels-news.com/news/alleima-supplies-preem-in-the-green-transition-of-the-aviation-industry/>. Acesso em: 17 nov. 2025.

BIOREFINERY ÖSTRAND. **FAQ**. 2025. Disponível em: <https://www.biorefineryostrand.com/en/news-and-media/questions-and-answers/>. Acesso em: 16 nov. 2025.

BNDES. **BNDES aprova R\$ 1 bilhão para Raízen produzir etanol de segunda geração**. 2025. Disponível em: [https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/socioambiental/BNDES-aprova-R\\$-1-bilhao-para-Raizen-produzir-etanol-de-segunda-geracao/](https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/socioambiental/BNDES-aprova-R$-1-bilhao-para-Raizen-produzir-etanol-de-segunda-geracao/). Acesso em: 9 out. 2025.

BOEING *et al.* **Flightpath to aviation biofuels in Brazil: Action plan**. 2013. Disponível em: <https://fapesp.br/publicacoes/flightpath-to-aviation-biofuels-in-brazil-action-plan.pdf>. Acesso em: 3 out. 2025.

BONACINA, A. *et al.* O Acordo de Compensação Offset entre Brasil e Suécia: o Projeto F-X2 e o Gripen NG. **Revista Perspectiva: Reflexões sobre a temática internacional**, Porto Alegre, v. 11, n. 21, p. 45–64, 2008. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/RevistaPerspectiva/article/view/81134/52337>. Acesso em: 17 jan. 2024.

BRASIL. **Decreto n.º 19.717, de 20 de fevereiro de 1931, que estabelece a aquisição obrigatória de álcool, na proporção de 5% da gasolina importada, e dá outras providências**. 20 fev. 1931. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/d19717.htm. Acesso em: 8 abr. 2025.

BRASIL. **Lei n.º 2.004, de 3 de outubro de 1953, que dispõe sobre a Política Nacional do Petróleo e define as atribuições do Conselho Nacional do Petróleo, institui a Sociedade por ações Petróleo Brasileiro Sociedade Anônima, e dá outras providências**. 3 out. 1953. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1950-1959/lei-2004-3-outubro-1953-366242-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 30 nov. 2024.

BRASIL. **Decreto-Lei n.º 770, de 19 de agosto de 1969, que autoriza a União a constituir a EMBRAER - Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A. e dá outras providências**. 19 ago. 1969. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/del0770.htm. Acesso em: 12 maio 2025.

BRASIL. **Decreto n.º 98.345, de 30 de outubro de 1989, que promulga o Acordo de Cooperação Econômica, Industrial e Tecnológica, entre a República Federativa do Brasil e o Governo da Suécia**. 30 out. 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D98345.htm. Acesso em: 16 mar. 2025.

BRASIL. **Lei n.º 11.097, de 13 de janeiro de 2005, que dispõe sobre a introdução do**

biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. 13 jan. 2005a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm. Acesso em: 9 abr. 2025.

BRASIL. Decreto n.º 5.448, de 20 de maio de 2005, que regulamenta o § 1º do art. 2º da Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, que dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, e dá outras providências. 20 maio 2005b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5448.htm. Acesso em: 9 abr. 2025.

BRASIL. Senado. Projeto de Lei do Senado n.º 506, de 2013, que dispõe sobre a criação do Programa Nacional do Bioquerosene como incentivo à sustentabilidade ambiental da aviação brasileira e dá outras providências. 4 dez. 2013. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=4355264&ts=1673870123988&disposition=inline>. Acesso em: 15 jun. 2025.

BRASIL. Lei n.º 13.263, de 23 de março de 2016, que altera a Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, para dispor sobre os percentuais de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado no território nacional. 23 mar. 2016. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/l13263.htm. Acesso em: 9 abr. 2025.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei n.º 9.321, de 2017, que estabelece o Programa Nacional do Bioquerosene para o incentivo à pesquisa e o fomento da produção de energia à base de biomassas, visando à sustentabilidade da aviação brasileira. 12 dez. 2017a. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2165988>. Acesso em: 21 jun. 2025.

BRASIL. Lei n.º 13.576, de 26 de dezembro de 2017, que dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. 26 dez. 2017b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13576.htm. Acesso em: 3 abr. 2025.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei n.º 528, de 2020, que dispõe sobre a promoção da mobilidade sustentável de baixo carbono e a captura e a estocagem geológica de dióxido de carbono; institui o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV), o Programa Nacional de Diesel Verde (PNDV) e o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano; e altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999, 8.723, de 28 de outubro de 1993, e 13.033, de 24 de setembro de 2014. 4 mar. 2020. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=9569164&ts=1732015428544&disposition=inline>. Acesso em: 8 jun. 2025.

BRASIL. Lei n.º 14.248, de 25 de novembro de 2021, que estabelece o Programa Nacional do Bioquerosene para o incentivo à pesquisa e o fomento da produção de energia à base de biomassas, visando à sustentabilidade da aviação brasileira. 25 nov. 2021. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14248.htm. Acesso em: 21

jun. 2025.

BRASIL, M. **Latam pousa no Brasil sua primeira aeronave com combustível sustentável.** 2023. Disponível em:

<https://eixos.com.br/empresas/latam-pousa-no-brasil-sua-primeira-aeronave-com-combustivel-sustentavel/>. Acesso em: 14 out. 2025.

BRASIL. **Lei n.º 14.993, de 8 de outubro de 2024, que dispõe sobre a promoção da mobilidade sustentável de baixo carbono e a captura e a estocagem geológica de dióxido de carbono; institui o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV), o Programa Nacional de Diesel Verde (PNDV) e o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano; altera as Leis n.ºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999, 8.723, de 28 de outubro de 1993, e 13.033, de 24 de setembro de 2014; e revoga dispositivo da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002.** 8 out. 2024a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/114993.htm. Acesso em: 31 mar. 2025.

BRASIL. **Brazil's NDC: National determination to contribute and transform.** 2024b. Disponível em:

https://unfccc.int/sites/default/files/2024-11/Brazil_Second%20Nationally%20Determined%20Contribution%20%28NDC%29_November2024.pdf. Acesso em: 21 out. 2025.

BULJAN, A. **Offshore wind to power sustainable aviation fuel production in Sweden.** 2022. Disponível em:

<https://www.offshorewind.biz/2022/06/30/offshore-wind-to-power-sustainable-aviation-fuel-production-in-sweden/>. Acesso em: 17 nov. 2025.

BUNGE. **BP e Bunge concluem a formação da joint venture BP Bunge Bioenergia no Brasil.** 2025. Disponível em:

<https://www.bunge.com.br/Press-Releases/BP-e-Bunge-concluem-a-formao-da-joint-venture-BP-Bunge-Bioenergia-no-Brasil>. Acesso em: 8 out. 2025.

CALDER, P. H.; GUPTA, P. C. Engine options for supersonic cruise aircraft. *In: AIAA/SAE 14TH JOINT PROPULSION CONFERENCE, 1978, Las Vegas. Anais [...].* Las Vegas: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1978. p. 17. Disponível em: <https://doi.org/10.2514/6.1978-1054>. Acesso em: 1 out. 2024.

CALMON, E. **Líder opera 1º voo de aviação geral com combustível sustentável no Brasil.** 2025. Disponível em:

<https://www.cnnbrasil.com.br/economia/lider-opera-primeiro-voo-de-aviacao-geral-com-combustivel-sustentavel-no-brasil/>. Acesso em: 17 out. 2025.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Rio-92.** 2012. Disponível em:

<https://www2.camara.leg.br/a-camara/documentos-e-pesquisa/arquivo/sites-tematicos/rio20/co-92>. Acesso em: 25 set. 2024.

CHIAPPINI, G. **Vibra Energia fecha parceria com BBF para vender SAF a partir de 2025.** 2022. Disponível em:

<https://eixos.com.br/combustiveis-e-bioenergia/biocombustiveis/vibra-energia-fecha-parceria-com-bbf-para-vender-saf-a-partir-de-2025/>. Acesso em: 6 out. 2025.

CHRISTIANSEN, R. **Sweden's Drive for E85**. 2009. Disponível em: <https://ethanolproducer.com/articles/swedens-drive-for-e85-5737>. Acesso em: 24 out. 2025.

CHRISTOFF, P. The Bali roadmap: Climate change, COP 13 and beyond. **Environmental Politics**, Abingdon, v. 17, n. 3, p. 466–472, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09644010802065807>. Acesso em: 29 set. 2024.

CNN BUSINESS. **BP makes its biggest oil and natural gas discovery in 25 years as it refocuses on fossil fuels**. 2025. Disponível em: <https://www.cnn.com/2025/08/04/business/bp-oil-gas-discovery-intl>. Acesso em: 8 out. 2025.

CNPE. **Resolução nº 7, de 20 de abril de 2021 que institui o Programa Combustível do Futuro, cria o Comitê Técnico Combustível do Futuro e dá outras providências**. 20 abr. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/resolucoes-2021/ResCNPE72021.pdf>. Acesso em: 26 maio 2025.

CNT. **Combustível Sustentável de Aviação: Uma das soluções para a transição energética do setor aéreo**. 2025. Disponível em: <https://cnt.org.br/documento/e8fcc592-4f7d-4ea4-af15-224754097857>. Acesso em: 13 out. 2025.

COMISSÃO EUROPEIA. **Regulamento (UE) 2018/842 do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de maio de 2018 relativo às reduções anuais obrigatórias das emissões de gases com efeito de estufa pelos Estados-Membros entre 2021 e 2030 como contributo para a ação climática a fim de cumprir os compromissos assumidos no âmbito do Acordo de Paris e que altera o Regulamento (UE) n.º 525/2013**. 2018. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2018/842/oj/eng>. Acesso em: 11 nov. 2025.

COMISSÃO EUROPEIA. **Comunicado da Comissão: Pacto Ecológico Europeu**. 2019. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640>. Acesso em: 4 nov. 2025.

COMISSÃO EUROPEIA. **Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comitê Econômico e Social Europeu e ao Comitê das Regiões: Objetivo 55: alcançar a meta climática da UE para 2030 rumo à neutralidade climática**. 2021. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021DC0550>. Acesso em: 4 nov. 2025.

COMISSÃO EUROPEIA. **Regulamento (UE) 2023/2405 do Parlamento Europeu e do Conselho de 18 de outubro de 2023 relativo à garantia de condições de concorrência equitativas para um transporte aéreo sustentável (ReFuelEU Aviação)**. 2023a. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/2405/oj/eng>. Acesso em: 4 nov. 2025.

COMISSÃO EUROPEIA. **About Effort Sharing - Climate Action**. 2023b. Disponível em: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/effort-sharing-member-states-emission-targets/about-effort-sharing_en. Acesso em: 11 nov. 2025.

COMISSÃO EUROPEIA. **What is the EU ETS?**. 2025. Disponível em: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/what-eu-ets_en?etr

ans=pt&etransnolive=1. Acesso em: 12 jan. 2025.

CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. **Fit for 55**. 2023. Disponível em: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>. Acesso em: 9 jan. 2024.

CORREIO BRAZILIENSE. **Lançada no Rio Plataforma Brasileira de Bioquerosene no âmbito da Rio+20**. 2012. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/especiais/rio-mais-20/2012/06/19/especial-enem,308104/lancada-no-rio-plataforma-brasileira-de-bioquerosene-no-ambito-da-rio-20.shtml>. Acesso em: 5 out. 2025.

CRUZ JUNIOR, A. S. de. **Diplomacia, desenvolvimento e sistemas nacionais de inovação: estudo comparado entre Brasil, China e Reino Unido**. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, 2011. Disponível em: https://funag.gov.br/loja/download/856-Diplomacia_desenvolvimento_e_sistema_nacional_de_inovacao.pdf.

DALGAARD, K. G. **The energy statecraft of Brazil: the rise and fall of Brazil's ethanol diplomacy**. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, 2017. (Coleção Relações internacionais).

DAMAZIO, V. **Copersucar recebe certificação ISCC para SAF**. 2023. Disponível em: <https://www.argusmedia.com/pt/news-and-insights/latest-market-news/2507545-copersucar-recebe-certificacao-iscc-para-saf>. Acesso em: 8 out. 2025.

DE MESTRAL, A. L. C. *et al.* (org.). **Sustainable development, international aviation, and treaty implementation**. Cambridge: Cambridge University Press, 2018. (Treaty implementation for sustainable development).

DIAS, J. L. de M.; QUAGLINO, M. A. **A questão do petróleo no Brasil: Uma história da Petrobrás**. Rio de Janeiro: CPDOC/FGV: Petrobras, 1993. Disponível em: <https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/56060e72-aa1a-4d3c-80fa-8880a69ea491/content>. Acesso em: 30 nov. 2024.

DINAMARCA *et al.* **Submission by the Danish Presidency of the Council of the European Union and the European Commission on behalf of the European Union and its Member States**. 2025. Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/2025-11/DK-2025-11-05%20EU%20NDC.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2025.

DUSITA, de H. **SkyNRG SAF capacity projects**. Valência, 2025. Disponível em: https://www.eubce.com/wp-content/uploads/2025/06/Dusita-de-HoopSextet-Meeting-SkyNRG-presentation_Dusita-de-Hoop.pdf. Acesso em: 17 nov. 2025.

EIXOS. **Embraer testa jatos usando apenas combustível sustentável (SAF)**. 2023. Disponível em: <https://eixos.com.br/combustiveis-e-bioenergia/biocombustiveis/embraer-testa-jatos-usando-penas-combustivel-sustentavel-de-aviacao/>. Acesso em: 14 out. 2025.

EIXOS; ESTADÃO. **Empresa dos EUA deve investir R\$ 2,3 bi em SAF em Maringá**. 2025. Disponível em:

<https://eixos.com.br/combustiveis-e-bioenergia/biocombustiveis/empresa-dos-eua-deve-investir-23-bilhoes-de-reais-na-fabrica-de-saf-em-maringa-pr/>. Acesso em: 12 out. 2025.

EKHOLM, N. On the variations of the Climate of the geolocial and historical pas and their causes. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, New Jersey, v. 27, n. 117, p. 1–62, 1901. Disponível em: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/qj.49702711702>. Acesso em: 18 set. 2024.

EMBASSY OF SWEDEN. **Team Sweden Brazil**. 2020. Disponível em: <https://www.swedenabroad.se/pt/sobre-a-suécia-non-swedish-citizens/brasil/visitar-a-suécia/relações-comerciais-entre-a-suécia-e-o-brasil2/team-sweden-brazil/>. Acesso em: 12 jan. 2024.

EMBRAER. **Embraer celebra 20 anos da certificação do primeiro avião Ipanema movido a etanol**. 2024. Disponível em: <https://embraer.com/br/pt/noticias?slug=1207467-embraer-celebra-20-anos-da-certificacao-do-primeiro-aviao-ipanema-movido-a-etanol>. Acesso em: 23 abr. 2025.

EMBRAER. **Embraer: história da embraer**. 2025. Disponível em: <https://historicalcenter.embraer.com/br/pt/historia>. Acesso em: 12 maio 2025.

ENERGIMYNDIGHETEN. **Projektinformation: Genomförbarhetsstudie: Kraftvärmeintegrerad flygbränsleproduktion [Informações sobre o projeto: Estudo de viabilidade: Produção de combustível para aviação integrada à cogeração]**. 2020a. Disponível em: <https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/projektdatabas/sokresultat/?registrationnumber=2018-011927>. Acesso em: 15 nov. 2025.

ENERGIMYNDIGHETEN. **Projektinformation: Från flis till flygplan i Småland (FFS) [Informações sobre o projeto: De cavacos de madeira a aviões em Småland (FFS)]**. 2020b. Disponível em: <https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/projektdatabas/sokresultat/?registrationnumber=2018-011834>. Acesso em: 15 nov. 2025.

ENERGIMYNDIGHETEN. **Projektinformation: Validering och demonstration av skogsbaseade bioflygbränslen, steg 1 [Informações sobre o projeto: Validação e demonstração de biocombustíveis para aviação à base de madeira, fase 1]**. 2020c. Disponível em: <https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/projektdatabas/sokresultat/?registrationnumber=2018-011924>. Acesso em: 15 nov. 2025.

ENERGIMYNDIGHETEN. **Projektinformation: Spelplan för biojetbränslen – höghöjdseffekter, kol-, klimat- och kostnadseffektivitet [Informações sobre o projeto: Plano de ação para biocombustíveis para aviação – efeitos em altitude elevada, eficiência em termos de carbono, clima e custos]**. 2021a. Disponível em: <https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/projektdatabas/sokresultat/?registrationnumber=2019-006012>. Acesso em: 15 nov. 2025.

ENERGIMYNDIGHETEN. **Projektinformation: Systemperspektiv på svensk produktion av biojetbränslen [Informações sobre o projeto: Perspectiva sistêmica da produção sueca de biocombustíveis para aviação]**. 2021b. Disponível em: <https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/projektdatabas/sokresultat/?registrationnumber=2019-006012>

stationnumber=2019-005989. Acesso em: 15 nov. 2025.

ENERGIMYNDIGHETEN. **Energy in Sweden 2022**. 2023a. Disponível em: <https://energimyndigheten.a-w2m.se/System/TemplateView.aspx?p=arkitektkopia&id=9c72104cd5e04691bab1cc769bbd6dc6&l=t&cat=%2FEnergil%C3%A4get&lstqty=1>. Acesso em: 31 mar. 2025.

ENERGIMYNDIGHETEN. **Vägen mot ett fossilfritt flyg [O caminho para uma aviação sem combustíveis fósseis]**. 2023b. Disponível em: <https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/forskning/transporter/fossilfritt-flyg/>. Acesso em: 15 nov. 2025.

ENERGIMYNDIGHETEN. **Energianvändning i transportsektorn (inrikes och utrikes) uppdelad per bränsleslag, 1970- [Consumo de energia no setor dos transportes (nacional e internacional) por tipo de combustível, 1970-]**. 2025a. Disponível em: https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/Energimyndighetens_statistikdatabas/Energimyndighetens_statistikdatabas__Officiell_energistatistik__Transportsektorns_energianvandning/EN0118_1.px/table/tableViewLayout2/?rxid=500b004e-7586-4511-91a7-c5f07d179919. Acesso em: 13 nov. 2025.

ENERGIMYNDIGHETEN. **Total final energy consumption in transport sector by transport category from 1970, TWh**. 2025b. Disponível em: https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/en/Energimyndighetens_statistikdatabas/Energimyndighetens_statistikdatabas__Officiell_energistatistik__Arlig_energibalans__Total_slutlig_energianvandning__Transportsektorn/EN0202_12.px/table/tableViewLayout2/. Acesso em: 7 abr. 2025.

ENERGIS 8 BRASIL. **Institucional: Energis 8 Brasil**. 2024. Disponível em: <https://www.energis8brasil.com/institucional/>. Acesso em: 8 out. 2025.

EPE. **O compromisso do Brasil no combate às mudanças climáticas: produção e uso de energia**. 2016. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-308/NT%20COP21%20iNDC.pdf>. Acesso em: 29 out. 2025.

EPE. **Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2032: Demanda Energética do Setor de Transportes**. 2023. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-689/topico-640/Caderno%20de%20Demanda%20de%20Transportes_PDE%202032.pdf. Acesso em: 21 jun. 2025.

EPE. **Demanda de Energia dos Veículos Leves: 2024-2033**. Brasília, 2024. Nota técnica. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-331/topico-739/NT-EPE-DPG-SDB-2024-10_Demanda%20de%20energia%20veiculos%20leves_2025-2034_R1.pdf. Acesso em: 21 abr. 2025.

EPE. **Perspectivas para o Mercado Brasileiro de Combustíveis no Curto Prazo**. 2025a. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-594/topico-752/Perspectivas%20para%20o%20Mercado%20Brasileiro%20de%20>

Combust%C3%ADveis%20no%20Curto%20Prazo_2025-02.pdf. Acesso em: 2 abr. 2025.

EPE. **Balço Energético Nacional: Ano base 2024**. 2025b. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-885/topico-767/BEN_S%C3%ADntese_2025_PT.pdf. Acesso em: 20 jun. 2025.

ESPANHA; COMISSÃO EUROPEIA. **Submission by Spain the European Comission on behalf of the European Union and its Member States**. 2023. Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2023-10/ES-2023-10-17%20EU%20submission%20NDC%20update.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2025.

ESTEVO, J. dos S. **A Política Externa do Presidente Lula da Silva no âmbito das mudanças climáticas (2003 - 2009)**. 2012. 78 f. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Relações Internacionais San Tiago Dantas, UNESP, UNICAMP, PUC-SP, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/ef73ba72-4ad9-4a21-a233-a4a7dd642aca/content>. Acesso em: 15 jun. 2025.

ESTEVO, J. dos S. **Riscos e mudanças climáticas: os casos de Brasil e China (2011-2019)**. 2021. 232 f. Tese - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/1166285>. Acesso em: 11 set. 2024.

ETHIOPIAN. **Sustainable Skies: Ethiopian Airlines' MoU with Satarem Marks a New Era of Eco-Friendly Travel**. 2024. Disponível em: <https://corporate.ethiopianairlines.com/Press-release-open-page/sustainable-skies-ethiopian-airlines-mou-with-satarem-marks-a-new-era-of-eco-friendly-travel>. Acesso em: 12 out. 2025.

EUROCONTROL. **Collaborative Environment Management (CEM) in practice: Case studies: Operational stakeholder collaboration at European Airports**. 2021. Disponível em: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2021-12/eurocontrol-cem-case-studies-ed-1-0.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2025.

EUROPEAN COMMISSION. **The EU Emissions Trading System (EU ETS)**. 2016. Disponível em: https://climate.ec.europa.eu/document/download/5dee0b48-a38f-4d10-bf1a-14d0c1d6febd_en?filename=factsheet_ets_en.pdf&prefLang=pt. Acesso em: 7 nov. 2025.

EUROPEAN COMMISSION. **Sweden: Incentives and Legislation**. 2025. Disponível em: <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/transport-mode/road/sweden/incentives-legislations>. Acesso em: 3 nov. 2025.

EXAME. **GOL realizará primeiro voo comercial com biocombustível**. 2013. Disponível em: <https://exame.com/mundo/gol-realizara-primeiro-voo-comercial-com-biocombustivel/>. Acesso em: 2 out. 2025.

FAB. **Especial: 70 anos da criação do ITA (1ª década)**. 2020. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/35763>. Acesso em: 12 maio 2025.

FAPESP. **Biocombustíveis para aviões**. 2025. Disponível em: <https://bv.fapesp.br/linha-do-tempo/2148/biocombustiveis-para-avioes/>. Acesso em: 7 out. 2025.

FARAMELLI, N. J. Toying with the Environment and the Poor: A Report on the Stockholm Environmental Conferences. **Boston College Environmental Affairs Law Review**, Boston, v. 2, n. 3, p. 469, 1972. Disponível em: <https://lira.bc.edu/work/sc/efd1dc01-b7e0-4f94-af58-24053dbfa1cb>. Acesso em: 27 abr. 2024.

FECOMBUSTÍVEIS. **Raízen inaugura fábrica de R\$ 1,2 bi e avança na produção do etanol de segunda geração**. 2024. Disponível em: <https://www.fecombustiveis.org.br/noticia/raizen-inaugura-fabrica-de-r-12-bi-e-avanca-na-producao-do-etanol-de-segunda-geracao/257162>. Acesso em: 8 out. 2025.


FEITOSA, L. M.; SILVA, H. I. D. P. **Diplomacia e segurança energética brasileira: cronologia e características dos acordos internacionais (1990 a 2020)**. João Pessoa: Editora UFPB, 2022.

FERNANDES, C. **GOL faz primeiro voo internacional com biocombustível**. 2014. Disponível em: <https://newsavia.com/gol-faz-primeiro-voo-internacional-com-biocombustivel/>. Acesso em: 2 out. 2025.

FERREIRA, C. **Embraer acelera testes para voar com 100% de combustível sustentável até 2030**. 2025. Disponível em: <https://aeroin.net/embraer-acelera-testes-para-voar-com-100-de-combustivel-sustentavel-ate-2030/>. Acesso em: 14 out. 2025.

FIERN. **Brasil inaugura primeira planta piloto para produzir combustível sustentável de aviação; infraestrutura foi instalada no RN**. 2023. Disponível em: <https://www.fiern.org.br/brasil-inaugura-primeira-planta-piloto-para-produzir-combustivel-sustentavel-de-aviacao-infraestrutura-foi-instalada-no-rn/>. Acesso em: 12 out. 2025.

FIGUEIREDO, S. **O carro a álcool: Uma experiência de política pública para a inovação no Brasil**. 2006. 116 f. Dissertação - Universidade de Brasília, Brasília, 2006. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4899/1/2006_SergioFigueiredo.pdf. Acesso em: 12 maio 2025.

FINEP. **Finep -  O estado de São Paulo se prepara para receber a primeira planta industrial dedicada à produção de combustível de aviação sustentável (SAF) no Brasil [...]**. 2024. Disponível em: <https://www.facebook.com/photo/?fbid=927012532795558&set=a.337709611725856>. Acesso em: 8 out. 2025.

FIRJAN. **Panorama dos Combustíveis Sustentáveis de Aviação (SAF): Petróleo, Gás, Energias e Naval**. Rio de Janeiro, 2025. Disponível em: https://storsiteobservatorio.blob.core.windows.net/midiasiteobservatorio-prod/2025-07/07.2025%20-%20Nota%20SAF_v7.pdf. Acesso em: 6 out. 2025.

FLY GREEN FUND. **About us**. 2025. Disponível em: <https://flygreenfund.se/en/about-us/>. Acesso em: 17 nov. 2025.

FORBES AGRO. **Vibra Começa a Comercializar SAF no Brasil**. 2025. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbesagro/2025/03/vibra-comeca-a-comercializar-saf-no-brasil/>. Acesso em: 12 out. 2025.

FÖRENINGEN SVENSKT FLYG INTRESSE; FOSSILFRITT SVERIGE. **Färdplan för fossilfri konkurrenskraft flygbranschen [Roteiro estratégico para competitividade na transição de combustíveis livres de emissões na indústria da aviação]**. 2018. Disponível em: https://fossilfritt.sverige.se/wp-content/uploads/2020/10/ffs_flygbranschen.pdf. Acesso em: 12 nov. 2025.

FOSSILFRITT FLYG 2045. **Fossil-Free Aviation 2045: Actions, obstacles and needs**. 2021. Disponível em: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1523447/FULLTEXT01.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2025.

FREITAS, A. **Azul e Gol fazem voos experimentais com cana-de-açúcar e óleo de milho**. 2022. Disponível em: <https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2012/06/19/azul-e-gol-fazem-voos-experimentais-com-biocombustiveis.htm>. Acesso em: 14 out. 2025.

GARBIN, R. B.; HENKES, J. A. A sustentabilidade na produção de biocombustíveis de aviação no Brasil. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Palhoça, v. 7, n. 2, p. 67–104, 2018. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/6201. Acesso em: 17 jan. 2024.

GASPARIN, G. **Gol faz voo experimental com bioquerosene**. 2012. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/negocios/noticia/2012/06/gol-faz-voo-experimental-com-bioquerosene.html>. Acesso em: 2 out. 2025.

GEO BIO GAS & CARBON. **Geo e GIZ firmam parceria para desenvolver SAF no Brasil**. 2024. Disponível em: <https://www.geobiogas.tech/geo-e-giz-firmaram-uma-parceria-para-desenvolver-saf>. Acesso em: 8 out. 2025.

GERRING, J. What is a case study and what is it good for?. **The American Political Science Review**, Cambridge, v. 98, n. 2, p. 341–354, 2004. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/4145316>. Acesso em: 3 dez. 2023.

GIANOTTO, J. **Airbus e parceiros vão analisar viabilidade de infraestrutura de hidrogênio em aeroportos**. 2024. Disponível em: <https://aeroin.net/airbus-e-parceiros-va-analisar-viabilidade-de-infraestrutura-de-hidrogenio-em-aeroportos/>. Acesso em: 18 nov. 2025.

GIDDENS, A. **A política da mudança climática**. Rio de Janeiro: Zahar, 2010.

GKN AEROSPACE. **Swedish airline Västflyg becomes the world's first airline to use the highest possible blend of sustainable aviation fuel on all flights**. 2023. Disponível em: <https://www.gknaerospace.com/news-insights/insights/swedish-airline-vaestflyg-becomes-the-worlds-first-airline-to-use-the-highest-possible-blend-of-sustainable-aviation-fuel-on-all-flights/>. Acesso em: 17 nov. 2025.

GLOBAL E-FUELS. **Liquid Wind Granted €3.6 Million in Funding for e-Fuel Project in Sweden**. 2025. Disponível em: <https://global-efuels.com/news/liquid-wind-granted-e3-6-million-in-funding-for-e-fuel-project-in-sweden/>. Acesso em: 16 nov. 2025.

GOL LINHAS AÉREAS; VIBRA ENERGIA. **GOL, com apoio da Vibra, lança iniciativa para compensação pioneira de SAF no Brasil**. 2024. Disponível em: <https://www.vibraenergia.com.br/sites/default/files/2024-06/gol-com-apoio-da-vibra-lan%C3%A7a-iniciativa-para-compensacao-pioneira-de-saf-no-brasil.pdf>. Acesso em: 14 out. 2025.

GOLDEMBERG, J. Sugarcane ethanol: Strategies to a successful program in Brazil. *In*: LEE, J. W. (org.). **Advanced biofuels and bioproducts**. Nova Iorque: Springer, 2013.

GOLDTHAU, A. Energy Diplomacy in trade and investment of oil and gas. *In*: GOLDTHAU, A.; WITTE, J. M. **Global energy governance: the new rules of the game**. Washington (D.C.): Brookings institution press, 2010. p. 25–47.

GRANBERG, F. **Production of bio-electrofuels at LTU Green Fuels**. Edmonton, 2023. Disponível em: <https://task33.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/33/2023/09/F.-Granberg.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2025.

GREENAIR NEWS. **First commercial Swedish biofuel flights as SkyNRG and Statoil announce Karlstad Airport as the country's first BioPort**. 2014. Disponível em: <https://archives.greenairnews.com/www.greenaironline.com/news7403.html?viewStory=1940>. Acesso em: 18 nov. 2025.

GREENAIR NEWS. **Swedish regional airline BRA undertakes first biofuel flight of a turboprop ATR 72-600**. 2017. Disponível em: <https://archives.greenairnews.com/www.greenaironline.com/newsbbfa.html?viewStory=2335>. Acesso em: 18 nov. 2025.

GREENAIR NEWS. **Sweden's Braathens Regional Airlines to offer passengers the option to book biofuel flights**. 2018. Disponível em: <https://archives.greenairnews.com/www.greenaironline.com/newsbd76.html?viewStory=2464>. Acesso em: 18 nov. 2025.

GRIFFITHS, S. Energy diplomacy in a time of energy transition. **Energy Strategy Reviews**, Amsterdam, v. 26, p. 100386, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X19300793>. Acesso em: 16 jan. 2024.

GUEDES, L. **BP Bunge recebe ISCC de etanol para SAF**. 2023. Disponível em: <https://www.argusmedia.com/pt/news-and-insights/latest-market-news/2501422-correcao-bp-bunge-recebe-iscc-de-etanol-para-saf>. Acesso em: 8 out. 2025.

GUEDES, L. **Pradópolis: São Martinho recebe ISCC de etanol para SAF**. 2024a. Disponível em: <https://www.argusmedia.com/pt/news-and-insights/latest-market-news/2535142-pradopolis-sa-o-martinho-recebe-iscc-de-etanol-para-saf>. Acesso em: 8 out. 2025.

GUEDES, L. **Usina Coruripe recebe ISCC de etanol para SAF**. 2024b. Disponível em: <https://www.argusmedia.com/pt/news-and-insights/latest-market-news/2551515-usina-coruripe-recebe-iscc-de-etanol-para-saf>. Acesso em: 9 out. 2025.

GUIMARÃES, P. **Os escandinavos**. São Paulo: Editora Contexto, 2021. (Povos e civilizações, nº 7).

H2B ENERGY TRANSITION. **H2B faz parceria técnica com Universidade Federal do Pará e PCT-Guamá para estudar matérias-primas amazônicas na produção de SAF.**

2025. Disponível em:

<https://h2bgreen.com/h2b-faz-parceria-tecnica-com-universidade-federal-do-para-e-pct-guama-para-estudar-materias-primas-amazonicas-na-producao-de-saf/>. Acesso em: 12 out. 2025.

HANSSON, J. *et al.* The Potential for Electrofuels Production in Sweden Utilizing Fossil and Biogenic CO₂ Point Sources. **Frontiers in Energy Research**, Lausanne, v. 5, 2017.

Disponível em:

<https://www.frontiersin.org/journals/energy-research/articles/10.3389/fenrg.2017.00004/full>. Acesso em: 7 abr. 2025.

HELLESUND, S.; ELFLY GROUP. **Business models for Nordic electric aviation:** Project report from the Nordic Network for Electric Aviation (NEA) 1.0 (2019-2022). Copenhagen, 2022. Disponível em:

<https://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:1718226/FULLTEXT01.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2025.

HOLMBERG, P.; TANGERÅS, T. P. **The Swedish electricity market – today and in the future:** Economic Review. Estocolmo, 2023. Disponível em:

https://www.riksbank.se/globalassets/media/rapporter/pov/artiklar/engelska/2023/230512/2023_1-the-swedish-electricity-market--today-and-in-the-future.pdf. Acesso em: 17 nov. 2025.

HOLMO, A. C. *et al.* Cooperação internacional para a inovação. *In: A HISTÓRIA DA INOVAÇÃO NO BRASIL: DESAFIOS E OPORTUNIDADES.* Rio de Janeiro: Frade, 2024.

Disponível em:

<https://inovacaoobrasil.ctsmart.org/wp-content/uploads/2024/09/A-Historia-da-Inovacao-no-Brasil.pdf>. Acesso em: 5 maio 2025.

HONEYWELL. **St1 Nordic Refinery Uses Honeywell Technology To Produce Sustainable Aviation Fuel.** 2024. Disponível em:

<https://www.honeywell.com/us/en/press/2024/10/st1-nordic-refinery-uses-honeywell-technology-to-produce-sustainable-aviation-fuel>. Acesso em: 16 nov. 2025.

HUSE, C. Fast and Furious (and Dirty): How asymmetric regulation may hinder environmental policy. **Munich Personal RePEc Archive**, Munich, p. 39, 2014. Disponível em: <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/48909/>. Acesso em: 25 out. 2025.

IAE. **Histórico.** 2019. Disponível em: <https://iae.dcta.mil.br/index.php/historico>. Acesso em: 12 maio 2025.

IATA. **Global outlook for air transport: highly resilient, less robust.** Montreal, 2023.

Disponível em:

<https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/global-outlook-for-air-transport---june-2023/>. Acesso em: 20 jun. 2025.

IATA. **Current Airline Members.** 2024a. Disponível em:

<https://www.iata.org/en/about/members/airline-list/>. Acesso em: 28 set. 2024.

IATA. **Net zero 2050: sustainable aviation fuels (SAF).** 2024b. Disponível em:

<https://www.iata.org/en/programs/sustainability/sustainable-aviation-fuels/>. Acesso em: 22 out. 2025.

IATA. **The value of air transport to Sweden**. 2024c. Disponível em: <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/the-value-of-air-transport-to-sweden/>. Acesso em: 27 out. 2025.

IATA *et al.* **Understanding SAF Sustainability Certification: Guidance document on requirements and criteria for sustainability certification**. 2024. Disponível em: https://www.iata.org/contentassets/0bf212bfc0548f2b6ad4c1e229f7e94/guidance-document-on-saf-sustainability-certification-v0.41_rm-indepth.pdf. Acesso em: 3 mar. 2025.

IATA. **IATA Welcomes Abolition of Swedish Aviation Tax**. 2024d. Disponível em: <https://www.iata.org/en/pressroom/2024-releases/2024-09-03-02/>. Acesso em: 5 nov. 2025.

ICAO. **The role of civil aviation in the relationship between Technological Advancement and the Human Environment**. 1971. Disponível em: https://www.icao.int/Meetings/AMC/MA/Assembly%2018th%20Session/a18_wp40.djvu. Acesso em: 18 jul. 2024.

ICAO. **Resolutions adopted at the 32nd Session of the Assembly**. 1998. Disponível em: <https://www.icao.int/Meetings/AMC/MA/Assembly%2032nd%20Session/resolutions.pdf>. Acesso em: 23 set. 2024.

ICAO. **Resolutions adopted at the 36th Session of the Assembly**. 2007. Disponível em: https://www.icao.int/Meetings/AMC/MA/Assembly%2036th%20Session/A36_res_prov_en.pdf. Acesso em: 30 set. 2024.

ICAO. **High-Level Meeting on international aviation and climate change: Summary of discussions**. 2009. Disponível em: https://www.icao.int/Meetings/AMC/MA/High%20Level%202009/hlmenv_sd001-rev_en.pdf. Acesso em: 30 set. 2024.

ICAO. **2010 ICAO environmental report**. Montreal, 2010a. Disponível em: https://www.icao.int/environmental-protection/documents/publications/env_report_2010.pdf. Acesso em: 11 dez. 2023.

ICAO. **Resolutions adopted at the 37th Session of the Assembly**. 2010b. Disponível em: https://www.icao.int/Meetings/AMC/Assembly37/Documents/ProvisionalEdition/a37_res_prov_en.pdf. Acesso em: 30 set. 2024.

ICAO. **Global aviation and our sustainable future: International Civil Aviation Organization briefing for RIO+20**. 2012. Disponível em: https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/Rio+20_booklet.pdf. Acesso em: 28 set. 2024.

ICAO. **Act Global**. 2013a. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/act-global.aspx>. Acesso em: 30 set. 2024.

ICAO. **Resolutions adopted at the 38th Session of the Assembly**. 2013b. Disponível em: https://www.icao.int/Meetings/a38/Documents/Resolutions/a38_res_prov_en.pdf. Acesso em: 30 set. 2024.

ICAO. **2016 ICAO environmental report**. Montreal, 2016a. Disponível em:

<https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ICAO%20Environmental%20Report%202016.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2024.

ICAO. **Resolutions adopted at the 39th Session of the Assembly**. 2016b. Disponível em: https://www.icao.int/Meetings/a39/Documents/Resolutions/a39_res_prov_en.pdf. Acesso em: 19 jan. 2025.

ICAO *et al.* **Sustainable Aviation Fuels Guide**. 2017. Disponível em: https://www.icao.int/environmental-protection/knowledge-sharing/Docs/Sustainable%20Aviation%20Fuels%20Guide_vf.pdf. Acesso em: 4 mar. 2025.

ICAO. **2019 ICAO environmental report**: ICAO environmental report. Montreal, 2019a. Disponível em: [https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ICAO-ENV-Report2019-F1-WEB%20\(1\).pdf](https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ICAO-ENV-Report2019-F1-WEB%20(1).pdf). Acesso em: 4 mar. 2024.

ICAO. **The Fiftieth Session of the UNFCCC Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice (SBSTA50): Submission by the International Civil Aviation Organization (ICAO)**. 2019b. Disponível em: https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/SBSTA50%20ICAO%20submission_Final.pdf. Acesso em: 30 set. 2024.

ICAO. **The need for a smooth transition from CORSIA MBM to SAF: proposal of a way forward**. 2019c. Disponível em: https://www.icao.int/Meetings/a40/Documents/WP/wp_291_en.pdf. Acesso em: 17 jan. 2024.

ICAO. **CORSIA States for Chapter 3 State Pairs**. 2020. Disponível em: https://www.icao.int/sites/default/files/sp-files/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA_States_for_Chapter3_State_Pairs_Jul2020.pdf. Acesso em: 12 nov. 2025.

ICAO. **European policy actions to promote Sustainable Aviation Fuels (SAF)**. 2022. Disponível em: https://www.icao.int/Meetings/a41/Documents/WP/wp_516_en.pdf.

ICAO. **Annex 16: Environmental Protection, Volume IV**. 2023. Disponível em: <https://elibrary.icao.int/reader/229739/&returnUrl%3DaHR0cHM6Ly9lbGlicmFyeS5pY2FvLmludC9wcm9kdWN0LzIyOTczOT9fZ2w9MSpyYmw1MmgqX2dhKk9USTNNelE1TXpnMExqRTNNelkzTVRBd05Eay4qX2dhXzk5Mk4zWURMQIEqTVRjME1ETTRNell5TVM0NExqRXVNVGMwTURNNE5ESXINaTR3TGpBdU1BLi4%3D?productType=ebook>. Acesso em: 24 fev. 2025.

ICAO. **The Postal History of ICAO**. 2024a. Disponível em: https://applications.icao.int/postalhistory/annex_16_environmental_protection.htm. Acesso em: 1 jan. 2024.

ICAO. **Eligibility Framework and Requirements for Sustainability Certification Schemes**. 2024b. Disponível em: https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA_Eligible_Fuels/ICAO%20document%2003%20-%20Eligibility%20Framework%20and%20Requirements%20for%20SCSS%20-%20March%202024.pdf. Acesso em: 4 mar. 2025.

ICAO. **Climate Change**. 2024c. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/climate-change.aspx>. Acesso em: 27 jan.

2024.

ICAO. **CORSIA States for Chapter 3 State Pairs**. 2024d. Disponível em: https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA%20States%20for%20Chapter%203%20State%20Pairs_5Ed_Rev_web.pdf. Acesso em: 25 fev. 2025.

ICAO. **Conversion processes**. 2025a. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/Conversion-processes.aspx>. Acesso em: 3 mar. 2025.

ICAO. **ICAO Dashboard of SAF production facilities**. 2025b. Disponível em: http://lookerstudio.google.com/reporting/2532150c-ff4c-4659-9cf3-9e1ea457b8a3/page/p_2sq3qol5nc?feature=opengraph. Acesso em: 16 nov. 2025.

IEA. **The role of E-fuels in decarbonising transport**. 2024. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a24ed363-523f-421b-b34f-0df6a58b2e12/TheRoleofE-fuelsinDecarbonisingTransport.pdf>. Acesso em: 29 set. 2024.

IEA. **Aviation**. 2025a. Disponível em: <https://www.iea.org/energy-system/transport/aviation>. Acesso em: 26 jan. 2025.

IEA. **Sweden: Energy supply**. 2025b. Disponível em: <https://www.iea.org/countries/sweden>. Acesso em: 17 nov. 2025.

IEA BIOENERGY. **Development and Deployment of advanced biofuel demonstration facilities**. 2024. Disponível em: <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2025/02/IEA-Report-T39-T4-Development-and-Deployment-of-advanced-biofuel-demonstration-facilities-2024.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2025.

INPASA BRAZIL. **Units**. 2025a. Disponível em: <https://www.inpasa.com.br/unidades/?pg=unidades>. Acesso em: 12 out. 2025.

INPASA BRAZIL. **Inpasa obtém certificação internacional e fortalece protagonismo na produção de SAF**. 2025b. Disponível em: <https://www.inpasa.com.br/sala-de-imprensa/inpasa-obtem-certificacao-internacional-e-fortalece-protagonismo-na-producao-de-saf/977264>. Acesso em: 12 out. 2025.

IPCC. **Summary for policymakers: Aviation and the global atmosphere**. 1999. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/av-en-1.pdf>. Acesso em: 29 set. 2024.

ITAIPU BINACIONAL. **Itaipu recebe a primeira planta de produção de petróleo sintético a partir de biogás do Brasil**. 2024. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/noticias/institucional/itaipu-recebe-a-primeira-planta-de-producao-d-e-petroleo-sintetico-a-partir-de-biogas-do-brasil>. Acesso em: 8 out. 2025.

IVL. **Optimering av flygrutter för minskad klimatpåverkan [Otimização das rotas aéreas para reduzir o impacto climático]**. 2024. Disponível em: <https://www.ivl.se/vart-erbjudande/forskning/transporter/optimering-av-flygrutter-for-minskad-klimatpaverkan.html>. Acesso em: 15 nov. 2025.

JUNGES, A. L. O ‘efeito estufa’ numa perspectiva histórica: Jean Baptiste Joseph Fourier e o

problema da temperatura terrestre. **A Física na Escola**, São Paulo, v. 21, p. 230105–230105, 2023. Disponível em: <https://fisicanaescola.org.br/index.php/revista/article/view/105>. Acesso em: 2 dez. 2024.

JÚNIOR, F. Gi. R. P.; ALVES, M. A. B. Análise política do processo de compra e transferência de tecnologia dos caças Gripen. **AUSTRAL: Brazilian Journal of Strategy & International Relations**, Porto Alegre, v. 11, n. 22, 2022. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/austral/article/view/124620>. Acesso em: 4 abr. 2025.

KAASINEN, A. **The current state of using sustainable aviation fuel in Finland, Norway and Sweden**. 2021. 52 f. Monografia - Laurea University of Applied Sciences, Vantaa, 2021. Disponível em: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/498200/The%20current%20state%20of%20using%20sustainable%20aviation%20fuel%20in%20Finland%2c%20Norway%20and%20Sweden.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.

KARLSSON, M. Sweden's Climate Act – its origin and emergence. **Climate Policy**, Abingdon, v. 21, n. 9, p. 1132–1145, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14693062.2021.1922339>. Acesso em: 29 out. 2025.

KEELING, C. D. *et al.* Atmospheric carbon dioxide variations at Mauna Loa Observatory, Hawaii. **Tellus**, Stockholm, v. 28, n. 6, p. 538–551, 1976. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.2153-3490.1976.tb00701.x>. Acesso em: 4 dez. 2024.

KEOHANE, R. O.; VICTOR, D. G. The Regime Complex for Climate Change. **Perspectives on Politics**, Cambridge, v. 9, n. 1, p. 7–23, 2010. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S1537592710004068/type/journal_article. Acesso em: 17 jan. 2024.

KIM, S.-H. *et al.* Global response of upper-level aviation turbulence from various sources to climate change. **npj Climate and Atmospheric Science**, Jeddah, v. 6, n. 1, p. 1–12, 2023. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41612-023-00421-3>. Acesso em: 4 jun. 2024.

KING, G. *et al.* **Designing social inquiry: Scientific inference in qualitative research**. Princeton: Princeton University Press, 1994.

KLIMAT- OCH MILJÖMINISTER. **Sweden's Fifth Biennial Report under the UNFCCC**. 2023. Disponível em: <https://unfccc.int/documents/631569>. Acesso em: 14 nov. 2025.

KOLLEWE, J. **BP expected to scrap renewables target in shift back to fossil fuels**. 2025. Disponível em: <https://www.theguardian.com/business/2025/feb/24/bp-expected-to-scrap-renewables-target-in-shift-back-to-fossil-fuels>. Acesso em: 8 out. 2025.

KOTAITE, A. **Colloquium on environmental aspects of aviation**. 2001. Disponível em: <https://www.icao.int/Meetings/EnvironmentalColloquium/Documents/2001-Colloquium/president.pdf>. Acesso em: 18 set. 2024.

KRASNER, S. D. Structural Causes and Regime Consequences: Regimes as Intervening Variables. **International Organization**, Cambridge, v. 36, n. 2, p. 185–205, 1982. Disponível

em: <https://www.jstor.org/stable/2706520>. Acesso em: 16 jan. 2024.

KRUEGER, E. **Preem to convert Lysekil refinery to renewable diesel, SAF**. 2023.

Disponível em:

<https://biodieselmagazine.com/articles/preem-to-convert-lysekil-refinery-to-renewable-diesel-saf>. Acesso em: 17 nov. 2025.

KRUMPELMANN, S. **Shell quits Swedish e-SAF plant plan**. 2024. Disponível em:

<https://www.argusmedia.com/en/news-and-insights/latest-market-news/2585102-shell-quits-swedish-e-saf-plant-plan>. Acesso em: 17 nov. 2025.

KUYPER, J. *et al.* The evolution of the UNFCCC. **Annual Review of Environment and Resources**, Palo Alto, v. 43, n. 1, p. 343–368, 2018. Disponível em:

<https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102017-030119>. Acesso em: 13 dez. 2023.

LAGO, A. A. C. do. **Estocolmo, Rio, Joanesburgo: o Brasil e as três conferências ambientais das Nações Unidas**. 1. ed. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, 2007.

LAI, Y. Y. *et al.* Employing a Socio-Technical System Approach in Prospective Life Cycle Assessment: A Case of Large-Scale Swedish Sustainable Aviation Fuels. **Frontiers in Sustainability**, Lausanne, v. 3, 2022. Disponível em:

<https://www.frontiersin.org/journals/sustainability/articles/10.3389/frsus.2022.912676/full>. Acesso em: 3 abr. 2025.

LATAM LINHAS AÉREAS. **LATAM recebe no Brasil primeira aeronave abastecida com Combustível Sustentável de Aviação (SAF)**. 2023a. Disponível em:

<https://www.latamairlines.com/br/pt/imprensa/noticias/latam-recebe-no-brasil-primeira-aeronave-abastecida-com-combustivel-sustentavel-de-aviacao>. Acesso em: 14 out. 2025.

LATAM LINHAS AÉREAS. **LATAM recebe no Brasil seu primeiro A321neo e anuncia compra adicional de mais 13 aviões do modelo**. 2023b. Disponível em:

<https://www.latamairlines.com/br/pt/imprensa/noticias/latam-recebe-primeiro-a321neo-no-brasil>. Acesso em: 14 out. 2025.

LAZARO, L. L. B.; THOMAZ, L. F. A Participação de stakeholders na formulação da política brasileira de biocombustíveis (RenovaBio). **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 24, p. e00562, 2021. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/asoc/a/mpybYYvv8PMkybTMBZGdBvQ/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 2 abr. 2025.

LEA, A. **Sweden's Liquid Wind eyes third e-methanol plant**. 2023. Disponível em:

<https://www.argusmedia.com/pt/news-and-insights/latest-market-news/2412080-sweden-s-liquid-wind-eyes-third-e-methanol-plant>. Acesso em: 16 nov. 2025.

LEITE, I. **Azul faz voo experimental usando combustível à base de cana**. 2012. Disponível em:

<https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/noticia/2012/06/azul-faz-voo-experimental-usando-combustivel-base-de-cana-de-acucar.html>. Acesso em: 2 out. 2025.

LETÔNIA; COMISSÃO EUROPEIA. **Submission by Latvia and the European Commission on behalf of the European Union and its members states**. 2015. Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/LV-03-06-EU%20INDC.pdf>. Acesso em: 29 out.

2025.

LÍDER AVIAÇÃO. Líder Aviação faz primeiro voo da aviação geral no Brasil com combustível sustentável. 2025. Disponível em:

<https://www.lideraviacao.com.br/pt-br/visualizacao-da-noticia/ler/161/lider-aviacao-faz-primeiro-voo-da-aviacao-geral-no-brasil-com-combustivel-sustentavel>. Acesso em: 17 out. 2025.

LIJPHART, A. Comparative politics and the comparative method. **The American Political Science Review**, Cambridge, v. 65, n. 3, p. 682–693, 1971. Disponível em:

<https://www.jstor.org/stable/1955513>. Acesso em: 3 dez. 2023.

LIQUID WIND. **eMethanol as Feedstock for eSAF.** 2025. Disponível em:

<https://www.liquidwind.com/aviation>. Acesso em: 16 nov. 2025.

LOPES, J. S. C. O acordo de compensação offset entre Brasil e Suécia: O Projeto F-X2 e o Gripen NG. **Revista Perspectiva: Reflexões sobre a temática internacional**, Porto Alegre, v. 11, n. 21, 2018. Disponível em:

<https://seer.ufrgs.br/index.php/RevistaPerspectiva/article/view/81134>. Acesso em: 4 abr. 2025.

LORENZI, S. **Porto do Açu busca revitalizar cana-de-açúcar em Campos.** 2025.

Disponível em:

<https://brasilenergia.com.br/brasilenergia/rio-pipeline-2025/porto-do-acu-busca-revitalizar-cana-de-acucar-em-campos>. Acesso em: 13 out. 2025.

LTU. **Final report: Validation and demonstration of forest based bio jet fuel, step 1.**

2020. Disponível em:

https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/projektdatabas/sokresultat/GetDocument/?id=c8d77b43-1d2f-466b-90b4-5af8a0fa558f&documentName=P47457-1%20Slutrapport%20Validation%20and%20demonstration%20of%20forest%20based%20bio%20jet%20fuel,%20step%201_2.pdf.pdf. Acesso em: 15 nov. 2025.

LUDVIGSSON, J. **Our license to operate Sustainable aviation fuel: Swedavias ongoing work towards the regular use of sustainable aviation fuel.** Montreal, 2019. Disponível em:

https://www2023.icao.int/Meetings/SAFStocktaking/Documents/ICAO%20SAF%20Stocktaking%202019%20-%20AI1-4%20Jannike%20Ludvigsson.pdf?_gl=1*_wehlw3*_ga*NDM4MzQxMdc3LjE3NjA0ODc1Mjg.*_ga_992N3YDLBQ*czE3NjMzMzgyODkjbzkkZzAkdDE3NjMzMzgyODkajYwJGwwJGgw. Acesso em: 16 nov. 2025.

LUNA, D. **Empresa de Petrobras, Braskem e Ultra adota tecnologia dinamarquesa para 1ª biorrefinaria do Brasil.** 2024. Disponível em:

<https://www.estadao.com.br/economia/refinaria-petrobras-braskem-grupo-ultra-tecnologia-dinamarquesa/>. Acesso em: 13 out. 2025.

LUNDS UNIVERSITET; ENERGIMYNDIGHETEN. **Slutrapport: Systemperspektiv på svensk produktion av biojetbränslen [Relatório final: Perspectiva sistêmica sobre a produção sueca de biocombustíveis para aviação].** 2021. Disponível em:

https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/projektdatabas/sokresultat/GetDocument/?id=eec3d58-ccfa-4920-aa9a-e7698e7ea347&documentName=Systemperspektiv%20p%C3%A5%20svensk%20produktion%20av%20biojetbr%C3%A4nslen_Slutrapport.pdf.pdf. Acesso em: 15 nov. 2025.

LUSTOSA, G. **O que falta para o etanol de milho da FS ganhar asas e virar SAF?.** 2024.

Disponível em:

<https://agfeed.com.br/negocios/o-que-falta-para-o-etanol-de-milho-da-fs-ganhar-asas-e-virar-saf/>. Acesso em: 9 out. 2025.

LUSTOSA, G. O que há de concreto nos planos da Inpasa de erguer uma usina de R\$ 2,5 bilhões em Rio Verde? *In: AGFEED*. 17 jul. 2025. Disponível em:

<https://agfeed.com.br/negocios/o-que-ha-de-concreto-nos-planos-da-inpasa-de-erguer-uma-usina-de-r-25-bilhoes-em-rio-verde/>. Acesso em: 12 out. 2025.

LYLE, C. Beyond the ICAO's CORSIA: Towards a more climatically effective strategy for mitigation of civil-aviation emissions. *Climate Law*, Leiden, v. 8, n. 1–2, p. 104–127, 2018.

Disponível em: https://brill.com/view/journals/clla/8/1-2/article-p104_104.xml. Acesso em: 13 dez. 2023.

LYNCH, D. K. Cirrus clouds: Their role in climate and global change. *Acta Astronautica*, Oxford, v. 38, n. 11, p. 859–863, 1996. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0094576596000987>. Acesso em: 6 dez. 2024.

MACHADO, N. **São Martinho certifica etanol de cana para SAF no Corsia**. 2024.

Disponível em:

<https://eixos.com.br/combustiveis-e-bioenergia/biocombustiveis/sao-martinho-certifica-etanol-de-cana-para-saf-no-corsia/>. Acesso em: 8 out. 2025.

MACHADO, N. **O SAF de macaúba vai decolar?**. 2025. Disponível em:

<https://eixos.com.br/newsletters/dialogos-da-transicao/o-saf-de-macauba-vai-decolar/>. Acesso em: 6 out. 2025.

MAHONEY, J. Qualitative methodology and comparative politics. *Comparative Political Studies*, [s. l.], v. 40, n. 2, p. 122–144, 2007. Disponível em:

<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0010414006296345>. Acesso em: 3 dez. 2023.

MALINA, R. *et al.* **The Role of Sustainable Aviation Fuels in Decarbonizing Air**

Transport. Washington, D.C., 2022. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10986/38171>.

Acesso em: 26 jan. 2025.

MARCELINO, L. **Afry fará engenharia básica de biorrefino da RPR, em Rio Grande**. 2025a. Disponível em:

<https://eixos.com.br/combustiveis-e-bioenergia/biocombustiveis/afry-fara-engenharia-basica-de-biorrefino-da-refinaria-riograndense/>. Acesso em: 13 out. 2025.

MARCELINO, L. **Vibra inicia comercialização de SAF no Brasil**. 2025b. Disponível em:

<https://eixos.com.br/combustiveis-e-bioenergia/biocombustiveis/vibra-inicia-comercializacao-de-saf-no-brasil/>. Acesso em: 6 out. 2025.

MARSZALEK, N.; LIS, T. The future of sustainable aviation fuels. *Polish Scientific Society of Combustion Engines*, Poznań, 2022. Disponível em:

<http://www.combustion-engines.eu/The-future-of-sustainable-aviation-fuels,146696,0,2.html>. Acesso em: 29 jan. 2024.

MCTI. **Emissões de GEE por Setor**. 2023. Disponível em:

<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/emissoes/emissoes-de-gee-por-setor>

1. Acesso em: 14 abr. 2025.

MCTI; GIZ. **Estudo sobre governança e políticas públicas de incentivo à produção de Combustíveis Sustentáveis de Aviação**. 2022. Disponível em: <https://ptx-hub.org/wp-content/uploads/2022/04/Governanca-e-Politiclas-Publicas-para-SAF-3.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2025.

MELLO, A. **Gigante do etanol de milho, FS aguarda sinal verde (e dólares) dos EUA para voltar a crescer**. 2024. Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2024/06/11/gigante-do-etanol-de-milho-fs-aguarda-sinal-verde-e-dolares-dos-eua-para-voltar-a-crescer.html>. Acesso em: 9 out. 2025.

MILJÖMÅLSBEREDNINGEN. **En klimat- och luftvårdsstrategi för Sverige [Uma estratégia climática e de proteção do ar para a Suécia]**. Stockholm, 2016. Statens Offentliga Utredningar. Disponível em: <https://www.regeringen.se/contentassets/01cd0e73c9b446a5937a43a347a911b1/en-klimat--och-luftvardsstrategi-for-sverige-sou-201647/>. Acesso em: 31 out. 2025.

MINFRA. **Guia de orientação: CORSIA**. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/corsia>. Acesso em: 11 dez. 2023.

MINISTÉRIO DA DEFESA. **Brasil e Suécia ampliam parceria estratégica**. 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/centrais-de-conteudo/noticias/ultimas-noticias/brasil-e-suecia-ampliam-parceria-estrategica>. Acesso em: 17 jan. 2024.

MINISTRY OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF SWEDEN. **The Swedish report on demonstrable progress under the Kyoto Protocol**. Estocolmo, 2005. Disponível em: <https://unfccc.int/resource/docs/dpr/swe1.pdf>.

MME. **Marco Regulatório**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/biodiesel/pnpb/marco-regulatorio/marco-regulatorio>. Acesso em: 9 abr. 2025.

MME. **Programa Combustível do Futuro**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/programa-combustivel-do-futuro>. Acesso em: 26 maio 2025.

MME. **Primeira planta piloto nacional de produção de combustível sustentável de aviação a partir do biogás é inaugurada em Foz do Iguaçu**. 2024a. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/primeira-planta-piloto-nacional-de-producao-de-combustivel-sustentavel-de-aviacao-a-partir-do-biogas-e-inaugurada-em-foz-do-iguacu>. Acesso em: 8 out. 2025.

MME. **Sanção do Combustível do Futuro consolida o Brasil como líder mundial da transição energética**. 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/sancao-do-combustivel-do-futuro-consolidado-brasil-como-lider-mundial-da-transicao-energetica>. Acesso em: 1 abr. 2025.

MME. **MME atua para garantir segurança jurídica do RenovaBio em audiência no STJ**. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-atua-para-garantir-seguranca-juridica-do-renovabio-em-audiencia-no-stj>. Acesso em: 17 maio 2025.

MORGENTHAU, H. J. **A política entre as nações: A luta pelo poder e pela paz**. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, 2003.

MORIARTY, K.; MCCORMICK, R. **Sustainable Aviation Fuel Blending and Logistics**. Golden, 2024. Disponível em: <https://www.osti.gov/servlets/purl/2440801/>. Acesso em: 3 mar. 2025.

MRE. **Novo Plano de Ação da Parceria Estratégica Brasil-Suécia – Estocolmo, 19 de outubro de 2015**. 2015. Disponível em: https://www.gov.br/mre/pt-br/canais_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/novo-plano-de-acao-da-parceria-estrategica-brasil-suecia-estocolmo-19-de-outubro-de-2015. Acesso em: 24 mar. 2025.

MRE. **Lançamento da Aliança Global para Biocombustíveis**. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mre/pt-br/canais_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/lancamento-da-alianca-global-para-biocombustiveis. Acesso em: 15 jan. 2024.

MRE. **O Brasil e o desenvolvimento sustentável**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mre/pt-br/delbrasonu/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/o-brasil-e-o-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: 25 set. 2024.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **O que são as mudanças climáticas?**. 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/175180-o-que-s%C3%A3o-mudan%C3%A7as-clim%C3%A1ticas>, <https://brasil.un.org/pt-br/175180-o-que-s%C3%A3o-mudan%C3%A7as-clim%C3%A1ticas>. Acesso em: 7 dez. 2024.

NÄRINGSDEPARTEMENTET. **En svensk flygstrategi – för flygets roll i framtidens transportsystem [Uma estratégia aérea sueca – o papel da aviação no sistema de transporte do futuro]**. 2017. Disponível em: <https://innovair.org/wp-content/uploads/2017/01/En-svensk-flygstrategi-f%C3%B6r-flygets-roll-i-framtidens-transportssystem.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2025.

NASCIMENTO, B. H. A carreira fugaz do gasogênio. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, São Paulo, n. 27, p. 9–26, 1987. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rieb/article/view/69871/72526>. Acesso em: 30 nov. 2024.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **Trends in Atmospheric Carbon Dioxide (CO₂)**. 2025. Disponível em: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/mlo.html>. Acesso em: 6 nov. 2025.

NATURVÅRDSVERKET. **Sweden’s Climate Act and Climate Policy Framework**. 2025. Disponível em: <https://www.naturvardsverket.se/en/topics/climate-transition/sveriges-klimatarbete/swedens-climate-act-and-climate-policy-framework/>. Acesso em: 1 abr. 2025.

NEA. **Accelerating the development of electric aviation**. 2025. Disponível em: <https://nordicnea.com/>. Acesso em: 14 nov. 2025.

NESTE. **Aviation industry players collaborate on first regional aviation ‘Perfect Flight’ in Sweden**. 2019. Disponível em: <https://neste.com/news/aviation-industry-players-collaborate-on-first-regional-aviation-perfect-flight-in-sweden>. Acesso em: 18 nov. 2025.

NESTE. **First flight in history with 100% sustainable aviation fuel on a regional commercial aircraft.** 2022. Disponível em: <https://neste.com/news/first-flight-in-history-with-100-sustainable-aviation-fuel-on-a-regional-commercial-aircraft>. Acesso em: 23 out. 2025.

NESTE. **Neste enables Swedish Trollhättan-Vänersborg Airport and Västflyg airline to become the world's firsts to use sustainable aviation fuel on all flights.** 2023. Disponível em: <https://neste.com/news/neste-enables-swedish-trollhaettan-vaenersborg-airport-and-vaestflyg-airline-to-become-the-worlds-firsts-to-use-sustainable-aviation-fuel-on-all-flights>. Acesso em: 17 nov. 2025.

NESTE. **Neste started producing sustainable aviation fuel (SAF) at its renewables refinery in Rotterdam, the Netherlands.** 2025. Disponível em: <https://www.neste.com/news/neste-started-producing-sustainable-aviation-fuel-saf-at-its-renewables-refinery-in-rotterdam-the-netherlands>. Acesso em: 13 nov. 2025.

NETO, P. de T. **Ecopolítica das mudanças climáticas: o IPCC e o ecologismo dos pobres.** 2008. 190 f. Tese - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8131/tde-09102008-175152/publico/TESE_PETRONIO_DE_TILIO_NETO.pdf. Acesso em: 12 set. 2024.

NINA, A. M. **A diplomacia brasileira e a segurança energética nacional.** Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, 2020.

NINA INNOVATION. **ForestJet concept study highlights opportunities for biojet production.** 2018. Disponível em: <https://www.ninainnovation.com/news/forestjet-concept-study-highlights-opportunit-1>. Acesso em: 14 nov. 2025.

NISA. **Articles of association.** 2021. Disponível em: <https://nisa.dk/hjem/articles-of-association>. Acesso em: 17 nov. 2025.

NORDIC INNOVATION. **Speeding up the implementation of electric aviation in the Nordics.** 2023. Disponível em: <https://www.nordicinnovation.org/news/speeding-implementation-electric-aviation-nordics>. Acesso em: 14 nov. 2025.

NORDIC INNOVATION. **Nordic Network for Electric Aviation (NEA 1.0).** 2025a. Disponível em: <https://www.nordicinnovation.org/programs/nordic-network-electric-aviation-nea-10>. Acesso em: 14 nov. 2025.

NORDIC INNOVATION. **Nordic Network for Electric Aviation (NEA 2.0).** 2025b. Disponível em: <https://www.nordicinnovation.org/programs/nordic-network-electric-aviation-nea-20>. Acesso em: 14 nov. 2025.

NORSK E-FUEL *et al.* **Fueling the Future: Norsk e-Fuel partners with Prime Capital and RES to produce Sustainable Aviation Fuel in Sweden.** 2025. Disponível em: <https://www.norsk-e-fuel.com/articles/project-alby>. Acesso em: 16 nov. 2025.

NYMO, E.; KÄSTEL, J. **Utveckling av hållbara affärsmodeller för en fossilfri flygbransch: En branschanalys av bioflygbränslen och policys för omställning till en fossilfri flygbransch i Sverige [Desenvolvimento de modelos de negócios sustentáveis para uma indústria aeronáutica livre de combustíveis fósseis: uma análise setorial dos biocombustíveis para aviação e das políticas de transição para uma indústria aeronáutica livre de combustíveis fósseis na Suécia]**. 2022. 70 f. Tese - Linköping University, Linköping, 2022. Disponível em: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1675990/FULLTEXT01.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2024.

O GLOBO. **Embraer tem sucesso em testes de voo com biocombustível**. 2011. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/embraer-tem-sucesso-em-testes-de-voo-com-biocombustivel-2703749>. Acesso em: 7 out. 2025.

O GLOBO. **Embraer faz teste bem sucedido em voo com combustível 100% sustentável**. 2022. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/um-so-planeta/noticia/2022/06/embraer-testa-voo-com-combustivel-100percent-sustentavel.ghtml>. Acesso em: 6 out. 2025.

O'KELLY, B. **Swedish companies to produce 400,000t of SAF**. 2022. Disponível em: <https://www.argusmedia.com/en/news-and-insights/latest-market-news/2328526-swedish-companies-to-produce-400-000t-of-saf>. Acesso em: 14 nov. 2025.

PAPER PROVINCE. **COWI and Swedish Biofuels to build factories for sustainable aviation fuel production**. 2022. Disponível em: <https://paperprovince.com/cowi-and-swedish-biofuels-to-build-factories-for-sustainable-aviation-fuel-production/>. Acesso em: 16 nov. 2025.

PARLAMENTO EUROPEU; CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. **Regulamento (EU) 2021/1119 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de junho de 2021, que estabelece o quadro para alcançar a neutralidade climática e altera os Regulamentos (CE) n.º 401/2009 e (UE) 2018/1999 (Lei Europeia do Clima)**. 2021. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A32021R1119>. Acesso em: 7 jan. 2024.

PETROBRAS. **Petrobras contrata tecnologia para produção de bioquerosene de aviação e diesel 100% renovável**. 2024. Disponível em: <https://agencia.petrobras.com.br/w/petrobras-contrata-tecnologia-para-producao-de-bioquerosene-de-aviacao-e-diesel-100-renovavel>. Acesso em: 6 out. 2025.

PETROBRAS. **Petrobras divulga avanços em iniciativas para a Transição Energética**. 2025a. Disponível em: <https://agencia.petrobras.com.br/w/petrobras-divulga-avancos-em-iniciativas-para-a-transicao-energetica>. Acesso em: 6 out. 2025.

PETROBRAS. **Petrobras anuncia R\$ 33 bilhões em investimentos no refino e na petroquímica do RJ**. 2025b. Disponível em: <https://agencia.petrobras.com.br/w/petrobras-anuncia-r-33-bilhoes-em-investimentos-no-refino-e-na-petroquimica-do-rj>. Acesso em: 6 out. 2025.

PETROBRAS. **Petrobras avança na contratação para construir primeira planta de BioQAV e diesel renovável.** 2025c. Disponível em:

<https://agencia.petrobras.com.br/w/petrobras-avan%C3%A7a-na-contrata%C3%A7%C3%A3o-para-construir-primeira-planta-de-bioqav-e-diesel-renov%C3%A1vel>. Acesso em: 6 out. 2025.

PETROBRAS. **Petrobras produz SAF na Revap.** 2025d. Disponível em:

<https://agencia.petrobras.com.br/w/petrobras-produz-saf-na-revap>. Acesso em: 6 out. 2025.

PETROBRAS. **Petrobras tem a primeira refinaria do país certificada para produção de SAF.** 2025e. Disponível em:

<https://agencia.petrobras.com.br/w/petrobras-tem-a-primeira-refinaria-do-pa%C3%ADs-certificada-para-produ%C3%A7%C3%A3o-de-saf>. Acesso em: 17 out. 2025.

PETRONOTÍCIAS. **GOL irá usar combustível renovável em 200 voos comerciais.** 2014. Disponível em:

<https://petronoticias.com.br/gol-ira-usar-combustivel-renovavel-em-200-voos-comerciais/>. Acesso em: 13 out. 2025.

PONTE, S.; DAUGBJERG, C. Biofuel sustainability and the formation of transnational hybrid governance. **Environmental Politics**, Abingdon, v. 24, n. 1, p. 96–114, 2015.

Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09644016.2014.954776>. Acesso em: 17 jan. 2024.

PORTO, G. **Petrobras inclui etanol na rota do SAF e estuda unidade de produção a partir do biocombustível.** 2025. Disponível em:

<https://agfeed.com.br/negocios/petrobras-inclui-etanol-na-rota-do-saf-e-estuda-unidade-de-producao-a-partir-do-biocombustivel/>. Acesso em: 6 out. 2025.

PORTO DO AÇU. **Porto do Açu e Repsol Sinopec Brasil assinam acordo para estudo de descarbonização do setor marítimo-portuário.** 2025. Disponível em:

<https://portodoacu.com.br/porto-do-acu-e-repsol-sinopec-brasil-assinam-acordo-para-estudo-de-descarbonizacao-do-setor-maritimo-portuario/>. Acesso em: 13 out. 2025.

POTTER, H. **Palma de áreas desmatadas ilegalmente está nos planos de combustível de aviação sustentável da Amazônia.** 2025. Disponível em:

<http://infoamazonia.org/2025/06/18/palma-de-areas-desmatadas-ilegalmente-esta-nos-planos-de-combustivel-sustentavel-de-aviacao-na-amazonia/>. Acesso em: 8 out. 2025.

PREEM. **Preem and SAS in Cooperation on Renewable Aviation Fuel.** 2018. Disponível em:

<https://www.preem.com/en/press-and-news/news/2018/preem-and-sas-in-cooperation-on-renewable-aviation-fuel>. Acesso em: 16 nov. 2025.

PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. **Plataforma de Bioquerosene e Renováveis da Zona da Mata.** 2018. Disponível em:

<https://www2.ufjf.br/critt/files/2019/09/PLATAFORMA-BIOQUEROSENE-ZONA-DA-MATA-VERS%C3%83O-FINAL-07-05-2018-1-1.pdf>. Acesso em: 21 out. 2025.

PREFEITURA DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS. **Embraer e Boeing inauguram centro de biocombustíveis.** 2025. Disponível em:

https://servicos.sjc.sp.gov.br/arquivonoticias/noticia.aspx?noticia_id=19426. Acesso em: 7

out. 2025.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Discurso do Presidente da República, Luiz Inácio Lula da Silva, na cerimônia de abertura do “Dia do Brasil”**. 2007. Disponível em: <https://www.biblioteca.presidencia.gov.br/presidencia/ex-presidentes/luiz-inacio-lula-da-silva/discursos/2o-mandato/2007/12-09-2007-discurso-do-presidente-da-republica-luiz-inacio-lula-da-silva-na-cerimonia-de-abertura-do-201cdia-do-brasil201d>. Acesso em: 16 mar. 2025.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Discurso do Presidente da República, Luiz Inácio Lula da Silva, durante jantar privado oferecido pelos Reis da Suécia**. 2009. Disponível em: <http://www.biblioteca.presidencia.gov.br/presidencia/ex-presidentes/luiz-inacio-lula-da-silva/discursos/2o-mandato/2009/06-10-2009-discurso-do-presidente-da-republica-luiz-inacio-lula-da-silva-durante-jantar-privado-oferecido-pelos-reis-da-suecia/view>. Acesso em: 16 mar. 2025.

PRIME CAPITAL. **Fueling the Future: Norsk e-Fuel partners with Prime Capital and RES to produce Sustainable Aviation Fuel in Sweden**. 2025. Disponível em: <https://www.primecapital-ag.com/fueling-the-future-norsk-e-fuel-partners-with-prime-capital-and-res-to-produce-sustainable-aviation-fuel-in-sweden>. .

RAÍZEN. **Raízen é o primeiro player de etanol no mundo a receber certificação que habilita o produto para produção de SAF**. 2023. Disponível em: <https://www.raizen.com.br/sala-de-imprensa/raizen-e-o-primeiro-player-de-etanol-no-mundo-a-receber-certificacao-que-habilita-o-produto-para-producao-de-saf>. Acesso em: 8 out. 2025.

RAMOS, C. S. **Copersucar e Geo farão combustível de aviação a partir de biometano**. 2024. Disponível em: <https://www.novacana.com/noticias/copersucar-geo-combustivel-aviacao-biometano-270624>. Acesso em: 8 out. 2025.

REGERINGEN. **Reduktionsplikt för flygfotogen [Obrigação de redução do querosene de aviação]**. 2021. Disponível em: <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/proposition/2021/03/prop.-202021135>. Acesso em: 11 nov. 2025.

REGERINGSKANSLIET. **Sustainable Sweden: Progress report and new measures for an ecologically sustainable development**. 1998. Disponível em: <https://www.regeringen.se/contentassets/b2aaca5ec7154181b5e0eb3d9f4d9258/ecological-sustainability/>. Acesso em: 29 out. 2025.

REGERINGSKANSLIET. **Parlamentarisk beredning för underlag om hur miljö kvalitetsmålen kan nås [Preparação parlamentar para a elaboração de documentos sobre como atingir os objetivos de qualidade ambiental]**. 2010. Disponível em: <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/kommittedirektiv/2010/07/dir.-201074>. Acesso em: 29 out. 2025.

REGERINGSKANSLIET. **Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige [Uma estrutura de política climática para a Suécia]**. 2017. Disponível em: <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/proposition/2017/03/prop.-201617146>. Acesso em: 1 nov. 2025.

REGERINGSKANSLIET. **Sweden’s climate policy framework**. 2021. Text. Disponível em:

<https://www.government.se/articles/2021/03/swedens-climate-policy-framework/>. Acesso em: 1 abr. 2025.

RES. New agreement between RES and Prime Capital - production of sustainable aviation fuel in Ånge. 2024. Disponível em:

<https://www.res-group.com/resources/news/new-agreement-between-res-and-prime-capital-production-of-sustainable-aviation-fuel-in-ange/>. Acesso em: 16 nov. 2025.

REUTERS. As Brazilian president visits China, \$1 billion sustainable fuel deal announced. 2025. Disponível em:

<https://www.reuters.com/sustainability/brazilian-president-visits-china-1-billion-sustainable-fuel-deal-announced-2025-05-12/>. Acesso em: 13 out. 2025.

REUTERS; FORBES AGRO. Raízen está pronta para atender demanda de etanol para produção de SAF. 2023. Disponível em:

<https://forbes.com.br/forbesagro/2023/08/raizen-esta-pronta-para-atender-demanda-de-etanol-para-producao-de-saf/>. Acesso em: 8 out. 2025.

REUTERS; FORBES AGRO. Copersucar e Geo anunciam parceria para produção de SAF a partir de biogás. 2024. Disponível em:

<https://forbes.com.br/forbesagro/2024/06/copersucar-e-geo-anunciam-parceria-para-producao-de-saf-a-partir-de-biogas/>. Acesso em: 8 out. 2025.

REZENDE, C. Inpasa vai além do etanol de milho e considera produção de biodiesel e SAF. 2025. Disponível em:

<https://www.novacana.com/noticias/inpasa-alem-etanol-milho-considera-producao-biodiesel-saf-310325>. Acesso em: 9 out. 2025.

RIBAS, R. Aéreas testam combustível “verde” e Brasil é solo propício. Mas há um grande obstáculo. 2023. Disponível em:

<https://www.gazetadopovo.com.br/energia/aereas-testam-combustivel-verde-e-brasil-e-solo-propicio-mas-ha-um-grande-obstaculo/>. Acesso em: 6 out. 2025.

RISE. Varför pratar alla om reduktionsplikten? [Por que todos estão falando sobre a obrigação de redução?]. 2024. Disponível em:

<https://www.ri.se/sv/nyheter/blogg/varfor-pratar-alla-om-reduktionsplikten>. Acesso em: 2 nov. 2025.

RITTNER, D. Empresa promete investimento de R\$ 2 bi para produzir combustível sustentável de aviação no interior de SP. 2024. Disponível em:

<https://www.cnnbrasil.com.br/economia/negocios/empresa-promete-investimento-de-r-2-bi-para-produzir-combustivel-sustentavel-de-aviacao-no-interior-de-sp/>. Acesso em: 8 out. 2025.

ROCCO, G. K. de; HENKES, J. A. Biocombustíveis sustentáveis para a aviação no Brasil. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, Pedro Leopoldo, v. 9, n. 4, p. 191–226, 2020. Disponível em:

https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/10239. Acesso em: 17 jan. 2024.

ROMERA, B. M. Regime interaction and climate change: the case of international aviation and maritime transport. New York: Routledge, 2018. (Routledge research in global environmental governance).

RSB; AGROICONE. **Feedstock availability for Sustainable Aviation Fuels in Brazil: Challenges and opportunities**. 2021. Disponível em: <https://rsb.org/wp-content/uploads/2021/04/RSB-SAF-Feedstock-availability-in-Brazil.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2025.

RUIC, G. **TAM fará primeiro vôo movido à bioquerosene da AL**. 2010. Disponível em: <https://exame.com/mundo/tam-fara-primeiro-voo-movido-bioquerosene-al-553483/>. Acesso em: 2 out. 2025.

SAAB. **F-39: O caça do Brasil**. 2023. Disponível em: https://www.saab.com/globalassets/markets/brazil/4.-gripen/brochures/gripen_e_brochura-2023---tot.pdf. Acesso em: 15 mar. 2025.

SAAB *et al.* **Slutrapport: Svenskt hållbart flyg-Teknologi och förmåga bedömning mot 2045 [Relatório final: Aviação sustentável sueca – Avaliação da tecnologia e capacidade até 2045]**. 2023. Disponível em: https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/projektdatabas/sokresultat/GetDocument/?id=2743cd93-d079-435a-b0d1-71ce7c7435cd&documentName=Slutrapport_final.pdf. Acesso em: 15 nov. 2025.

SAMORA, R. **Etanol de milho da FS recebe certificado inédito para combustível de aviação SAF**. 2024. Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2024/03/01/etanol-de-milho-da-fs-recebe-certificado-inedito-para-combustivel-de-aviacao-saf.html>. Acesso em: 9 out. 2025.

SÃO MARTINHO. **Certificações**. 2025. Disponível em: <https://www.saomartinho.com.br/show.aspx?idCanal=I6tI+5Q/sJzOsk2N0Q4JPQ==>. Acesso em: 8 out. 2025.

SCA. **SCA and St1 enter joint venture to produce and develop liquid biofuels**. 2021. Disponível em: <https://www.sca.com/en/media/press-releases/2021/sca-and-st1-enter-joint-venture-to-produce-and-develop-liquid-biofuels/>. Acesso em: 16 nov. 2025.

SCA. **Biorefinery Östrand by SCA and St1 has agreed to an EU innovation grant**. 2023. Disponível em: <https://www.sca.com/en/media/news/2023/biorefinery-ostrand-by-sca-and-st1-has-agreed-to-a-n-eu-innovation-grant/>. Acesso em: 16 nov. 2025.

SEKAB. **About Sekab**. 2016. Disponível em: https://climate.ec.europa.eu/system/files/2016-11/sekab_en.pdf. Acesso em: 24 out. 2025.

SEKAB. **Board of directors**. 2025. Disponível em: <https://www.sekab.com/en/about-us/about-the-company/sekabs-board/>. Acesso em: 24 out. 2025.

SENGE, P. *et al.* **The necessary revolution: how individuals and organizations are working together to create a sustainable world**. London: Nicholas Brealey Publishing, 2008.

SHAFFER, B. **Energy politics**. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 2009.

SHAHRIAR, M. F.; KHANAL, A. The current techno-economic, environmental, policy status and perspectives of sustainable aviation fuel (SAF). **Fuel**, Basel, v. 325, p. 124905, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236122017471>. Acesso em: 1 abr. 2025.

SHERRARD, A. **Uniper halts development of SkyFuelH2 in Sollefteå**. 2024. Disponível em: <https://bioenergyinternational.com/uniper-halts-development-of-skyfuelh2-in-solleftea/>. Acesso em: 17 nov. 2025.

SILVA, A. H. L. Globalização militar, política de defesa e cooperação: Um estudo de caso do Gripen. **2º Seminário de Relações Internacionais**, João Pessoa, 2014. Disponível em: http://www.seminario2016.abri.org.br/resources/anais/21/1407186754_ARQUIVO_GlobalizacaoMilitarPoliticaDefesaCooperacao-Gripen.pdf. Acesso em: 17 jan. 2024.

SILVEIRA, S. **Pelo mundo afora**. Barueri: Novo Século, 2017.

SIMS, B. **Consortium to study biojet fuel in Brazil**. 2010. Disponível em: <https://biomassmagazine.com//articles/consortium-to-study-biojet-fuel-in-brazil-6671>. Acesso em: 13 out. 2025.

SINA. **Biocombustível sustentável: Parceria Boeing e GOL Linhas Aéreas**. 2014. Disponível em: <https://sina.org.br/?p=3696>. Acesso em: 14 out. 2025.

SJÖMAN, A. **A Suécia no Brasil: Histórias de paixão por negócios e pessoas**. Estocolmo: Business History Publishing, 2023. Disponível em: <https://www.swedcham.com.br/publico/relatorio-diversos/A-Story-of-Passion-for-Business-and-People-pt.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2023.

SKYKRAFT. **This is SkyKraft: eSAF production in northern Sweden**. 2025. Disponível em: <https://skykraft.se/en/this-is-skykraft/>. Acesso em: 17 nov. 2025.

SKYNRG. **Dutch/Swedish consortium continues study**. 2022. Disponível em: <https://skynrg.com/dutch-swedish-consortium-gets-go-ahead-to-continue-study-on-production-of-sustainable-aviation-fuel-from-forestry-residues-in-sweden/>. Acesso em: 15 nov. 2025.

SKYNRG. **SkyNRG and Skellefteå Kraft announce Project SkyKraft: A pioneering eSAF project in Northern Sweden**. 2024. Disponível em: <https://skynrg.com/skynrg-and-skelleftea-kraft-announce-project-skykraft-a-pioneering-esaf-project-in-northern-sweden/>. Acesso em: 17 nov. 2025.

ST1 NORDIC OY. **St1 and SCA's joint venture commences the production of renewable fuels in Gothenburg, Sweden**. 2024. Disponível em: <https://st1.com/article/st1-and-scas-joint-venture-commences-the-production-of-renewable-fuels-in>. Acesso em: 16 nov. 2025.

STANILAND, M. Regulating aircraft emissions: leadership and market power. **Journal of European Public Policy**, London, v. 19, n. 7, p. 1006–1025, 2012. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13501763.2012.662044>. Acesso em: 29 set. 2024.

STATISTISKA CENTRALBYRÅN. **Emissions of greenhouse gases from domestic transport by greenhouse gas, Modes of transport, fuel type and year**. 2025a. Disponível

em:

https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/en/ssd/START__MI__MI0107/MI0107InTranspNN/table/tableViewLayout1/. Acesso em: 27 out. 2025.

STATISTISKA CENTRALBYRÅN. **Emissions of greenhouse gases from international transport by greenhouse gas, activity and year.** 2025b. Disponível em:

https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/en/ssd/START__MI__MI0107/MI0107UtrikesTransNN/table/tableViewLayout1/. Acesso em: 27 out. 2025.

STATISTISKA CENTRALBYRÅN. **Total air emissions by greenhouse gas, sector and year.** 2025c. Disponível em:

https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/en/ssd/START__MI__MI0107/TotaltUtslappN/table/tableViewLayout1/. Acesso em: 26 out. 2025.

STORER, L. N. *et al.* Global Response of Clear-Air Turbulence to Climate Change. **Geophysical Research Letters**, Washington, D.C., v. 44, n. 19, p. 9976–9984, 2017.

Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/2017GL074618>. Acesso em: 4 jun. 2024.

STORER, L. N. *et al.* Aviation Turbulence: Dynamics, Forecasting, and Response to Climate Change. **Pure and Applied Geophysics**, Basel, v. 176, n. 5, p. 2081–2095, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00024-018-1822-0>. Acesso em: 4 jun. 2024.

SUÉCIA. **Lag (2005:1248) om skyldighet att tillhandahålla förnybara drivmedel [Lei sobre a obrigação de fornecer combustíveis renováveis]**. 20 dez. 2005. Disponível em: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-20051248-om-skyldighet-att-tillhandahalla_sfs-2005-1248/. Acesso em: 24 out. 2025.

SUÉCIA. **Förordning (2007:380) om miljöbilspremie [Regulamento sobre o Subsídio para Carros Ecológicos]**. 31 maio 2007. Disponível em: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-2007380-om-miljobilspremie_sfs-2007-380/. Acesso em: 28 out. 2025.

SUÉCIA. **Klimatlag (2017:720) [Lei do Clima]**. 22 jun. 2017a. Disponível em: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/klimatlag-2017720_sfs-2017-720/. Acesso em: 2 abr. 2025.

SUÉCIA. **Regeringens Proposition (2017/18:1): Budgetpropositionen för 2018 [Proposta do Governo: Proposta de Orçamento para 2018]**. 14 set. 2017b. Disponível em: <https://www.regeringen.se/contentassets/79f6d27416794f0bb146c792e02b65fc/budgetpropositionen-for-2018-hela-dokumentet-prop.-2017181.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2025.

SUÉCIA. **Lag (2017:1200) om skatt på flygresori [Lei sobre o imposto sobre viagens aéreas]**. 30 nov. 2017c. Disponível em: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-20171200-om-skatt-pa-flygresor_sfs-2017-1200/. Acesso em: 5 nov. 2025.

SUÉCIA. **Lag (2017:1201) om reduktion av växthusgasutsläpp från vissa fossila drivmedel [Lei relativa à redução das emissões de gases com efeito de estufa provenientes de determinados combustíveis fósseis]**. 30 nov. 2017d. Disponível em: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-20171201-om-reduktion-av-vaxthusgasutslapp_sfs-2017-1201/. Acesso em: 2 abr. 2025.

SUÉCIA. **Förordning (2017:1334) om klimatbonusbilar [Regulamento sobre veículos com bônus climático]**. 21 dez. 2017e. Disponível em: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-20171334-om-klimatbonusbilar_sfs-2017-1334/. Acesso em: 3 nov. 2025.

SUÉCIA. **Kommittédirektiv (2018:10): Utredning om styrmedel för att främja användning av biobränsle för flyget [Diretiva da Comissão: Investigação sobre instrumentos de incentivo para promover o uso de biocombustíveis na aviação]**. 22 fev. 2018. Disponível em: <https://www.regeringen.se/contentassets/1341d13391cb4d90acbe397ffa3ae187/styrmedel-for-att-framja-anvandning-av-biobransle-for-flyget-dir.-201810>.

SUÉCIA. **Statens Offentliga Utredningar (2019:11): Biojet för flyget [Relatório Oficial do Governo: Biojet para a Aviação]**. Estocolmo, 2019. Disponível em: <https://www.regeringen.se/contentassets/6d591e58fd9b4cad8171af2cd7e59f6f/biojet-for-flyget-sou-201911/>. Acesso em: 10 nov. 2025.

SUÉCIA; BRASIL. **Memorando de Entendimento entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo do Reino da Suécia sobre Cooperação na Área de Bioenergia, Incluindo Biocombustíveis**. 11 set. 2007. Disponível em: <https://concordia.itamaraty.gov.br/detalhamento-acordo/5928?TituloAcordo=Memorando%20de%20Entendimento%20entre%20o%20Governo%20da%20Rep%C3%ABlica%20Federativa%20do%20Brasil%20e%20o%20Governo%20do%20Reino%20da%20Su%C3%A9cia%20sobre%20Coopera%C3%A7%C3%A3o%20na%20%C3%81rea%20de%20Bioenergia,%20Incluindo%20Biocombust%C3%ADveis&tipoPesquisa=1&TipoAcordo=BL,TL,ML>. Acesso em: 10 mar. 2025.

SUÉCIA; BRASIL. **Brazil-Sweden Strategic Partnership Action Plan**. 6 out. 2009. Disponível em: https://cisb.org.br/sbii/downloads/2009_BrazilSwedenStrategicPartnershipActionPlanOct.pdf. Acesso em: 10 mar. 2025.

SWEDAVIA AIRPORTS. **Swedavia promotes sustainable business travel through the annual public tender of sustainable aviation fuel**. 2023. Disponível em: <https://www.swedavia.com/about-swedavia/swedaviasnewsroom/2023/swedavia-promotes-sustainable-business-travel-through-the-annual-public-tender-of-sustainable-aviation-fuel/>. Acesso em: 17 nov. 2025.

SWEDAVIA AIRPORTS. **Airport Charges**. 2025. Disponível em: <https://www.swedavia.com/about-swedavia/airport-charges/>. Acesso em: 14 nov. 2025.

SWEDISH BIOFUELS. **COWI & Swedish Biofuels in partnership to build plants for sustainable aviation fuel**. 2022. Disponível em: <https://swedishbiofuels.se/news/cowi-swedish-biofuels-in-partnership-to-build-plants-for-sustainable-aviation-fuel>. Acesso em: 14 nov. 2025.

TEIXEIRA, M. **Aéreas formam aliança no Brasil para biocombustível de aviação**. 2010. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia-e-negocios/noticia/2010/05/aereas-formam-alianca-no-brasil-para-biocombustivel-de-aviacao.html>. Acesso em: 2 out. 2025.

THOMAZ, L. F.; GONÇALVES, J. W. F. **Decolagem autorizada para os combustíveis sustentáveis no Brasil**. 2023. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/politica/gestao-politica-e-sociedade/decolagem-autorizada-para-os-combustiveis-sustentaveis-no-brasil/>. Acesso em: 17 jan. 2024.

TRAFIK ANALYSIS. **Fordon på väg [Veículos em trânsito]**. 2025. Disponível em: <https://www.trafa.se/vagtrafik/fordon/>. Acesso em: 24 out. 2025.

TRANSPORTSTYRELSEN. **Bonus - for low emission vehicles has ended**. 2024a. Disponível em: <https://www.transportstyrelsen.se/en/road/vehicles/taxes-and-fees/bonus/>. Acesso em: 3 nov. 2025.

TRANSPORTSTYRELSEN. **State Action Plan of Sweden 2024**. 2024b. Disponível em: <https://www.icao.int/sites/default/files/sp-files/environmental-protection/Documents/ActionPlan/state-action-plan-of-sweden-2024-t.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2025.

TRANSPORTSTYRELSEN. **Malus - for high emission vehicles**. 2025. Disponível em: <https://www.transportstyrelsen.se/en/road/vehicles/taxes-and-fees/malus/>. Acesso em: 3 nov. 2025.

TRINH, J. *et al.* What Are the Policy Impacts on Renewable Jet Fuel in Sweden?. **Energies**, Basel, v. 14, n. 21, p. 7194, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/21/7194>. Acesso em: 17 jan. 2024.

TSAI, D. *et al.* **Nota Técnica: O Brasil conseguirá cumprir sua “nova velha” NDC em 2025?** São Paulo, 2023. Nota técnica. Disponível em: <https://www.oc.eco.br/nota-tecnica-o-brasil-conseguira-cumprir-sua-nova-velha-ndc-em-2025/>. Acesso em: 21 out. 2025.

UBRABIO. **Plataforma Brasileira do Bioquerosene (PBB) em pauta**. 2013. Disponível em: <https://ubrablo.com.br/2013/08/09/plataforma-brasileira-do-bioquerosene-pbb-em-pauta/>. Acesso em: 2 out. 2025.

UDOP. **Combustível sustentável é a saída para poluir menos**. 2021. Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2021/04/14/combustivel-sustentavel-e-a-saida-para-poluir-menos.html>. Acesso em: 7 out. 2025.

UNFCCC. **United Nations Framework Convention on Climate Change**. 1992. Disponível em: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2023.

UNFCCC. **The Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change**. 1997. Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/cop3/107a01.pdf>. Acesso em: 9 dez. 2023.

UNFCCC. **The Paris Agreement to the United Nations Framework Convention on Climate Change**. 2015. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/parisagreement_publication.pdf. Acesso em: 1 out. 2024.

UNFCCC. **Federative Republic of Brazil Intended Nationally Determined Contribution towards achieving the objective of the United Nations Framework Convention on Climate Change**. 2016. Disponível em:

<https://unfccc.int/sites/default/files/BRAZIL%20iNDC%20english%20FINAL.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2025.

UNICA. **UNICA integra Aliança Brasileira para Biocombustíveis de Aviação**. 2010.

Disponível em:

<https://unica.com.br/noticias/unica-integra-aliana-brasileira-para-biocombustveis-de-aviao/>.

Acesso em: 2 out. 2025.

UNICA. **Movido a etanol, avião agrícola Ipanema completa 10 anos**. 2014. Disponível em:

<https://unica.com.br/noticias/movido-a-etanol-avio-agrcola-ipanema-completa-10-anos/>.

Acesso em: 2 out. 2025.

UNIPER. **Uniper and Sasol ecoFT continue to develop SkyFuelH2**. 2023. Disponível em:

<https://www.uniper.energy/news/uniper-and-sasol-ecoft-continue-to-develop-skyfuelh2>.

Acesso em: 17 nov. 2025.

UNITED NATIONS. **Convention on International Civil Aviation done at Chicago on the 7th day of December 1944**. 1944. Disponível em:

https://www.icao.int/publications/Documents/7300_orig.pdf. Acesso em: 18 set. 2024.

UNITED NATIONS. **Resolutions adopted on the reports of the Second Committee**. 1989.

Disponível em: <https://documents.un.org/doc/resolution/gen/nr0/549/87/pdf/nr054987.pdf>.

Acesso em: 23 set. 2024.

USINA CORURUPE. **Certificações**. 2025. Disponível em:

<https://www.usinacoruripe.com.br/sobre-nos/certificacoes>. Acesso em: 9 out. 2025.

VATTENFALL. **SAS, Vattenfall, Shell and LanzaTech to explore synthetic sustainable aviation fuel production**. 2021. Disponível em:

<https://group.vattenfall.com/press-and-media/pressreleases/2021/sas-vattenfall-shell-and-lanzatech-to-explore-synthetic-sustainable-aviation-fuel-production>. Acesso em: 17 nov. 2025.

VATTENFALL. **Vattenfall and St1 form a new partnership to produce a large volume of fossil-free aviation electro fuel on the Swedish west coast**. 2022. Disponível em:

<https://group.vattenfall.com/press-and-media/pressreleases/2022/vattenfall-and-st1-form-a-new-partnership-to-produce-a-large-volume-of-fossil-free-aviation-electro-fuel-on-the-swedish-west-coast>. Acesso em: 17 nov. 2025.

VATTENFALL. **Vattenfall reviews HySkies project scope**. 2024a. Disponível em:

<https://group.vattenfall.com/press-and-media/newsroom/2024/vattenfall-reviews-hyskies-project-scope>. Acesso em: 17 nov. 2025.

VATTENFALL. **Hesitant electrofuel market for the aviation industry**. 2024b. Disponível em:

<https://group.vattenfall.com/press-and-media/newsroom/2024/hesitant-electrofuel-market-for-the-aviation-industry>. Acesso em: 17 nov. 2025.

VIBRA; BRASIL BIOFUELS. **Vibra e Brasil BioFuels ampliam parceria e se unem em 1º projeto de produção de combustível sustentável de aviação (SAF) do Brasil**. 2022.

Disponível em:

<https://www.vibraenergia.com.br/sites/default/files/2022-04/release-vibra-BBF-SAF.pdf>.

Acesso em: 8 out. 2025.

VIDAL, J. Rio+20: Earth summit dawns with stormier clouds than in 1992. **The Guardian**, London, 19 jun. 2012. Environment. Disponível em: <https://www.theguardian.com/environment/2012/jun/19/rio-20-earth-summit-1992-2012>. Acesso em: 29 set. 2024.

VÔO. Intérprete: Secos & Molhados. Compositor: João Apolinario Teixeira Pinto; João Ricardo Carneiro Pinto. Rio de Janeiro: Warner Music Brasil, 1973. 1 arquivo (3).

VOO LIMPO. **St1 e SCA iniciam produção de SAF na Suécia**. 2024. Disponível em: <https://voolimpo.com.br/combustiveis/2024/04/15/st1-e-sca-iniciam-producao-de-saf-na-suecia/>. Acesso em: 16 nov. 2025.

WESTPHALEN, A. L. **TAM faz primeiro voo usando biocombustível de pinhão manso**. 2010. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia-e-negocios/noticia/2010/11/tam-faz-primeiro-voo-usando-biocombustivel-de-pinhao-manso.html>. Acesso em: 2 out. 2025.

WILLIAMS, P. D. Increased light, moderate, and severe clear-air turbulence in response to climate change. **Advances in Atmospheric Sciences**, Heidelberg, v. 34, n. 5, p. 576–586, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00376-017-6268-2>. Acesso em: 4 jun. 2024.

WILLIAMS, P. D.; STORER, L. N. Can a climate model successfully diagnose clear-air turbulence and its response to climate change?. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, Chichester, v. 148, n. 744, p. 1424–1438, 2022. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/qj.4270>. Acesso em: 4 jun. 2024.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Sustainable Aviation Fuels: Offtake manual**. Geneva, Switzerland, 2023. Disponível em: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Sustainable_Aviation_Fuels_Offtake_Manual_2023.pdf. Acesso em: 3 mar. 2025.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Financing Sustainable Aviation Fuels: Case Studies and Implications for Investment**. 2025. Disponível em: https://reports.weforum.org/docs/WEF_Financing_Sustainable_Aviation_Fuels_2025.pdf. Acesso em: 12 mar. 2025.

YIN, R. K. **Case study research and applications: design and methods**. Sixth edition. Thousand Oaks: SAGE, 2018.

ZILOR. **Relatório de Sustentabilidade - 2023**. 2024. Disponível em: <https://www.zilor.com.br/relatorio-sustentabilidade/>. Acesso em: 8 out. 2025.

ZILOR. **Certificações**. 2025. Disponível em: <https://ri.zilor.com.br/esg/certificacoes/>. Acesso em: 8 out. 2025.