

***Book and Claim* e Balanceamento de Massa: uma abordagem híbrida para o controle do SAF no Sistema Brasileiro de Compensação de Emissões**

Ricardo Bruno Félix Nunes

(Universidade Federal do Rio de Janeiro)

ricardo.nunes@pep.ufrj.br

Sergei Antonio de Figueiredo Beserra

(Universidade Federal do Rio de Janeiro)

sergei.beserra@pep.ufrj.br

Edilson Ferreira de Barros

(Universidade Federal do Rio de Janeiro)

edilson.barros@pep.ufrj.br

O artigo aborda o potencial e a oportunidade do desenvolvimento dos Combustíveis Sustentáveis de Aviação (SAFs) no Brasil, pela necessidade crítica de redução das emissões de gases de efeito estufa no setor de transporte aéreo, local e internacional. Para isso, os autores reconhecem a importância e a urgência de implementação de um modelo de comercialização de emissões no Brasil, alinhado à Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO), representada pelo Esquema de Compensação e Redução de Carbono para a Aviação Civil (CORSIA), utilizando lições apreendidas e as melhores práticas implementadas pela European Commission – Emissions Trading System (EU-ETS), como sendo o primeiro e maior mercado de carbono, com base no modelo de *Cap and Trade*. A partir de uma discussão sobre a necessidade de implementação de ajustes para a viabilização da competitividade do preço do SAF, hoje maior que o custo de permissão de emissões do EU-ETS ou de *offset*, o artigo apresenta os três modelos do conceito de *Chain of Custody* (CoC). Reconhecendo os benefícios de flexibilização do *Book and Claim*, o artigo propõe a sua adoção para o Sistema Brasileiro de Compensação de Emissões, em um modelo híbrido com o Balanceamento de Massa, a partir de resoluções já existentes no mercado de combustível da aviação nacional. A partir de uma investigação exploratória dos Projetos Leis para regulamentação do uso dos SAFs e a comercialização de emissões no Brasil em curso, os autores destacam a urgência, visando o aproveitamento de uma janela de oportunidade e, a alavancagem do potencial de grande exportador de SAFs, o que poderia resultar em benefícios ambientais, econômicos e sociais significativos.

Palavras-chave: Book and claim, Chain of custody, EU emissions trading scheme, Sustainable aviation fuel, Guarantee of origin, Sistema Brasileiro de Compensação de Emissões



Creative Commons
CC BY-NC-ND 4.0
creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

1. Introdução

O setor de transporte aéreo vem crescendo significativamente nos últimos anos, aumentando o consumo de combustíveis fósseis e, conseqüentemente, a emissão de CO₂. Tal contexto está ancorado na urgência mundial de redução das emissões dos gases de efeito estufa. Acordos e metas internacionais foram tratados e estipulados com o objetivo de minimizar o aquecimento global. Todos os setores da economia estão envolvidos na busca por soluções plausíveis para que a temperatura global não exceda a média de 1,5°C. O Brasil comprometeu-se a diminuir suas emissões em 37% até 2025 na 21ª Conferência das Partes (COP 21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), gerando o que ficou conhecida como Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC). (ATAG, 2015a, b; ICAO, 2013, 2016).

Por sua vez, o transporte aéreo, por meio da Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO, em inglês), criou o Esquema de Compensação e Redução de Carbono para a Aviação Civil (CORSIA em inglês). Este esquema tem como objetivo neutralizar o crescimento líquido das emissões de CO₂, provenientes da aviação internacional. Vários países, representados por suas agências regulatórias, fazem parte dessa organização, inclusive a Agência Nacional de Aviação Civil brasileira - ANAC.

O Grupo de Ação do Transporte Aéreo (ATAG, em inglês) vem trabalhando para definir metas e estratégias a curto, médio e longo prazos, para a redução de emissões. Estudo recente desse grupo criou cenários para quatro áreas envolvidas no setor de transporte aéreo com grandes potenciais para descarbonização: eficiência operacional, tecnologia de aeronaves, modernização da infraestrutura e biocombustível sustentável. O estudo conclui que dos três cenários estimados - sem qualquer mudança, mudança moderada e mudança agressiva, que a área que tem como objetivo a produção de combustíveis sustentáveis de aviação (SAF, em inglês), é a que apresenta maior percentual de redução de emissões de Gases do Efeito Estufa - GEE, a curto, médio e longo prazos (ATAG, 2015a, b).

Os SAFs ou JET alternativos, como denominado na Resolução nº 856 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, que estabelece as suas especificações técnicas, são combustíveis produzidos a partir de biomassa, resíduos agrícolas, óleos vegetais ou de outras fontes renováveis, visando reduzir as emissões a partir da captura de GEE ao longo dos seus ciclos de vida. Por possuírem as mesmas características físico-químicas dos combustíveis de aviação de origem fóssil, podem ser misturados a eles e, dessa forma, serem utilizados em motores aeronáuticos (a jato ou turbo eixo) e integrados facilmente nas infraestruturas existentes de distribuição, sem a necessidade de modificações (ICAO, 2017).

Em função do exposto, nesse momento, diversos órgãos setoriais, agências reguladoras e entidades legislativas discutem, no Brasil, a implementação de marcos legais e regulatórios, na direção da constituição de um mercado regulado de emissões, de fiscalização e de controle da qualidade dos créditos a serem negociados. Entre os principais objetivos deste esforço está o de viabilizar a utilização dos SAFs no setor da aviação nacional e, assim, alcançar a redução das emissões necessárias, num setor crítico para a descarbonização.

Em paralelo, em função dos recursos naturais existentes e de toda a capacidade tecnológica

instalada no setor de biocombustíveis, as entidades, assim como os agentes que atuam no setor, estão atentos à necessidade de uma regulamentação que possa alavancar o potencial do Brasil como grande exportador de SAFs. Dessa forma, esse potencial econômico teria capacidade de se traduzir em benefícios sociais, com geração de renda e emprego, além da disseminação de tecnologias.

Para que todo esse potencial de redução de emissões, desenvolvimento econômico e social possa se concretizar, é necessário que todo o arcabouço regulatório esteja amparado pelas melhores práticas experimentadas por mercados mais avançados na regulação do uso dos SAFs. Especial atenção deve ser dada aos modelos dos mercados regulados de direito de emissões, alinhados ao CORSIA e demais entidades regulatórias internacionais.

Nesse sentido, este estudo pretende responder sobre qual seria o melhor modelo de comercialização dos créditos de carbono, provenientes da produção de SAFs, a ser adotado localmente. Com isso, pretende-se potencializar e acelerar a adoção dos SAFs ou da comercialização dos créditos de carbono, provenientes da sua produção e uso local, de forma a aproveitar esta janela de oportunidade.

2. Referencial teórico

Para a elaboração deste estudo, utilizou-se como referencial teórico os conceitos referentes à disciplina de investimento/financiamento sustentável (SFI, do inglês Sustainable Financial and Investments). De acordo com Cunha et al. (2021), a SFI define-se por abordar os desafios de longo prazo relacionados com o desenvolvimento sustentável, incluindo os aspectos sociais, ambientais e econômicos. No entanto, os autores reconhecem a realidade fragmentada do conceito na literatura. Na revisão sistemática, são abordadas diversas dimensões da SFI, de forma a contribuir para a sua melhor compreensão e aplicação.

Embora o conceito de SFI tenha nascido e sido suportado inicialmente pela iniciativa privada e por governos liberais em países desenvolvidos, ele vem sendo adotado pelos mais diversos matizes políticos governamentais de forma global, especialmente na melhoria da participação privada e dos setores financeiros e na promoção de investimentos sustentáveis (Cunha et al., 2021). Ao analisar as principais estratégias de SFI dos governos, no papel de regulador e supervisor do setor financeiro, para a implementação de investimentos e financiamento sustentáveis, Cunha et al. (2021) identificam quatro tipos centrais de políticas: legal, econômica, informacional e de parceria, numa rede de colaboração racional.

Esse estudo se concentra na parte regulatória de mercado regulado para viabilizar a adoção dos combustíveis de aviação sustentáveis (SAF), de forma que os créditos de emissões possam ser utilizados num regime de *Cap and Trade*. Nesse sentido, o conceito de SFI é empregado com foco no papel dos poderes legislativo e executivo, sob a lógica de hierarquia e autoridade. Por outro lado, também atinge a dimensão econômica, viabilizando incentivos para os produtores e forças de mercado, além de atuar no aspecto informativo, para justificativa de persuasão de agentes com interesses contraditórios, e no racional de parceria para a constituição de uma rede corregulatória.

Tendo em vista a questão central a ser respondida neste artigo, sobre a relevância ou a

necessidade de criação de um mercado de carbono local, objetivando de desenvolvimento de tecnologias de combustíveis de aviação sustentáveis (SAF), a partir de uma pesquisa exploratória selecionou-se o artigo de Pechstein et al. (2020), que discute a adoção de três modelos de Cadeia de Custódia – CoC, que podem ser utilizados na certificação de crédito de emissões, ao longo da cadeia de suprimentos dos combustíveis de aviação.

Esse artigo se constitui no primeiro a abordar o conceito avançado de *Book and Claim* no setor de combustíveis, servindo como base para uma análise da sua aplicabilidade na realidade do mercado nacional. Dessa forma, utilizou-se o mesmo como referencial teórico, no contexto mais geral do conceito das finanças e investimentos sustentáveis, com o foco nos instrumentos, diferentes e combinados, utilizados por estratégias governamentais e de entidades e agentes setoriais, para superar os principais desafios para a implementação de políticas governamentais, com o objetivo de descarbonizar ou mitigar emissões de setores críticos, como o da aviação, mantendo-se as perspectivas social, ambiental e econômica.

3. Metodologia

A metodologia aplicada nesta pesquisa teve caráter de investigação exploratória, documental, descritiva e explicativa, utilizando como fontes primárias documentos oficiais de agências reguladoras e projetos de leis em curso no legislativo brasileiro, direcionados ao mercado dos combustíveis de aviação, que regem matéria sobre combustíveis renováveis, denominados combustíveis sustentáveis de aviação, mais conhecidos por SAF e sobre a regulamentação de um mercado de carbono regulado. Como fontes secundárias utilizou-se artigos científicos com o foco no tratamento regulatório dos SAFs.

Os resultados desta pesquisa foram apresentados de forma analítica qualitativa na seção de resultados, após leitura e interpretação das intenções destes estudos, acordos e projetos de lei em tramitação no Congresso Nacional, assim como de resoluções regulatórias da ANP, CORSIA e ANAC. O procedimento de coleta de dados deste estudo foi realizado por meio de pesquisa bibliográfica e documental, com coleta de textos, transcrição de normas, leis e citações, e registro de dados relevantes e pertinentes ao processo.

4. Discussão

A discussão contida neste artigo abordará pontos importantes que envolvem órgãos públicos e privados e que vem construindo, significativamente, mecanismos que podem trazer resultados positivos nas melhores práticas para reduzir emissões de CO₂. Assim, além de outras atitudes que não serão abordadas neste estudo, os Combustíveis Sustentáveis de Aviação surgem como a solução mais viável, a curto, médio e longo prazos, para redução de emissões de dióxido de carbono, atendendo as exigências da Organização da Aviação Civil Internacional através do CORSIA. Os produtores de bioquerosene de aviação podem gerar créditos de carbono rigorosamente certificados e comercializarem internacionalmente.

4.1 Por que SAF

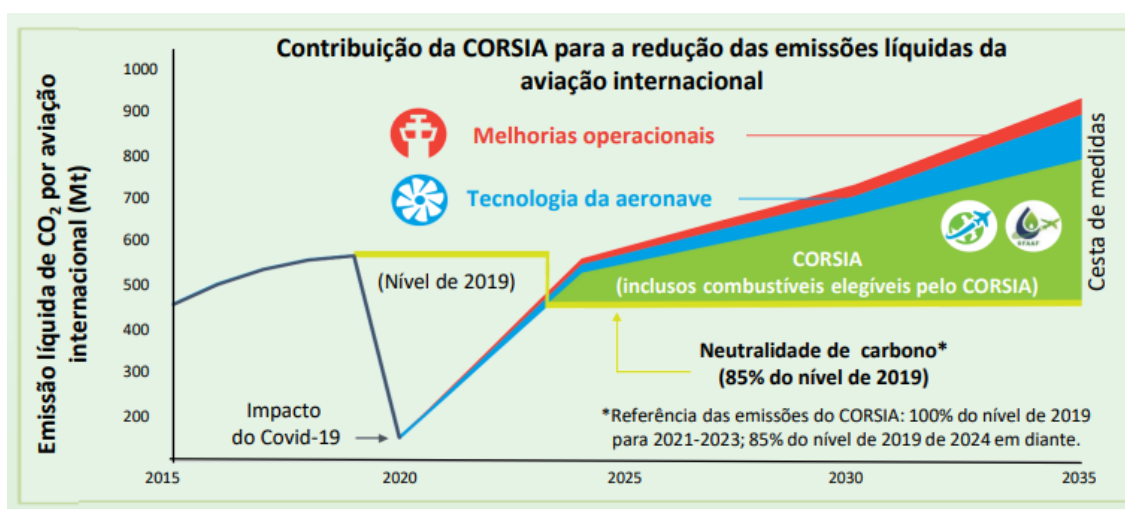
O interesse na produção de biocombustíveis para o setor de aviação está ligado ao fato de a Agência Internacional de Transporte Aéreo (IATA, em inglês) ter concluído, por intermédio de estudos de previsões do Grupo de Ação do Transporte Aéreo (ATAG, em inglês), que a transição do tipo de combustível é estratégia fundamental para redução das emissões de CO₂ no setor (KLEIN et al., 2018).

A ANAC aderiu ao Mecanismo de Redução e Compensação de Emissões da Aviação Internacional (CORSIA, em inglês). Este programa tem como objetivo estabilizar as emissões de GEE, oriundas das atividades da aviação aérea internacional, com a medição das emissões de carbono pelas empresas aéreas e reporte às autoridades dos países membros da ICAO, que tem como referência as emissões de CO₂ em 2019.

Metas foram traçadas para que, em 2021-2023 (fase piloto), fossem atingidos no máximo 100% da quantidade de emissões ocorridas em 2019. Durante essa fase, os Estados participaram como voluntários, apenas aplicando medidas de melhorias, monitoramento e reporte. O conjunto dessas atitudes geraram relatórios de emissões anuais, que foram entregues, pelas companhias aéreas, no início de ano seguinte ao ano de monitoramento. O somatório desses relatórios gerou o inventário de emissões do setor aéreo de cada país.

Entre os anos de 2024 até 2026 (primeira fase), todas as companhias aéreas que operam voos internacionais com sedes em países desenvolvidos e que aderiram ao CORSIA, terão permissões de emissões de CO₂, cedidas pelo Estado. As companhias aéreas serão obrigadas a participar do esquema e descarbonizar quando atingirem valores acima do teto permissão de emissões. O valor total dessas permissões por Estado, não podem ultrapassar o valor de 85% da quantidade emitida em 2019. Para que isso funcione, será preciso que ocorram melhorias operacionais, novas tecnologias de aeronaves e, principalmente, migração do combustível fóssil para o SAF.

Figura 1 - Contribuição das medidas de redução de emissões de CO₂



Fonte: adaptado de (ICAO, 2020a)

O Brasil terá participação obrigatória na segunda fase do CORSIA, em 2027. As emissões internacionais de operadores brasileiros, acima dos níveis observados em 2019, deverão ser

compensadas com a aquisição de créditos de carbono ou por meio do uso de combustíveis elegíveis ao CORSIA, em especial os combustíveis sustentáveis de aviação (ANAC, 2021)

4.2 Brasil e o BioQAV

Com dimensão continental, clima tropical e vegetação diversificada, o Brasil possui enorme variedade de biomassa para a produção de biocombustível. Aos longos dos anos, o país desenvolveu programas para produção de etanol e biodiesel em larga escala. Esse histórico criou *expertise* no assunto, permitindo a construção de uma grande infraestrutura para produção, armazenagem e distribuição. Possibilitou também o aprimoramento de políticas públicas que, além de tornarem mandatórias determinadas misturas aos combustíveis fósseis, geraram incentivos ao uso e à redução de emissões de GEE (ARTUR et al, 2021).

Com o setor de aviação crescendo a uma taxa em torno de 3%, o consumo de combustível e emissões de CO₂ crescerão proporcionalmente. Para cumprir metas e acordos estipulados internacionalmente, a produção de SAF surge como a solução mais viável. Além disso, há ainda amplas oportunidades para exportação tendo em vista os compromissos de redução de emissão de GEE assumidos pelo setor aéreo de diversos países. Portanto, o Brasil pode servir como um caso ideal para mostrar as oportunidades e desafios no estabelecimento de mecanismos de financiamento sólidos para a transição energética (CARVALHO, 2017).

4.3 Rotas para produção de SAF aprovadas

Existe uma organização internacional de desenvolvimento de padrões que fornece diretrizes para testes e especificações de uma ampla variedade de produtos, materiais e serviços, garantindo a qualidade e segurança. A *American Society for Testing and Materials – ASTM*, através da designação D7566-21, estipula os percentuais de mistura, tipos de matérias-primas, além de testar e aprovar as rotas tecnológicas para produção de biocombustíveis de aviação. No Brasil, antes da produção ser submetida aos rigorosos critérios da ASTM, ainda passa pela Resolução nº 856 da ANP de 2021.

Atualmente, seis rotas para produção de SAF estão aprovadas pela ASTM. Este número pode variar ao longo do tempo, pois novas especificações podem ser desenvolvidas e aprovadas. As rotas ATJ e FT podem utilizar resíduos da cana de açúcar e são potencialmente interessantes para o Brasil, pois a produção de etanol em larga escala é uma realidade. Vale ressaltar que essa via utiliza a mesma biomassa que o etanol, entrando em concorrência com um biocombustível já consolidado. Neste caso, um novo produto com produção em larga escala competiria diretamente com o consumo do etanol para automóveis. A Tabela 1 demonstra os tipos de rotas, principais matérias-primas e percentual máximo mistura.

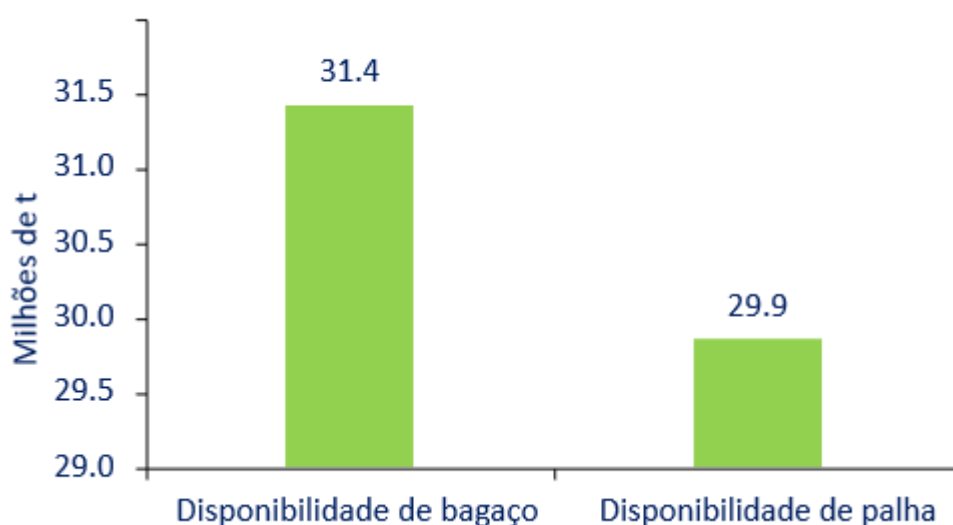
Tabela 1 - Matérias-primas, rotas tecnológicas aprovadas pela ASTM e percentual máximo de mistura

Combustível	Matéria-prima	Nível máximo de mistura
Querosene parafínico sintetizado via ésteres e ácidos graxos hidroprocessados (HEFA)	Óleos vegetais e gorduras animais	50%
Querosene parafínico sintetizado por Fischer-Tropsch (FT)	Biomassas renováveis (material celulósico e resíduos sólidos), carvão ou gás natural.	50%
Querosene parafínico sintetizado de açúcares fermentados e hidroprocessados (SIP)	Fermentação de açúcares, microrganismos geneticamente modificados	10%
Querosene parafínico sintetizado por álcool - <i>alcohol to jet</i> (ATJ)	Biomassas renováveis, material celulósico, amidos, açúcares.	50%
Querosene de hidrotermólise catalítica (CH)	Gorduras renováveis, óleos e ácidos graxos.	50%
Querosene parafínico sintetizado por hidrocarbonetos bioderivados, ácidos graxos e ésteres hidroprocessados (HC-HEFA)	Óleo de algas ricos em hidrocarbonetos	10%

Fonte: Adaptado de ASTM (2021)

Apesar dessas adversidades, o Brasil possui potencial para produção de etanol de 2º geração, pois tem elevada disponibilidade de bagaço e palha oriundos da cana-de-açúcar. Estes insumos podem ser processados pelas rotas ATJ e FT. A primeira é mais eficiente, produzindo uma quantidade bem superior. O total de resíduos estimados para o ano de 2027 foi cerca de 61 milhões de toneladas sendo 31,4 milhões de toneladas de bagaço e 29,9 milhões de toneladas de palha, conforme Figura 2. Aproximadamente 60% desse total têm origem no estado de São Paulo, tornando-o estratégico, especialmente na rota ATJ (RSB, 2021).

Figura 2 - Disponibilidade e uso de matéria prima

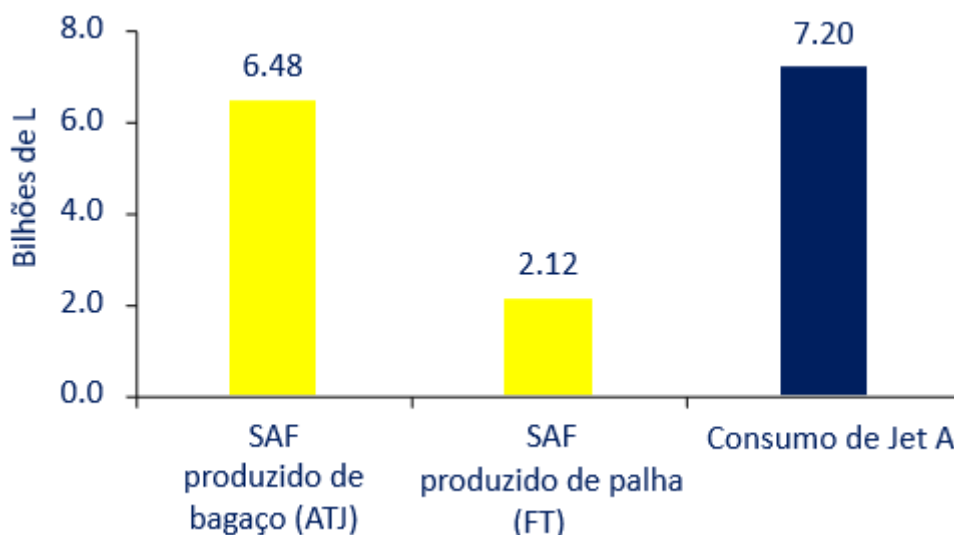


Fonte: Adaptado de RSB (2021)

O potencial do país é tão grande que, utilizando o volume total de resíduos da cana-de-açúcar

na rota ATJ, há possibilidade de produzir cerca de 6,48 bilhões de litros de SAF. Tendo em vista que a demanda total por combustível de aviação fóssil no Brasil está em torno de 7,2 bilhões de litros, seria possível supri-la em 90%. Analisando a rota FT, seria viável produzir 2,12 bilhões de litros de SAF, ou 30% da demanda total, conforme figura 3.

Figura 3 - Potencial da produção de SAF

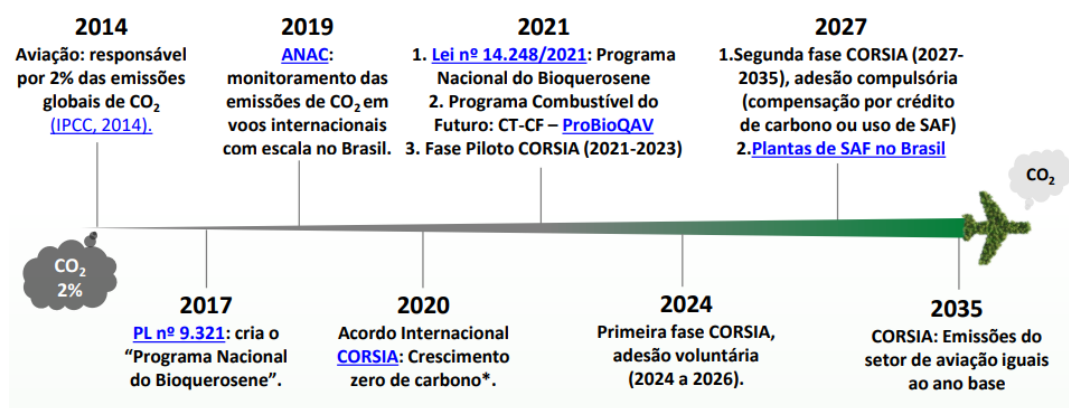


Fonte: Adaptado de RSB (2021)

4.4 Interesses públicos e privados

Ao longo dos anos, órgãos públicos e privados vêm discutindo mecanismos e regulamentos para redução de emissões de GEE. Nesse ano de 2023, Projetos de lei importantes sobre descarbonização foram apreciados. Um cronograma das ações foi montado para demonstrar a evolução das atitudes, conforme Figura 4.

Figura 4 – Cronograma com ações dos agentes públicos para descarbonização



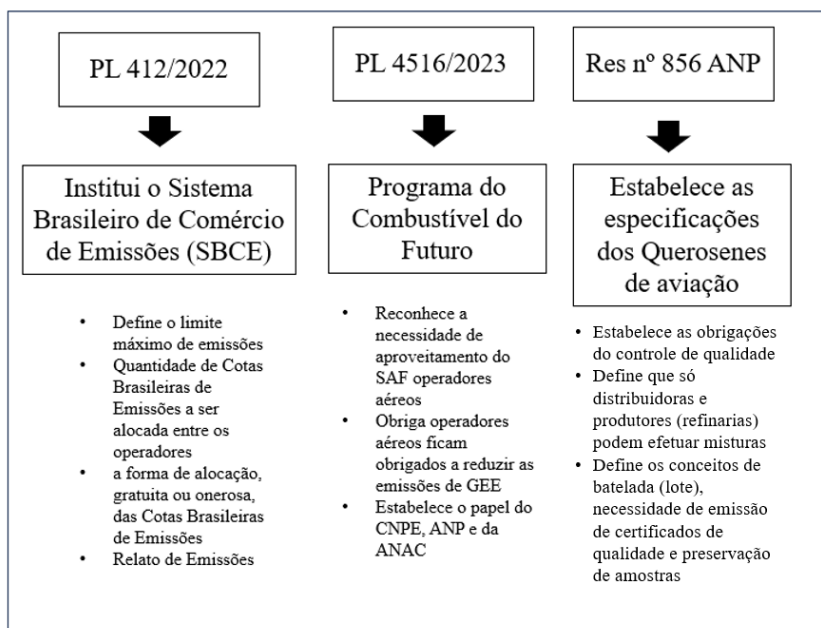
Fonte: Adaptado de ANAC (2021)

Um ponto importante é estimar o crescimento do consumo de combustível fóssil que é proporcional ao crescimento das emissões de GEE, tendo como base o ano de 2019. Ressalta-se que, de acordo com o PL 4516 de 2023, setor aéreo brasileiro precisará reduzir sua emissão de CO₂ em 1%, já em 2027, quando comparada às de 2019. Para isso, a solução a curto prazo elaborada pelo Programa de Combustíveis do Futuro foi a proposição de adoção de percentuais de SAF, a ser adicionados ao querosene de aviação. Este percentual inicia com um mínimo de 1%, já em 2027, e alcança o patamar de 10% a partir de 2037, cabendo ao Conselho Nacional de Políticas Energéticas (CNPE) o mandato para eventuais alterações nesses percentuais, assim como caberá à ANAC a fiscalização do cumprimento das obrigações.

4.5 Mercado de carbono

O mercado de créditos de carbono nacional regulado ainda está em fase de conclusão através do PL 412/2022, onde será definido o papel do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE) que define as quantidades de Cotas Brasileiras de Emissões – CBE a serem alocadas aos operadores, por meio do plano nacional de alocação, assim como as distribuições do direito de emissões gratuitas e leiloadas, para cada operadora, no modelo de *Cap and Trade*. Em consonância, o PL 4516/2023 institui o programa do combustível do futuro, definindo o papel do CNPE, ANAC e ANP, na execução do controle das cotas de emissões do setor aeronáutico. Junto a esses dois PLs, a Resolução no 856, da ANP, define todas as regras para manipulação física dos SAFs e demais combustíveis de aviação, conforme pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 – Regulação do Mercado Brasileiro de Carbono e os SAFs



Fonte: Elaborado pelos autores

4.6 O modelo do Sistema Brasileiro de Compensação de Emissões - SBCE

Conforme definido pelo referencial teórico utilizado neste artigo, a implementação de políticas sob a orientação do conceito das finanças e investimentos sustentáveis, se utiliza de instrumentos diversificados, que funcionam de forma combinada e complexa, por envolver diversos *stakeholders* de naturezas distintas, atuando em um sistema único e integrado. No contexto do setor nacional de aviação, isso implica em reconhecer o papel dos legisladores e governos locais, das agências reguladoras, especialmente ANP e ANAC, distribuidoras de combustíveis, gestores de aeroportos, produtores de combustíveis fósseis e sustentáveis, fabricantes de aeronaves, motores e equipamentos, em consonância com as políticas internacionais do setor, representadas pela ICAO e CORSIA.

Para o posicionamento dos combustíveis sustentáveis de aviação, produzidos no país, no mercado internacional, no âmbito do programa global de descarbonização do setor, conduzido pela CORSIA, para inserir o Brasil como um dos principais produtores de SAF global, será necessário integrar os esforços das políticas do setor de aviação às demais que fortalecem a criação de um Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE), definidas, até o momento, pelo Projeto de Lei 412/2022, com atenção às especificidades e restrições impostas pelas regulamentações internacionais, ligadas ao setor específico da aviação.

O modelo sugerido pelo PL 412/2022 é resultado de um esforço de mais de dez ministérios, com amplo envolvimento do governo federal, baseado nas melhores práticas adotadas em algumas das principais economias do mundo, com o objetivo de estimular as reduções das emissões, deixando para o setor privado a possibilidade de escolher as melhores tecnologias a serem adotadas e a busca por inovações tecnológicas que possibilitem essa redução.

O modelo está baseado em uma lógica conhecida como *Cap and Trade*, comumente utilizada pelos sistemas de comércio de emissões (Emissions Trading Systems ou ETS) internacionais. Este modelo institui um limite máximo de emissões de gases de efeito estufa para cada agente de cada setor, por meio de uma quantidade limitada de cota para emissão, definida por uma autoridade competente que, no caso da aviação, se constitui na ANAC. Esse limite de emissões, se constitui no teto (*cap*) de cada agente operador de um setor, permitindo que os que necessitem de emitir além do teto definido, possam comprar esse direito à emissão daqueles que não tenham emitido toda a sua cota, por intermédio de créditos negociados entre empresas (*trade*), com foco na meta total de redução de emissões do setor.

Este modelo, que pode ser operado na figura 6, se assemelha àquele inicialmente adotado pelo ETS europeu, onde há um controle físico das emissões, permitindo a negociação de créditos e débitos entre os operadores, especialmente, os de instalações fixas. Dessa forma, os operadores que conseguem, com os investimentos tecnológicos em suas plantas, a redução da emissão, terão crédito para negociar e, consequentemente, se capitalizarão com a venda de créditos de emissões não utilizados.

Figura 6 – Modelo de *Cap and trade*



Fonte: Beatriz Soares – MDIC, 2023

No entanto, o setor da aviação possui ativos ligados à mobilidade e, especialmente, com alto grau de dificuldade de descarbonização, por restrições tecnológicas que ainda não viabilizaram a aplicação em larga escala de sistemas propulsores neutros em emissões. Isto faz com o que todo o setor ainda dependa de captura de carbono de forma indireta, através dos SAFs. Dessa forma, a emissão direta continua existindo, apenas com uma pequena redução de poluentes, mas o grosso da descarbonização, será proveniente da captura de CO₂, na fase de crescimento das plantações de cana-de-açúcar ou das demais biomassas empregadas na produção dos combustíveis sustentáveis.

Cabe destacar ainda o caráter interfronteiras do deslocamento dos voos internacionais, que obriga o marco regulatório a estar atento ao cumprimento das exigências mínimas que evitem taxação ou tributação, das operadoras nacionais ou mesmo internacionais, que abasteçam no Brasil com destino a outros países e mercados. Da mesma forma, há que se priorizar a possibilidade do Brasil transformar-se em um polo produtor e/ou gerador de crédito de carbono, dado o potencial exportador de SAF.

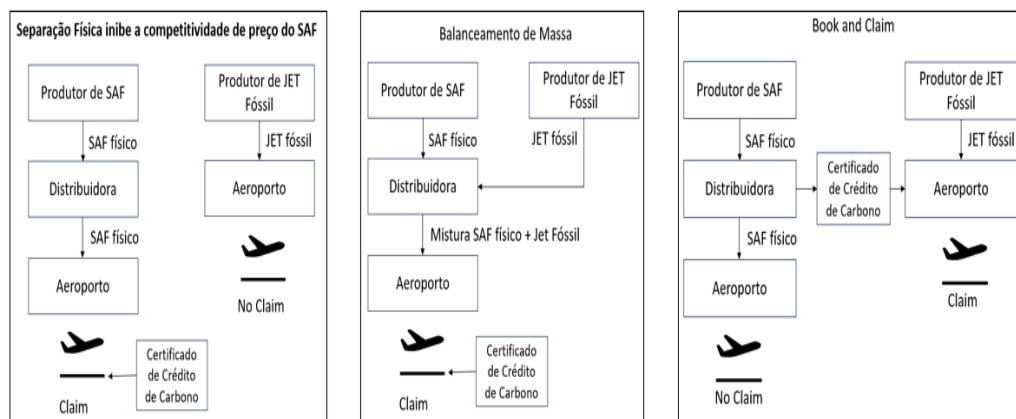
Dessa forma, o próprio PL 412/2022 prevê a necessidade de registro e autorização pelo órgão gestor do SBCE, com o Certificado de Redução ou Remoção Verificada de Emissões, para a utilização dos créditos de carbono gerados no país e que venham a ser utilizados para transferência internacional de resultados de mitigação, de acordo com o art. 6º do Acordo de Paris.

4.7 Rastreabilidade dos combustíveis e os três métodos de controle da cadeia de custódia

Pechstein et al. (2020) destacam que, apesar da aviação estar inclusa no sistema europeu de comercialização de emissões (EU-ETS) desde 2012, sob o regime de *Cap and Trade*, a literatura científica tem dado pouca atenção ao tema do SAF no EU-ETS. Com o propósito de preencher essa lacuna, os autores apresentam um histórico sobre a utilização do SAF, para obtenção do direito de emissão de CO₂, analisando alguns obstáculos para a ampliação da sua utilização, relacionados à questão da rastreabilidade física do produto, ligado ao conceito de cadeia de custódia (CoC, do inglês

Chain of Custody). Para isso, os autores avaliam os três métodos de CoC e as suas respectivas possibilidades de utilização no mercado de EU-ETS: separação física, balanço de massa e o *Book and Claim*. Na figura 7, pode observar cada um dos modelos.

Figura 7 – Modelos de cadeias de custódia (CoC)



Fonte: Elaborado pelos autores

Em relação ao método de separação física, Pechstein et al. (2020) defendem a visão de que a separação de estoques certificados dos SAFs de origens distintas e entre os combustíveis de aviação de origem fóssil, para garantir a integridade dos produtos e o seu volume de abatimento de CO₂, apesar de oferecer alta transparência e credibilidade, acaba por se transformar num empecilho para a sua disseminação. Os autores argumentam que a necessidade de manter estoques segregados ao longo da cadeia, encarece o custo com infraestrutura e rede de distribuição e não aproveita a principal característica e fortaleza de *dropin* dos SAFs que é a de poder ser misturado aos combustíveis fósseis, pela sua compatibilidade molecular.

Já o método de Balanceamento de Massa, na visão de Pechstein et al. (2020), permite a mistura dos produtos certificados e a utilização da característica de *dropin* dos SAFs, diminuindo a complexidade de infraestrutura ao mínimo necessário. Porém, eles destacam que mesmo assim, cada elemento na cadeia de suprimentos tem de ser individualmente certificado e monitorado regularmente, para garantir o correto balanceamento de massa, a cada movimentação de produto, o que representaria um esforço adicional no controle de qualidade.

A partir da visão crítica sobre os métodos de separação física e do balanceamento de massa, Pechstein et al. (2020) sugerem a adoção do método *Book and Claim*, especialmente pela sua capacidade de levar o crédito de carbono referente ao uso dos SAFs, para regiões que não podem ser favorecidas fisicamente, pela distância dos polos de produção, dos combustíveis alternativos. Nesse modelo, o certificado de crédito de carbono é emitido assim que a custódia do SAF é transferida, na saída da unidade de produção, simplificando o processo de rastreabilidade. Dessa forma, o controle de crédito de carbono não necessitaria ser controlado em toda a cadeia, como no caso da separação física, no qual o controle vai até a aeronave, e no caso do Balanço de Massa, onde o controle pode ser implementado pela relação de compra dos combustíveis da companhia de aviação.

Para embasar a sugestão de utilização de um modelo mais flexível - *Book and Claim*, Pechstein et al. (2020) utilizam como exemplo o mercado de energia elétrica, que adota este método para estender o acesso a fontes de energias renováveis a consumidores de regiões que não possuem acesso físico direto a elas. Os autores ainda ressaltam que, no contexto da sua utilização no EU-ETS, ainda não há um desenho de uma proposta detalhada para o seu funcionamento, reconhecendo que esse método exige cuidado para coibir a contabilização duplicada do crédito de carbono para o mesmo lote de produto.

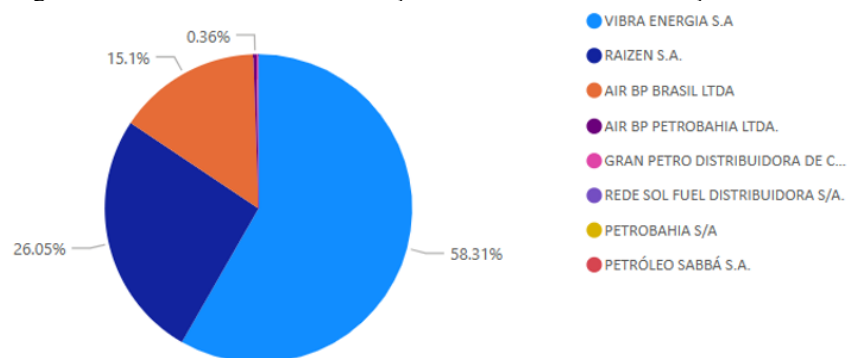
4.8 O atual controle de custódia e qualidade no mercado nacional de aviação

A regulamentação do mercado brasileiro de combustíveis de aviação é regida pela ANP. Sua resolução nº 856, de 22 de outubro de 2021, foi atualizada para acomodar as especificidades nos combustíveis alternativos (SAFs) à realidade brasileira, denominando a mistura dos SAFs com combustíveis de origem fóssil (JET A e JET A-1), genericamente, como JET C, independentemente da origem do SAF e do percentual da composição da mistura. Cabe ressaltar que a resolução estabelece o máximo de percentual nas misturas de JET C, por origem dos sete tipos de SAF reconhecidos como querosenes alternativos.

A resolução compreende diversas outras definições típicas do mercado de combustíveis nacional, tratando as especificidades do setor de aviação. Dessa forma, vale também destacar que, em termos de controle de qualidade dos combustíveis, existem diversos artefatos no modelo de operação atual, que garantem o nível de qualidade de todos os combustíveis. No Art. 2 da resolução, destacam-se as definições de amostras de produto para o controle da qualidade, o conceito de batelada (lote) de um produto em um único tanque, o certificado de qualidade e os resultados das características físico-químicas requeridas para o JET A, o JET A-1, o JET alternativo (SAF) e o JET C (mistura de SAF com combustíveis fósseis). Também encontra-se incluído no mencionado artigo, a definição da figura do distribuidor como principal agente na cadeia de custódia, por exercer as atividades críticas de aquisição, armazenamento, transporte, comercialização, controle da qualidade, assistência técnica e abastecimento de aeronaves.

Tendo em vista o papel central da figura do distribuidor, é interessante observar o grau de concentração que, em tese, facilitaria o controle de qualidade dos produtos, assim como o do crédito de emissões a eles atribuídos. O setor de distribuição de combustíveis de aviação possui oito distribuidoras autorizadas a trabalhar, sendo que apenas três delas (Vibra, Raízen e Air BP Brasil Ltda) concentram 99,46%, conforme Figura 8. Ela conta ainda com uma malha de distribuição de 26 bases de distribuição, com apenas seis operadores cadastrados (Vibra, Raízen, Petróleo Sabba, Air BP Brasil Ltda, Rede Sol Fuel Distribuidora S/A e Petrobahia SA) o que em termos práticos, pode simplificar muito a rastreabilidade das mudanças de custódia, entre a planta de produção dos JET Alternativos (SAFs) e o abastecimento das aeronaves, passando pelo controle de misturas em bases primárias e secundárias de distribuição, assim como nos tanques das instalações dos aeroportos.

Figura 8 - Market Share de distribuição de combustíveis de aviação no Brasil



Fonte: SIMP/ANP – Pannel dinâmico do Mercado Brasileiro de Combustíveis de aviação.

Em que pese a grande quantidade de aeroportos e aeródromos existentes no país (2.463 registrados pela ANAC), o que dificultaria uma rastreabilidade absoluta, todas as distribuidoras, de acordo com o Art. 14 da resolução nº 856, necessitam emitir o Documento Auxiliar da Nota Fiscal Eletrônica (DANFE). Nele devem constar o código e a descrição do produto, em conformidade com a ANP e a legislação vigente, e o número do documento da qualidade, sempre que o produto for comercializado entre produtores e distribuidores, importadora e distribuidora e, distribuidora e revendedora. Dessa forma, é possível afirmar que a rastreabilidade física dos combustíveis de aviação já é garantida pelo controle de qualidade, mas ainda não, para a apuração do crédito de emissão de carbono, relativo a cada tipo de SAF específico.

4.9 Uma proposta para a rastreabilidade da utilização dos créditos de carbono SAFs no modelo brasileiro

Considera-se o atual nível de rastreabilidade do sistema de distribuição de combustíveis de aviação, regido pela Resolução ANP nº 856, como tendo um alto potencial para atender a todas as exigências de controle de qualidade e rastreabilidade nos padrões requeridos pelo CoC. Compreende-se ainda que, com pequenos ajustes, por meio dos DANFEs, emitidos pelas distribuidoras, com os respectivos destinatários (empresas aéreas), o controle para balanceamento de massa poderia ser alcançado, para cada tipo de JET alternativo e para cada mistura de JET C.

Naturalmente, o nível de detalhamento da proposição que se realiza neste artigo, necessita de maior aprofundamento e análise de viabilidade. Para essa proposição, é interessante observar que no Art. 5 da ANP Nº 856, fica estabelecido que apenas os distribuidores e os produtores de JET A e JET A1 são autorizados pela agência para realizar as misturas de JET alternativo, para composição do JET C. Outro aspecto muito relevante que ajuda no controle de rastreabilidade, é que este mesmo artigo da resolução não permite a adição de mais de um tipo de JET alternativo ao JET A ou ao JET A-1, bem como a mistura de diferentes tipos de JET C nas cadeias de produção, distribuição e revenda de combustíveis de aviação. No entanto, o artigo permite que o JET C atenda a todos os requisitos, seja misturado ao JET A ou JET A-1, o que, na prática, significa uma diluição do JET alternativo na mistura

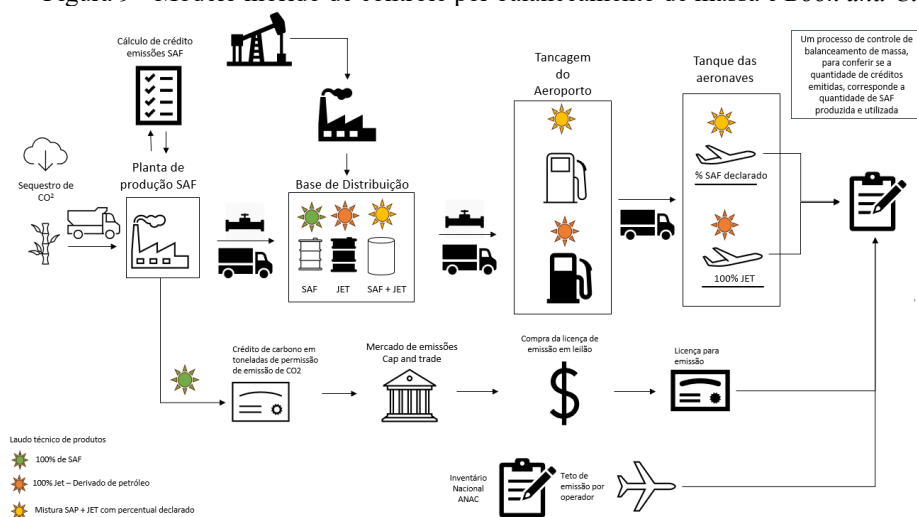
de uma nova proporção de JET C.

Resolvida preliminarmente a questão da rastreabilidade, sugere-se a avaliação de uma extensão da codificação do JET C, que poderia ser composta com um decimal (indicando o JET alternativo que varia de um a sete, conforme as origens aprovadas), acompanhado de mais dois dígitos que indicariam o percentual do JET alternativo que compõe o JET C. Uma vez negociada a viabilidade deste mecanismo, poderia ser alcançada uma rastreabilidade de abatimento de emissões, no cálculo de Balanceamento de Massa, com uma margem de precisão bem segura, para cada lote ou batelada de produto, ao longo de toda a cadeia de custódia, solucionando o atual risco de credibilidade dos certificados de crédito de carbono, com potencial de eliminar a dupla contagem.

Com isso, poderia-se introduzir, conforme Pechstein et al. (2020) sugerem, o método de *Book and Claim* para o crédito de carbono, a partir da mudança de custódia, entre os produtores e a distribuidora, dando total flexibilidade às operadoras nacionais e internacionais, de se creditarem no mercado regulado de crédito de carbono, num primeiro momento restrito aos créditos emitidos pelos produtores de SAF, até que os seus preços se tornem competitivos para a verificação da adequação de utilização de outras práticas de *offset*.

Da Figura 9, consta o fluxo físico do produto, com os seus respectivos certificados de qualidade, até a alocação dos combustíveis nas aeronaves, assim como o fluxo de comercialização do certificado de crédito para emissões. Uma vez estabelecido o modelo de *Cap and Trade*, com as cotas das companhias de aviação, a permissão de emissão além da sua cota estabelecida, poderia ser compensada pelo crédito negociado pelo mercado regulado de emissões.

Figura 9 - Modelo híbrido de controle por balanceamento de massa e *Book and Claim*



Fonte: Elaborado pelo autores

Ao final desse processo, ainda se propõe a adoção do balanceamento de massa, conciliando os volumes declarados pelos produtores de SAF e de JET A e A-1, com os volumes movimentados e declarados pelas distribuidoras, assim como os volumes manipulados por cada aeroporto e companhia aérea. Tal procedimento teria como objetivo a obtenção de uma visão precisa do impacto real da adoção

dos SAFs, permitindo revisões de metas e cotas para o setor e para determinados operadores, especificamente. Cabe ainda ressaltar que este processo de reconciliação de volumes operados é comumente utilizado pela ANP para controle das movimentações dos combustíveis de forma generalizada.

O modelo sugerido, acompanhado da rastreabilidade proposta, teria mais condição de brigar pelo reconhecimento dos demais órgãos internacionais, que possuem restrições à utilização de créditos de biocombustíveis, em função do uso indireto da terra ou de restrições a determinados SAFs de biomassas específicas, como no caso da palma. O diferencial estaria, pois, calcado no esclarecimento da origem dos produtos propiciado pelo processo de certificação dos produtores.

5 Conclusão

A adoção de políticas regulatórias setoriais é um tema altamente complexo, envolvendo grande quantidade de agentes, com interesses nem sempre convergentes. No caso dos combustíveis sustentáveis de aviação, envolvem entidades reguladoras nacionais e internacionais - ICAO, CORSIA, ANAC, CNPE, ANP, SCBCE, EU-ETS, ASTM, entre outras; assim como, interesses dos agentes privados, os poderes legislativo e executivo, em torno de diferentes projetos leis e resoluções, com diferentes instrumentos integrados, que se sobrepõem e se complementam e necessitam estar alinhados.

Cabe observar que toda a movimentação em torno da Transição Energética – TE tem viés nas decisões e posicionamentos dos agentes e países. Isto é, a TE se dá num ambiente constante de interesses de geopolítica, desregulamentação e protecionismos de mercado envolta num cenário de oportunidades e ameaças.

Nesse artigo, pretendeu-se contribuir para a discussão com uma proposta prática para adoção de um modelo flexível e avançado de negociação dos créditos de emissões, provenientes dos produtores de SAF, combinado com uma pequena adaptação de um poderoso modelo de rastreabilidade física dos combustíveis de aviação, já existentes e em operação, de acordo com a Resolução nº 856, da ANP. O objetivo almejado seria uma alta transparência e capacidade de gestão, de forma a que os resultados fossem monitorados, permitindo a revisão de metas e ajustes na regulamentação, a cada fase de evolução.

Como resultado, destaca-se a importância da criação de um mercado regulado, utilizando-se a prática do *Cap and Trade*, associada ao *Book and Claim*, alinhados aos requisitos do CORSIA, de forma a acelerar a internacionalização da produção local de SAF, via créditos de carbono, sem, no entanto, deixar de rastrear a movimentação física dos SAFs, por meio das distribuidoras, aeroportos e aeronaves, garantindo assim o crescimento da adoção do combustível de forma abrangente e controlada e evitando-se o risco de dupla contabilidade.

Cabe destacar a contribuição original proporcionada por esse artigo, com base nas melhores práticas internacionais, alinhadas a realidade e instrumentos locais de controle já existentes,

contribuindo para os elaboradores de política e tomadores de decisão, na direção de um modelo eficaz para que os SAFs possam de fato exercer todo o potencial de descarbonização de um setor crítico de emissões, assim como o seu potencial econômico de geração de riquezas, gerando um impacto social com a geração de empregos e aumento de renda.

Esse estudo conta com limitações de tempo para a realização de estudos comparativos com demais modelos internacionais, que devem ser estudados e monitorados para efeito de aperfeiçoamento do modelo local. Outros importantes estudos com relação a projeção de preços dos SAF devem ser realizados, para que o modelo proposto possa ser continuamente avaliado e aperfeiçoado.

Referências Bibliográficas:

ALVES, C. M.; VALK, M.; JONG, S. de; BONOMI, A.; WIELEN, L. A. van der; MUSSATTO, S. I. Techno-economic assessment of biorefinery technologies for aviation biofuels supply chains in brazil. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, v. 11, n. 1, p. 67–91, 2017. Disponível em: <Techno-economic assessment of biorefinery technologies for aviation biofuels supply chains in Brazil - Alves - 2017 - Biofuels, Bioproducts and Biorefining - Wiley Online Library>. Acessado em: 10 nov. 2023.

ANP. Resolução número 856, de 20 de Outubro de 2022. Estabelece as especificações do querosene de aviação JET A e JET A-1, dos querosenes de aviação alternativos e do querosene de aviação C (JET C), bem como as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos agentes econômicos que comercializam esses produtos em território nacional. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anp-n-856-de-22-de-outubro-de-2021-354349404>. Acessado em: 22 dez. 2023.

ALVES, C. M.; VALK, M.; JONG, S. de; BONOMI, A.; WIELEN, L. A. van der; MUSSATTO, S. I. Techno-economic assessment of biorefinery technologies for aviation biofuels supply chains in brazil. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, v. 11, n. 1, p. 67–91, 2017. Disponível em: <Techno-economic assessment of biorefinery technologies for aviation biofuels supply chains in Brazil - Alves - 2017 - Biofuels, Bioproducts and Biorefining - Wiley Online Library>. Acessado em: 10 nov. 2023.

Análise econômica de Diferentes Rotas de Produção de Combustíveis Sustentáveis de Aviação — Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/programa-combustivel-do-futuro/analise-economica-diferentes-rotas-de-producao-de-saf.pdf/view>>. Acessado em: 21 out. 2023.

ATAG, 2015a. Aviation Climate Solutions. Air Transport Action Group, Geneva, Switzerland. Disponível em: <<https://atag.org/news/new-analysis-details-aviation-climate-pathways>>. Acessado em: 20 nov. 2023.

ATAG, 2015b. The Aviation Sector's Climate Action Framework. Air Transport Action Group, Geneva, Switzerland. Disponível em: <<https://atag.org/news/new-analysis-details-aviation-climate-pathways>>. Acesso em: 22 nov. 2023.

BRASIL. Projeto de Lei nº 412, de 2022. Institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE) e altera as Leis nºs 12.187, de 29 de dezembro de 2009, 12.651, de 25 de maio de 2012, e 6.385, de 7 de dezembro de 1976. Remetida à Câmara dos Deputados em 18/10/2023, Portal de atividade legislativa do Senado Federal, Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/151967>>. Acessado em 22 dez. 2023.

BRASIL. Projeto de Lei nº 4516, de 2023. Dispõe sobre a promoção da mobilidade sustentável de baixo carbono, o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação, o Programa Nacional de Diesel Verde e o marco legal da captura e da estocagem geológica de dióxido de carbono. Apensado ao PL 4196/2023. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=2329290>. Acessado em 22 dez 2023.

CARVALHO, F. M. Evaluation of the Brazilian potential for producing aviation biofuels through consolidated routes. 2017. Dissertação (Mestrado em Planejamento Estratégico) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

CUNHA, F. A. F. DE S. et al. Sustainable finance and investment: Review and research agenda. Business Strategy and the Environment, v. 30, n. 8, p. 3821–3838, 13 jun. 2021.

FEEDSTOCK AVAILABILITY FOR SUSTAINABLE AVIATION FUELS IN BRAZIL CHALLENGES AND OPPORTUNITIES. Disponível em: <https://www.agroicone.com.br/wpcontent/uploads/2021/06/RSB_Agroicone_Feedstock_availability_2021.pdf>. Acessado em: 15 nov. 2023.

ICAO, 2013. ICAO Environmental Report 2013: Aviation and Climate Change. International Civil Aviation Organization, Montreal, Canadá. Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentalReports/2013/ICAOEnvReport2013.pdf>>. Acessado em: 04 nov. 2023.

ICAO, 2016. On Board a Sustainable Future: ICAO 2016 Environmental Report. International Civil Aviation Organization, Montreal, Canadá. Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/env2016.aspx>>. Acessado em: 18 nov 2023.

ICAO, 2020. Implementation Plan: ICAO 2020 CORSIA Carbon Off Setting and Reduction Scheme For International Aviation. Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA%20Brochure/2023%20Edition/CORSIA-Brochure2023-EN-WEB.pdf>>. Acessado em: 01 dez. 2023.

INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DA AVIAÇÃO CIVIL. Disponível em: <<https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/inventario-nacional-de-emissoes-atmosfericas-da-aviacao-civil#:~:text=O%20Invent%C3%A1rio%20cont%C3%A9m%20estimativas%20de%20consumo%20de%20querosene>>. Acessado em: 03 dez. 2023.

OTTELIN, J. et al. Carbon and material footprints of a welfare state: Why and how governments should enhance green investments. *Environmental Science & Policy*, v. 86, p. 1–10, ago. 2018.
R. BNDES, Rio de Janeiro, v. 28, n. 56, p. 361-398, dez. 2021.

Standard Specification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons. Disponível em: <<https://www.astm.org/d7566-23b.html>>. Acessado em: 20 dez. 2023.

PECHSTEIN, J.; BULLERDIEK, N.; KALTSCHMITT, M. A “book and Claim”-Approach to account for sustainable aviation fuels in the EU-ETS – Development of a basic concept. *Energy Policy*, v. 136, p. 111014, jan. 2020.