

ARCABOUÇO REGULATÓRIO E DIRETRIZES DE POLÍTICAS: OS DESAFIOS PARA A REGULAMENTAÇÃO DE COMBUSTÍVEIS SUSTENTÁVEIS DE AVIAÇÃO *DROP-IN*

Gustavo Alves Soares¹
Helder Queiroz Pinto Jr¹
José Vitor Bomtempo Martins¹

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro

DOI: 10.47168/rbe.v27i1.494

RESUMO

Por serem combustíveis *drop-in*, a disseminação dos combustíveis sustentáveis de aviação enfrenta, além dos elevados custos de produção, dificuldades relacionadas à conciliação de diversas rotas de produção em uma mesma infraestrutura e ao cumprimento de uma rigorosa certificação internacional. Essas dificuldades exigem que a regulação e as políticas sobre os combustíveis sustentáveis de aviação sejam sensíveis às características das diferentes rotas de produção, que geram combustíveis com propriedades ambientais distintas, e permitam que os combustíveis sejam comercializados sem que haja perda das propriedades necessárias ao longo da cadeia. As principais dificuldades encontradas referem-se ao estabelecimento de tributação diferenciada que acompanhe os diferentes combustíveis ao longo da cadeia, à exigência de grande escala produtiva para conseguir a certificação internacional, à elevada concentração no mercado do QAV-1 e à inviabilidade de implementar mandatos obrigatórios de combustíveis sustentáveis de aviação.

Palavras-chave: Combustíveis sustentáveis de aviação, Regulação, Combustíveis *drop-in*.

ABSTRACT

As drop-ins fuels, the spread of sustainable aviation fuels faces difficulties related to the conciliation of several technological routes in the same infrastructure and the compliance of rigorous international certification. These difficulties require regulation and policies on sustainable aviation fuels to be sensitive to the characteristics of different technological routes, which generate fuels with distinct environmental properties, and allow the transportation of the fuel along the supply chain without loss of properties. The main difficulties are the establishment of differentiated taxation that accompanies the different fuels along the chain, dealing

with an international certification that requires large productive scale, a high concentration in the JET-A market and the impossibility of implementing mandatory mandates for sustainable aviation fuels.

Keywords: Sustainable aviation fuels, Regulation, Drop-ins fuels.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de conciliação entre os objetivos de segurança energética e de redução de emissões de gases de efeito estufa constitui o ponto focal dos debates atuais sobre política energética. O processo de transformação em curso do setor de energia, caracterizado por muitos como “transição energética”, tem permitido a ampliação do leque de inovações tecnológicas de processos, de equipamentos e de novos combustíveis.

Desse modo, o arcabouço regulatório do setor energético em diferentes países, bem como as estratégias das empresas de energia, estão sendo progressivamente reorientadas a fim de atingir, no longo prazo, padrões de produção e uso de energia que levem em consideração estas novas condições de contorno do setor de energia. O componente tecnológico surge como principal vetor desta transição energética, acrescentando ao processo diversas incertezas pois, como menciona Helm (2016, p. 199), *“it is impossible to know in advance what technologies will be successful. It is in the nature of technical progress that there will be surprises. If we had the knowledge to predict, we would have the technologies already”*.

O setor de transporte não está isento dos impactos produzidos por estas tendências. No caso do transporte automotivo, muito embora não seja possível antecipar a velocidade de penetração de veículos elétricos, nem tampouco seu papel na mudança estrutural da frota de veículos, a comercialização e os incentivos governamentais aos veículos elétricos têm sido crescentes (RIETMANN; LIEVEN, 2019).

Já no setor de transporte aéreo as alternativas de eletrificação ainda parecem distantes (BP, 2020; CHIARAMONTI, 2019). Entretanto, processos de inovação para o desenvolvimento de novos combustíveis que possam substituir o querosene de aviação estão em curso e revelam-se como a alternativa, em curto e médio prazo, para a descarbonização do setor (KALTSCHMITT; NEULING, 2018).

Ademais, a indústria de aviação está comprometida com a redução de emissões de gases de efeito estufa. Tal comprometimento já orienta uma série de iniciativas que incentivam a produção e o uso de *sustainable aviation fuels*¹ (SAF). Em particular, destaca-se o *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation* (CORSA),

1 Combustível sustentável de aviação

implementado pela Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO, 2017).

O CORSIA traça metas individuais de emissões de gases de efeito estufa para as empresas aéreas em voos internacionais. Empresas que ultrapassarem suas metas podem comprar créditos de carbono para compensar seu excesso de emissões. O objetivo do programa é evitar emissões acima dos níveis observados na média entre os anos de 2019 e 2020 (ICAO, 2017). O programa será implementado em três fases, sendo que as duas primeiras, que se estendem entre os anos de 2021 e 2026, são de participação voluntária dos países (ICAO, 2017).

Os voos comerciais que utilizam SAF alcançaram a marca dos trezentos mil, em 2020, e há, atualmente, diversas rotas internacionais e nacionais, sobretudo na Europa e nos Estados Unidos, nas quais as empresas aéreas utilizam os SAF regularmente¹ (ICAO, 2021a). O Brasil, mesmo sendo um grande produtor de biocombustíveis, como o etanol e o biodiesel, tem tido uma participação muito incipiente no desenvolvimento da produção dos SAF (YOSHINAGA et al., 2020), limitando-se apenas à realização de alguns voos testes com o uso deles (JORNAL DA BIOENERGIA, 2019).

Apesar dos esforços para a disseminação dos SAF no mundo, a utilização destes ainda permanece insignificante na matriz energética do setor de transporte aéreo. Em geral, credita-se à baixa maturidade tecnológica de algumas das rotas de produção e aos elevados custos dos SAF a causa desta reduzida disseminação (CHIARAMONTI, 2019). Contudo, o fato dos SAF serem essencialmente combustíveis *drop-in*, dada a necessidade de padronização na qualidade dos combustíveis em voos internacionais, e seguirem uma rígida certificação internacional, dificulta o desenho de um arcabouço regulatório e a construção de uma cadeia de abastecimento que comporte o uso de distintas rotas de produção.

O objetivo deste artigo é examinar de que maneira as dificuldades em produzir um combustível *drop-in* de aceitação internacional estão presentes e como elas se manifestam no desenho de um arcabouço regulatório no país. Para tal o artigo se divide em mais quatro seções, além desta introdução. A seção 2 descreverá algumas características dos SAF e os processos necessários para a sua certificação. Na seção 3 serão apresentadas as principais características do mercado de combustíveis de aviação (tradicionais e alternativos) no Brasil, com foco na regulação do setor. O artigo examina, na seção 4, as dificuldades que os agentes envolvidos com o desenvolvimentos dos SAF precisam lidar pelo fato deles serem combustíveis *drop-in*. Por fim, são apresentadas as conclusões na seção 5.

¹ É possível acompanhar voos, em tempo real, que utilizam combustíveis de aviação sustentáveis pelo site: <https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/default.aspx>

2. PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO DE COMBUSTÍVEIS SINTÉTICOS DE AVIAÇÃO

Os SAF enfrentam diversos desafios para o seu desenvolvimento, sendo um deles a necessidade de atender uma rigorosa padronização para combustíveis sintéticos determinada internacionalmente. Cabe ressaltar que o rigor na busca de padronização nas características químicas e físicas também recai no tradicional querosene de aviação (QAV-1), derivado do petróleo, uma vez que é preciso garantir que as aeronaves em voos internacionais possam contar com combustíveis que ofereçam a mesma performance, independente do país onde abasteçam (KALTSCHMITT; NEULING, 2018).

Contudo o processo de certificação para os combustíveis sintéticos, os quais incluem os SAF, é mais complexo pois tem como objetivo garantir que os combustíveis de aviação produzidos com o uso de diversas matérias-primas, que não o petróleo, e com técnicas de produção inovadoras, possuam características semelhantes ao QAV-1. Quer dizer, os SAF são necessariamente um combustível *drop-in* (DOE, 2017).

Existem diversos processos internacionais de certificação de combustíveis, e o mais aceito destes é o processo da American Society for Testing and Materials (ASTM) (RUMIZEN, 2018). No caso da certificação do QAV-1, as especificações aceitas internacionalmente, inclusive no Brasil, são definidas pela norma ASTM D1655. Para o caso dos combustíveis alternativos sintéticos, uma nova especificação, a ASTM D7566¹, foi necessária para lidar com as dificuldades inerentes do uso de múltiplas matérias-primas e rotas de conversão (RUMIZEN, 2018). A ASTM D7566 foi emitida em 2009 e é estruturada em anexos. Cada um deles representa uma diferente rota de produção de combustível sintético com base em um escopo de matérias-primas. Além das características físico-químicas, a especificação também define o percentual máximo de combustível alternativo que pode ser misturado ao combustível tradicional (RUMIZEN, 2018). Atualmente, há sete anexos na ASTM D7566, como mostra a Tabela 1.

Ressalta-se que a utilização dos combustíveis alternativos só pode ser realizada mediante mistura com o combustível tradicional pois, mesmo sendo produtos *drop-in*, os novos combustíveis carecem de algumas especificações contidas nos hidrocarbonetos e, portanto, apenas por meio da mistura que o combustível atinge todas as especificações necessárias e passa ser incluído na ASTM D1665 (PECHSTEIN; ZSCHOCKE, 2018). A certificação de novos combustíveis alternativos e a consequente criação de um novo anexo na ASTM D7566 é

¹ Chamada de Standard Specification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons

possível mediante a realização de baterias de teste, com o objetivo de avaliar em que medida o novo combustível pode ser usado pelos equipamentos aeronáuticos sem prejuízo de uso (DOE, 2017). Não é necessário que o novo combustível seja idêntico ao QAV-1, mas sim um que possa ser misturado ao QAV-1 e utilizado sem perda de eficiência nos equipamentos feitos para o mesmo (PECHSTEIN; ZSCHOCKE, 2018).

A ASTM também desenvolveu procedimentos a serem seguidos pelo produtor desenvolvedor de um combustível alternativo com vistas a sua incorporação na ASTM D7566. O conjunto desses procedimentos encontra-se no processo denominado ASTM D4054, um processo interativo e iterativo que exige do produtor do SAF testes abrangendo propriedades básicas de especificação, propriedades de adequação de finalidade e testes em motores e em componentes (DOE, 2017).

Tabela 1 - Rotas de conversão e porcentagem máxima de mistura de SAF, definidas nos anexos da ASTM D7566 (ICAO, 2021b)

Anexo	Ano	Rota de conversão	% máxima de mistura	Matérias-primas possíveis
Anexo 1	2009	Querosene parafínico sintetizado hidroprocessado Fischer-Tropsch (FT)	50%	Carvão, gás natural e biomassa
Anexo 2	2011	Querosene parafínico sintetizado a partir de ésteres hidroprocessados e ácidos graxos (HEFA)	50%	Bio-óleo, gordura animal e óleo reciclado
Anexo 3	2014	Isoparafinas sintetizadas a partir de açúcares fermentados hidroprocessados (SIP)	10%	Biomassa
Anexo 4	2015	Querosene sintetizado com aromáticos derivados por alquilação de aromáticos leves de fontes não petrolíferas (FT-SKA)	50%	Carvão, gás natural e biomassa
Anexo 5	2016	Álcool para querosene parafínico sintético (AJT)	50%	Etanol e isobutanol
Anexo 6	2020	Combustível de hidrotermólise catalítica (CHJ)	50%	Óleo vegetal
Anexo 7	2020	Querosene parafínico sintetizado a partir de ésteres hidroprocessados de hidrocarbonetos e ácidos graxos (HC-HEFA-SPK)	10%	Algas

Tais processos são rigorosos e requerem atuação conjunta entre os desenvolvedores dos combustíveis e entre laboratórios, universidades e fabricantes de equipamentos aeronáuticos (CAAFI, 2018).

A Figura 1 apresenta os procedimentos definidos na ASTM D4054. A aprovação de um SAF é feita em duas etapas principais, cada uma dividida em dois estágios.

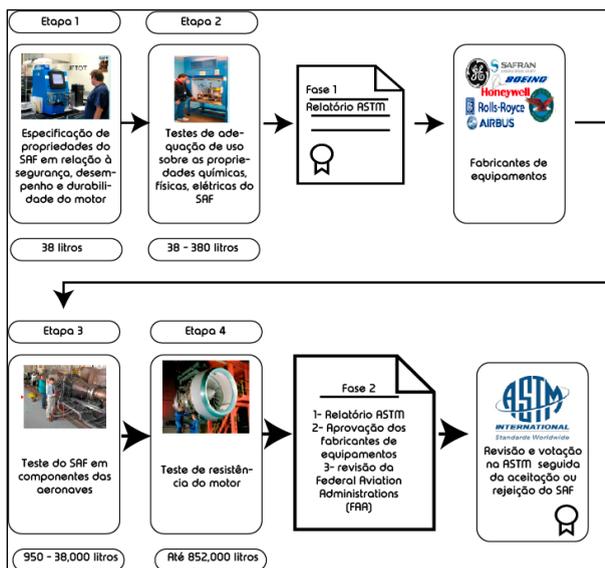


Figura 1- Etapas do processo de certificação de um novo combustível sintético (adaptação de Ascent, 2020).

O processo ASTM D4054 não visa apenas certificar um produto, e seu objetivo também é certificar o processo de produção de um SAF (ASCENT, 2020; BRUCE et al., 2020). Quer dizer, busca-se assegurar que, conforme a nova tecnologia de produção do SAF ganhe escala, as características do produto final sejam mantidas. Não é por outro motivo que durante as diferentes etapas do processo de certificação, as exigências de quantidades produzidas aumentam de forma significativa, como observado na Figura 1. As exigências de grandes escalas produtivas durante o processo de certificação constitui uma grande barreira, principalmente para as pequenas empresas, pois há a necessidade de vultuosos investimentos, inclusive em capacidade produtiva, em processos que levam anos e com o risco de o combustível alternativo não ser aceito (BRUCE et al., 2020; HEYNE et al., 2021).

3. REGULAÇÃO DOS COMBUSTÍVEIS DE AVIAÇÃO NO BRASIL

3.1 Cadeia e regulação dos combustíveis de aviação tradicionais

A Lei 9.478 de 1997, conhecida como Lei do Petróleo, foi um marco no desenvolvimento da exploração e produção do petróleo e do gás natural, assim como no desenvolvimento da cadeia de seus derivados. Ela foi responsável pela liberalização do setor e quebra legal do monopólio da Petrobras ao longo de toda cadeia de petróleo e gás. Ela também criou a Agência Nacional do Petróleo (ANP), que passou a ser o órgão responsável por regular as atividades do setor.

Em relação aos combustíveis, entre eles os combustíveis de aviação, cabe à ANP definir as regras sobre a sua comercialização, especificidades química/físicas e fiscalização. Além disso, a ANP é um dos órgãos incumbidos de pôr em prática as resoluções do Conselho Nacional de Política Energética que, dentre suas atribuições, visa promover novos mercados, valorizar os recursos energéticos e incentivar combustíveis alternativos. Em função do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, 2005, a Lei 12.490 ampliou as atribuições da ANP, que passou a atuar também na cadeia de biocombustíveis, incluindo aqueles destinados à aviação.

As regras para a comercialização do QAV-1 são também determinadas pela ANP. Atualmente, a Resolução ANP nº 778 de 2019 determina as normas técnicas e de controle de qualidade ao longo da cadeia de fornecimento dos combustíveis de aviação (ANP, 2019). As resoluções ANP nº 17 e 18 de 2006 regem o comportamento dos agentes de distribuição e de revenda, respectivamente (ANP, 2006a, 2006b). Devido ao caráter global da aviação civil, as especificações do QAV-1 são alinhadas com aquelas determinadas pelo padrão ASTM D1655, citado anteriormente (ANP, 2019). A Figura 2 ilustra a cadeia de distribuição do QAV-1, assim como os processos de teste de qualidade.

Para que o QAV-1 avance na cadeia é necessário que amostras sejam enviadas a laboratórios e firmas inspetoras autorizados pela ANP para que suas especificidades sejam comprovadas. O procedimento de controle de qualidade do QAV-1 é feito em cada elo da cadeia para evitar que o combustível sofra alguma alteração à medida que muda de agente. A regulação ainda exige que os equipamentos utilizados para transportar o QAV-1 (caminhões tanques e oleodutos) sigam determinadas especificações (ANP, 2019).

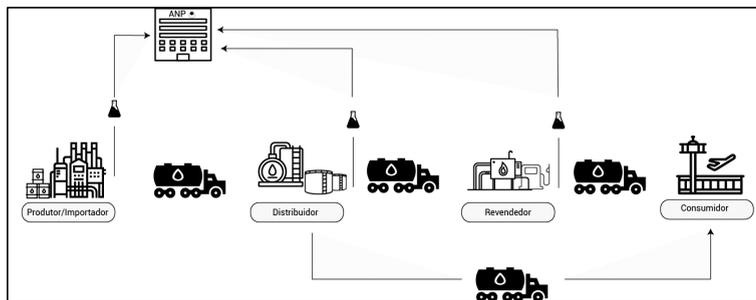


Figura 2 - Cadeia de distribuição do QAV-1

A estrutura do mercado do QAV-1 no Brasil é altamente concentrada. Em 2020, a Petrobras foi a única produtora do combustível no país, e produziu cerca de 3.332 mil m³ em suas refinarias (ANP, 2021a). Deste total, 7% foi produzido na RLAM, que em 2021 foi vendida pela Petrobras como parte de sua estratégia de desinvestimento (ANP, 2021a; G1, 2021).

Em 2020, o Brasil teve um saldo positivo de 666 mil m³ no comércio internacional de QAV-1 (ANP, 2021b). Todavia, vale destacar que 2020 foi um ano atípico¹ pois, em geral, o Brasil importa mais QAV-1 do que exporta, principalmente para atender os mercados da Região Norte e Nordeste (ANP, 2021b). As importações são feitas principalmente pelo terminal de Suape, em Pernambuco, sob o controle Petrobras (MDIC, 2021). Assim, a empresa detém o monopólio da oferta de QAV-1 no Brasil (ANP, 2021c).

A distribuição do QAV-1 também é concentrada em três empresas responsáveis por 99% da distribuição do combustível; são elas a BR Distribuidora, com uma participação de 51%, em seguida vem a Raízen, com 32% do mercado e, por fim, a Air BP, com 15% (ANP, 2021c).

3.2 Cadeia e regulação dos combustíveis alternativos de aviação

A regulação sobre os combustíveis alternativos de aviação no Brasil inicia sua trajetória no ano de 2012 quando a ANP, órgão responsável por regular os setores de combustíveis tradicionais e biocombustíveis, abriu consulta pública para iniciar o processo de regulamentação.

¹ O setor de aviação foi um dos mais afetados pelos efeitos da crise desencadeada pela pandemia do coronavírus. Em virtude da queda do número de voos comerciais, o consumo de QAV-1 despencou no ano de 2020.

Em 2013, a ANP lançou a Resolução nº 20 que determinava as especificações dos combustíveis alternativos e as regras de sua comercialização.

As especificações foram alinhadas às normas internacionais, ou seja, só eram considerados combustíveis sintéticos os combustíveis presentes nos anexos da ASTM D7566. Conseqüentemente, não foi criado um processo de certificação nacional para novos combustíveis de aviação. Os desenvolvedores nacionais de novos combustíveis precisam recorrer ao processo de certificação citado na seção 2 deste artigo. Também não há uma resolução para o uso de combustíveis experimentais, como acontece para o caso dos combustíveis utilizados em modais terrestres que seguem a Resolução ANP nº 21 de 2016.

A Resolução ANP nº 20 de 2013 foi substituída pela Resolução ANP nº 63 de 2014. Esta manteve o alinhamento com os padrões internacionais para as especificações dos SAF como também desenhou a sua estrutura de comercialização no Brasil. Em 2019, as regras para a comercialização do QAV-1 e dos combustíveis alternativos foram reunidas na resolução 778 da ANP, que determina as obrigações de cada agente da cadeia dos combustíveis de aviação. Ao produtor de um SAF fica a responsabilidade de garantir a qualidade do produto, que deve seguir as especificações determinadas. Nesta etapa, a comercialização do SAF só é possível após a emissão do certificado de qualidade feito pela ANP. Destaca-se que o produtor deve informar as diferentes matérias-primas utilizadas e, caso seja utilizada mais de uma, a proporção de utilização de cada uma delas.

Como foi dito, o SAF não é utilizado diretamente nas aeronaves e precisa ser misturado ao QAV-1 segundo as proporções determinadas pela Resolução 778 da ANP de 2019. Os critérios seguidos pela ANP seguem os determinados pela ASTM D7566 e contemplam cinco das sete rotas certificadas pela norma (Tabela 1); os anexos mais recentes (2020) ainda não foram incluídos. No Brasil, apenas os produtores, os importadores e os distribuidores de QAV-1 podem realizar a mistura do SAF. O produtor de SAF apenas poderá ser responsável pela mistura se ele também for produtor e/ou distribuidor de QAV-1 (ANP, 2019).

Na regulação brasileira, após a realização da mistura, cria-se um novo produto, o querosene de aviação C (QAV-C). Este pode ser utilizado em qualquer infraestrutura destinada ao QAV-1, inclusive, pode ser misturado a mais quantidades deste ao longo da cadeia. Todavia, é negada a mistura de outros combustíveis alternativos ao QAV-C e também é vedada a mistura de diferentes QAV-C ao longo da cadeia (ANP, 2019).

Tanto o produtor quanto o distribuidor de QAV-1, após a mistura com o combustível alternativo, precisam também certificar o QAV-C

para garantir as especificações necessárias. O distribuidor pode comercializar o QAV-C diretamente com o consumidor final. Também é permitida a venda entre distribuidoras e para um revendedor (ANP, 2019). Vale reafirmar que o QAV-C pode ser utilizado na infraestrutura existente para o QAV-1. Nesse sentido, tanto o distribuidor quanto o revendedor seguem as resolução nº 17 e 18 de 2006, destacadas acima. A Figura 3 apresenta a estrutura da cadeia de distribuição dos SAF.

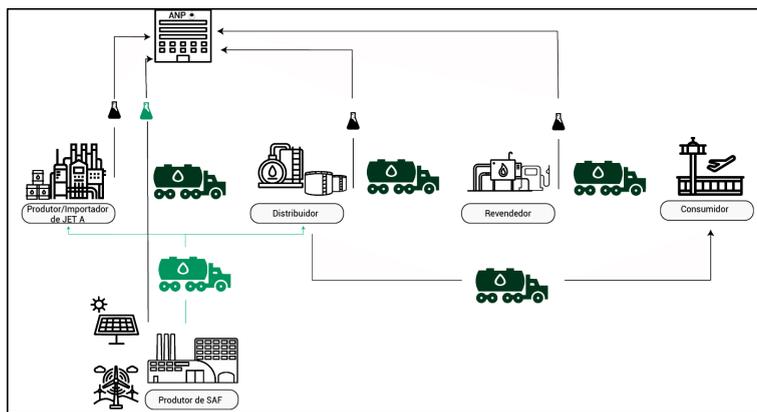


Figura 3 - Cadeia de distribuição dos combustíveis de aviação alternativos

No Brasil, também há o uso de combustíveis não *drop-in* na aviação, como é o caso da utilização do etanol. O baixo preço do etanol frente aos tradicionais combustíveis de aviação despertou o interesse de alguns operadores de aviões, principalmente os prestadores de serviços agrícolas, em utilizar o combustível em suas aeronaves (SOUZA, 2020). Por se tratar de um combustível não *drop-in*, a lógica da utilização do etanol como combustível de aviação seguiu uma relação inversa. Isto é, em vez de se adaptar os combustíveis à infraestrutura e às aeronaves, busca-se a criação de aviões capazes de operar com etanol e a adaptação de motores de aviões tradicionais para que também possam operar com o etanol.

No caso brasileiro, em 2011 foi redigida pela ANAC a Instrução Suplementar (IS) nº 137.201-001 que indica as condições aceitáveis de utilização do etanol como combustível de aviação. Na IS são descritas as características necessárias às aeronaves que operam com o etanol, assim como regras de voo. Cabe ressaltar que o etanol atende um mercado de nicho, especificamente a aviação agrícola, onde as normas

de voos são restritas e impede que a aeronave voe sobre regiões densamente povoadas, por exemplo (ANAC, 2020).

4. O ATUAL PANORAMA DA COMERCIALIZAÇÃO DOS SAF: UMA DISCUSSÃO SOBRE AS DIFICULDADES REGULATÓRIAS DE DISSEMINAÇÃO DOS SAF NO BRASIL

Desde 2010 uma série de voos com o uso de SAF foram realizados no Brasil. Destaca-se o ano de 2014 quando, em virtude da Copa do Mundo, a GOL realizou de forma sistemática mais de trezentos voos com o uso de querosene derivado do óleo de milho (RI-BEIRO, 2019). Porém, esses combustíveis não foram provenientes de uma produção em larga escala e muito menos puderam contar com uma infraestrutura de abastecimento. Os combustíveis renováveis foram usados em caráter experimental e seu abastecimento foi feito em forma de campanha.

A falta de capacidade produtiva de SAF no Brasil fez com que o QAV-1 ficasse fora das metas do RenovaBio¹, programa nacional, implementado em 2017, que visa promover a produção de biocombustíveis e reduzir as emissões de gases de efeito estufa. No RenovaBio, as distribuidoras necessitam comprar créditos de carbono, chamados CBIOS, para cumprir suas metas de descarbonização. As metas são estabelecidas anualmente com base nas vendas de combustíveis fósseis da distribuidora no ano anterior. Caso houvesse a necessidade de compra de CBIOS referentes às vendas de QAV-1, seria observado apenas o aumento do preço deste combustível sem haver contrapartida na produção e nos preços dos SAF.

Mesmo assim, o RenovaBio incentiva os SAF pois a sua produção gera CBIOS proporcionais aos seus benefícios ambientais relativos ao QAV-1. Até o momento, apenas uma rota, a HEFA, está contemplada pelo programa segundo o Resolução ANP 758 de 2018. É possível que outras rotas sejam inseridas no programa e novos combustíveis sejam certificados. Todavia, é necessário comprovar, além de outros aspectos, que há potencial de oferta do novo combustível e cadeia produtiva organizada (ANP, 2018).

O CORSIA, apresentado na introdução do artigo, é um programa a nível internacional com o objetivo de zerar o aumento de emissões de gases de efeito estufa em voos internacionais acima dos níveis emitidos na média entre os anos de 2019 e 2020. Pelo programa, as companhias aéreas podem compensar suas emissões de carbono superiores as suas metas individuais comprando créditos de carbono,

¹ RenovaBio refere-se à Política Nacional de Biocombustíveis, instituída pela Lei nº 13.576 de 2017.

que são gerados por iniciativas de mitigação das emissões de gases de efeito estufa que sejam devidamente reconhecidas pelo CORSIA. O CORSIA teve início em 2021 e será implementado em três fases, sendo as duas primeiras de aderência voluntária dos países. Apenas em 2027 é que a participação do CORSIA será obrigatória a todos os países¹. Atualmente há 81 países comprometidos em aderir de forma voluntária ao esquema e o Brasil não é um deles (ICAO, 2019).

Sobre o aspecto regulatório, a incipiência de produção e de uso dos SAF no Brasil dificulta qualquer tipo de prognóstico, visto que novos obstáculos, imperceptíveis no atual momento, devem surgir com o aumento da escala de produção. Apesar disso, o fato dos SAF serem combustíveis *drop-in*, originários de diversas rotas produtivas, e seguirem uma rígida certificação internacional, permite algumas discussões sobre possíveis dificuldades que serão enfrentadas pelos reguladores e agentes da cadeia de combustíveis de aviação.

Sobre a certificação de novos combustíveis, pouco pode ser feito pelos reguladores brasileiros, dado o caráter global dos combustíveis de aviação. Atribuir à ASTM a tarefa de certificar os novos combustíveis é lógico, visto que ela já possui aceitação mundial e seus procedimentos são de conhecimento dos agentes do setor. Os problemas relativos ao elevado custo da certificação e à impossibilidade de misturar mais de um SAF tendem a ser solucionados, à medida que a ASTM aprimora seu processo de certificação. Nesta perspectiva, ao Brasil cabe investir em laboratórios e empresas capazes de se credenciar à ASTM e de realizarem os procedimentos de certificação dos SAF em território nacional. Atualmente, apenas a Embraer demonstrou capacidades técnicas para realizar os testes presentes no D4054 (CAAFI, 2018).

Cabe enfatizar que desenvolver uma certificação nacional para novos SAF não é factível, pois, diferente do caso do etanol, não há produção economicamente viável de combustíveis alternativos de aviação que justifique a construção de uma infraestrutura própria de abastecimento e adaptações de aeronaves. Além disso, seguir uma certificação nacional seria o mesmo que criar um combustível não *drop-in* a nível internacional, o que limitaria o uso dos SAF certificados nacionalmente a mercados de nicho nacionais.

Os benefícios ambientais dos SAF, juntamente com o início da trajetória produtiva, exigem a criação de mecanismos de incentivo que facilitem a chegada da produção em escala comercial e internalize as externalidades positivas dos SAF. O RenovaBio apresenta-se como uma ferramenta de incentivo, pois permite o produtor de SAF também lucrar com a venda de CBIOS associados ao combustível. Todavia, a

¹ Há algumas exceções que podem ficar fora do CORSIA, como pequenos países insulares.

falta de obrigatoriedade das distribuidoras em reduzir emissões relativas as suas vendas de QAV-1 reduz a eficácia do RenovaBio no estímulo aos combustíveis renováveis de aviação. Assim, a discussão sobre outras formas de incentivo torna-se um tema importante para alavancar a cadeia dos SAF no Brasil.

Isenção fiscal aos SAF e a consequente diferenciação tributária entre os SAF e o QAV-1 podem ser formas de incentivo eficientes, refletindo os benefícios ambientais dos combustíveis renováveis. Todavia, essa diferenciação requer meios para traçar a trajetória do SAF após a sua mistura pois, uma vez convertido em QAV-C e, portanto, enquadrado na norma ASTM D1665, deixa de ser possível identificar o SAF e de tributar corretamente os diferentes combustíveis (EPE, 2018). Sem mecanismos de observar a trajetória do SAF, a tributação dos combustíveis exigiria a criação de infraestrutura específica para o QAV-C e para o QAV-1, tornando os esforços em criar um produto *drop-in* em vão. Este tema já é debatido pelo governo com propostas de relacionar crédito de carbono à compra dos SAF (EPE, 2018).

Além dessa forma de incentivo, os mandatos de mistura obrigatória são instrumentos regulatórios correntemente usados para o desenvolvimento de novos produtos pois cria um ambiente protegido das leis concorrenciais, em que os produtores conseguem acessar o mercado praticando preços mais elevados que os produtos substitutos. Mas este não é um instrumento indicado para o caso dos SAF, pelo menos enquanto não houver o estabelecimento de uma indústria de SAF.

Primeiro, a imposição de mandatos mínimos, assim como as metas de redução do RenovaBio, impactariam diretamente o custo de aquisição de combustível pelo setor aéreo, cujas margens de lucro são muito estreitas. Segundo, os SAF podem ser produzidos a partir de rotas e de matérias-primas diferentes, o que, conseqüentemente, gera produtos com pegadas de carbono variadas. A imposição de um mandato não é sensível a essas diferenças, o que pode restringir a oferta dos SAF aqueles com maior maturidade na oferta de matérias-primas e nas tecnologias de conversão, como foi o caso do biodiesel no Brasil. No início do programa de biodiesel no Brasil, esperava-se que este fosse produzido a partir de ampla variedade de fontes de óleo vegetal e em todo o território brasileiro mas, atualmente, a soja e o sebo representam a quase totalidade das matérias-primas utilizadas e a produção concentra-se no eixo centro-sul do País (MUR, 2019).

Uma alternativa para desenvolver um mercado de SAF sem pressionar as já reduzidas margens das companhias aéreas é o desenvolvimento de um fundo com recursos provenientes da taxaçoão de carbono. Segundo Roitman (2018) este processo serviria como uma espécie de reciclagem dos recursos adquiridos com a taxaçoão do carbo-

no que poderiam ser destinados ao financiamento de plantas de SAF, ou subsídio à compra de SAF pelas empresas aéreas.

A estrutura monopolizada do QAV-1 sob o controle da Petrobras é um tema que também impacta no desenvolvimento dos SAF. Têm sido recorrentes as críticas sobre as políticas de preços da Petrobras e seu grande poder de decisão sobre a cadeia de petróleo e gás no Brasil (ALMEIDA et al., 2015). Assim, argumentos em defesa da saída da empresa em segmentos onde ela detém o monopólio tem ganhado força. Inclusive a própria empresa, em seu Planejamento Estratégico, tem mostrado interesse em desinvestir de alguns setores, como o de refino (PETROBRAS, 2020). Desta forma, caso se busque formas de incentivo ao SAF que utilizem instrumentos de mercado, é essencial que o mercado de combustíveis de aviação torne-se mais competitivo pois a desconcentração do refino, da importação e da distribuição, quebraria o oligopsonio na demanda de SAF, o que permitiria a prática de preços mais justos.

Contudo, vale ressaltar que a Petrobras é uma empresa estatal e, como foi observado, ela possui o monopólio da produção do QAV-1 no Brasil. Por se tratar de uma empresa de grande porte e relevância no setor de combustível de aviação, ela poderia ser utilizada, por meio do seu poder de compra, como instrumento de política para o desenvolvimento dos SAF no Brasil, seguindo assim uma lógica mais intervencionista.

Por fim, um ponto interessante é que, em um ambiente com maior penetração de SAF, a ANP seria o agente que concentraria a maior parte das ações regulatórias, principalmente por já ser o órgão responsável por regular a cadeia de QAV-1. Porém, com o avanço da descentralização produtiva, característica de muitos SAF produzidos a partir da biomassa, é essencial que a regulação atenda cada vez mais especificidades locais, para que os benefícios da descentralização sejam valorizados e impactos ambientais locais sejam reduzidos (BALDWIN; CAVE; LODGE, 2010).

5. CONCLUSÕES

A descarbonização do setor de transporte aéreo por meio da eletrificação das aeronaves é ainda uma realidade distante. A utilização de combustíveis de aviação renováveis e sustentáveis apresenta-se como a solução de curto e médio prazo para a transição energética deste setor. Contudo, além das dificuldades relativas aos preços elevados dos SAF e à baixa maturidade tecnológica de algumas das possíveis rotas de produção, a necessidade dos SAF serem combustíveis *drop-ins* de aceitação internacional dificulta ainda mais a sua disseminação.

O desenvolvimento de combustíveis alternativos que atinjam as propriedades mínimas necessárias para serem considerados *drop-in*, e portanto, aproveitarem a infraestrutura e equipamentos destinados ao uso do QAV-1 já é um desafio tecnológico elevado. Acrescenta-se a esse desafio a necessidade de certificação dos SAF na norma ASTM D7566 por meio de processos demorados e altamente custosos. Além de exigir a utilização de máquinas e equipamentos de laboratórios e empresas especializadas, a certificação na ASTM exige que as empresas desenvolvedoras de SAF ganhem escala produtiva antes de garantirem a certificação. Conseqüentemente, o processo de certificação inviabiliza a participação de pequenas empresas com poucos recursos financeiros.

Outro ponto importante é sobre a impossibilidade de se misturar diferentes SAF ao QAV-1. Essa exigência restringe a característica *drop-in* dos SAF uma vez que, ao longo da cadeia de distribuição dos combustíveis de aviação, é preciso evitar que diferentes SAF sejam misturados. Como a construção de infraestrutura distinta para cada mistura contendo SAF é inviável e sem sentido, há a necessidade de criação de metodologias de distribuição que organizem o fluxo dos combustíveis de aviação e que comportem as diferentes possibilidades de misturas.

Por fim, pelo fato de não ser possível a venda direta de SAF dos produtores aos consumidores finais, a estrutura de mercado dos segmentos que podem realizar a mistura dos SAF ao QAV-1 é um importante fator que impacta na decisão dos investimentos na produção dos combustíveis alternativos. Como a atual estrutura de produção e distribuição de QAV-1 é concentrada, os produtores de SAF ficariam reféns de poucas empresas para dar fim a sua produção e ficariam em desvantagem na negociação de preços, o que desestimularia investimentos na produção dos SAF.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E. L. F. D. et al. Impactos da contenção dos preços de combustíveis no Brasil e opções de mecanismos de precificação. *Brazilian Journal of Political Economy*, v. 35, n. 3, p. 531–556, set. 2015.

ANAC. Instrução Suplementar no 137.201-001. 2020.

ANP. RESOLUÇÃO ANP No 17, de 26 de julho 2006a. Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-17-2006-regula-o-exercicio-da-atividade-de-distribuicao-de-combustiveis-de-aviacao?origin=instituicao&q=17/2006>>. Acesso em: 9 mar. 2021.

ANP. RESOLUÇÃO No 18, de 26 de julho de de 2006b. Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-18-2006-regula-o-exercicio-da-atividade-de-revenda-de-combustiveis-de-aviacao?origin=instituicao&q=18/2006>>. Acesso em: 9 mar. 2021b.

ANP. RESOLUÇÃO ANP No 758, de 23 de novembro de 2018. Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-758-2018-regulamenta-a-certificacao-da-producao-ou-importacao-eficiente-de-biocombustiveis-de-que-trata-o-art-18-da-lei-no-13-576-de-26-de-dezembro-de-2017-e-o-credenciamento-de-firmas-inspetoras?origin=instituicao&q=758/2018>>. Acesso em: 9 mar. 2021.

ANP. RESOLUÇÃO ANP No 778, de cinco de abril de 2019. Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-778-2019-estabelece-as-especificacoes-do-querosene-de-aviacao-querosenes-de-aviacao-alternativos-e-do-querosene-de-aviacao-c-bem-como-as-obrigacoes-quanto-ao-controle-da-qualidade-a-serem-atendidas-pelos-agentes-economicos-que-comercializam-esses-produtos-em-territorio-nacional?origin=instituicao&q=778/2019>>. Acesso em: 9 mar. 2021.

ANP. Processamento de petróleo e produção de derivados. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/processamento-de-petroleo-e-producao-de-derivados>>. Acesso em: 2 mar. 2021a.

ANP. Importações e Exportações. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/importacoes-e-exportacoes>>. Acesso em: 7 mar. 2021b.

ANP. Boletim Abastecimento em Números no 63. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins-anp/boletim-abastecimento-em-numeros>>. Acesso em: 7 mar. 2021c.

ASCENT. ASTM D4054 Clearinghouse. Disponível em: <<https://s3.wp.wsu.edu/uploads/sites/192/2018/03/clearinhouse.pdf>>. Acesso em: 1 mar. 2021.

BALDWIN, R.; CAVE, M.; LODGE, M. The Oxford Handbook of Regulation. OUP Oxford, 2010.

BP. BP Energy Outlook 2020. Disponível em: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2020.pdf>>. Acesso em: 1 mar. 2021.

BRUCE, S. et al. Opportunities for hydrogen in commercial aviation. CSIRO, 2020.

CHIARAMONTI, D. Sustainable Aviation Fuels: the challenge of decarbonization. *Energy Procedia, Innovative Solutions for Energy Transitions*. v. 158, p. 1202–1207, 1 fev. 2019.

DOE. Alternative Aviation Fuels: Overview of Challenges, Opportunities, and Next Steps. Disponível em: <<https://www.energy.gov/eere/bioenergy/downloads/alternative-aviation-fuels-overview-challenges-opportunities-and-next-steps>>. Acesso em: 1 mar. 2021.

EPE. Combustível Brasil: Comitê Técnico Integrado para o Desenvolvimento do Mercado de Combustíveis, demais Derivados de Petróleo e Biocombustíveis Subcomitê de Tributação. [s.l.: s.n.].

G1. Vendida por US\$ 1,65 bilhão, Landulpho Alves é a 1ª refinaria nacional. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/2021/02/08/petrobras-vende-refinaria-landulfo-alves.ghtml>>. Acesso em: 7 mar. 2021.

HEYNE, J. et al. Sustainable aviation fuel prescreening tools and procedures. *Fuel*, v. 290, p. 120004, 15 abr. 2021.

ICAO. Sustainable Aviation Fuels Guide. 2017.

ICAO. ICAO Global Framework for Aviation Alternative Fuels. Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/default.aspx>>. Acesso em: 27 fev. 2021a.

ICAO. Conversion processes. Disponível em: <<https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/Conversion-processes.aspx>>. Acesso em: 7 mar. 2021b.

JORNAL DA BIOENERGIA. Bioquerosene: produção não avança. Disponível em: <<https://www.canalbioenergia.com.br/producao-de-bioquerosene-nao-decola/>>. Acesso em: 27 fev. 2021.

MDIC. Comex Stat. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>>. Acesso em: 7 mar. 2021.

MUR, D. C. C. Evolução e sustentabilidade do Programa de Biodiesel: um estudo comparativo entre o Brasil e a Colômbia. Tese—Brasília: UNB, 2019.

PECHSTEIN, J.; ZSCHOCKE, A. Blending of Synthetic Kerosene and Conventional Kerosene. In: NEULING, U.; KALTSCHMITT, M. (Eds.). *Biokerosene - Status and Prospects*. 1. ed. Springer, 2018. v. 1p. 665–686.

PETROBRAS. Plano Estratégico 2021-2025. Disponível em: <<https://petrobras.com.br/pt/quem-somos/plano-estrategico/>>. Acesso em: 6 mar. 2021.

RIETMANN, N.; LIEVEN, T. How policy measures succeeded to promote electric mobility – Worldwide review and outlook. *Journal of Cleaner Production*, v. 206, p. 66–75, 1 jan. 2019.

RUMIZEN, M. Aviation Biofuel Standards and Airworthiness Approval. In: KALTSCHMITT, M.; NEULING, U. (Eds.). *Biokerosene - Status and Prospects*. 1. ed. Springer, 2018. v. 1p. 639–663.

SOUZA, V. A. O uso do etanol além da aviação agrícola: Um dos caminhos para a aviação geral. *Ciências Aeronáuticas-Unisul Virtual*. 2020.

YOSHINAGA, F. et al. Bioquerosene para aviação: cenário atual e perspectivas futuras. *Bioenergia em Revista: Diálogos* (ISSN: 2236-9171), v. 10, n. 1, 4 ago. 2020.