



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

**Combustíveis Sustentáveis e
Mecanismos de Incentivo na Aviação Civil**

Jackeline Gonçalves de Oliveira

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO**

IAG ESCOLA DE NEGÓCIOS

Rio de Janeiro, junho de 2019.



Jackeline Gonçalves de Oliveira

**Combustíveis Sustentáveis e
Mecanismos de Incentivo na Aviação Civil**

Trabalho de Conclusão de Curso

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao programa de graduação em Administração da PUC-Rio como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Política e Gestão Governamental dos Setores Energético e Mineral.

Orientador: Rafael Igrejas

Rio de Janeiro, junho de 2019.

Resumo

de Oliveira, Jackeline. Combustíveis Sustentáveis e Mecanismos de Incentivo na Aviação Civil. Rio de Janeiro, 2019. 47 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Administração. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O estudo busca compreender o setor de aviação civil no contexto de exigências de redução de emissões globais e como as empresas de transporte aéreo estão buscando vantagem competitiva e proteção financeira contra riscos de preços por meio dos combustíveis sustentáveis de aviação. Foram analisados marcos, parceiros-chave e iniciativas de 12 empresas aéreas de grande porte, sediadas em 11 países, sendo três empresas sediadas na América do Sul, cinco na América do Norte e três na Europa.

Palavras- chave

Indústria de aviação civil, biocombustíveis, combustíveis sustentáveis na aviação civil, instrumentos financeiros de *hedging* (proteção) de preços de combustíveis.

Abstract

de Oliveira, Jackeline. Combustíveis Sustentáveis e Mecanismos de Incentivo na Aviação Civil. Rio de Janeiro, 2019. 38 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Administração. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The study seeks to understand the civil aviation industry in the context of global emissions reduction requirements and how airlines are seeking competitive advantage and financial protection against pricing risks through sustainable aviation fuels. To that end, this study conducted the assessment of milestones, key partners, and initiatives of 12 major airlines, based in 11 countries. Three out of these companies are based in South America, five in North America, and three in Europe.

Key-words

Civil aviation industry, biofuels, sustainable fuels in civil aviation, fuel hedging instruments.

Agradecimentos

À Vida, por ser bela, generosa e imprevisível.

Aos meus pais, por eternamente viverem em mim.

Ao meu amado, por diariamente também escolher me amar.

Aos meus irmãos, por sermos a extensão do amor dos nossos pais.

Aos meus amigos, por serem irmãos de alma e coração.

Ao Ministério de Minas e Energia, por todas as oportunidades e aprendizados.

Sumário

1 . Introdução	1
2 . Referencial Teórico	4
2.1 Setor de Aviação Civil	4
2.2 Fundamentos Econômicos da Indústria de Aviação Civil	7
2.3 Gestão de Redes Aéreas	11
2.4 Alianças	11
2.5 Emissões de Gases de Efeito Estufa na Aviação Civil Internacional	13
2.6 Combustíveis Sustentáveis de Aviação	14
2.7 Programa RenovaBio	20
2.8 Mecanismos para Proteção Financeira de Preços dos Combustíveis na Aviação Civil	21
3 . Metodologia	24
4 . Apresentação e Análise dos Resultados	26
4.1 Descrição dos Resultados	27
4.2 Análise dos Resultados	27
5 . Conclusões	32
Referências	34
APÊNDICE 1.	40

1. Introdução

Os impactos do setor de aviação internacional nas mudanças climáticas têm recebido considerável atenção por várias razões: aumento da preocupação do setor de aviação não pagar seus custos externos; consciência mais profunda que as mudanças climáticas requerem respostas mais urgentes e o reconhecimento que, até 2050, o crescimento da demanda para viagens aéreas poderá potencialmente consumir quase todas as economias de emissões alcançadas por outros setores da economia (Gössling & Upham 2009).

Consequentemente, durante os últimos anos, os formuladores de políticas, o setor de aviação e a indústria de transporte aéreo têm sido pressionados a planejar e desenvolver respostas apropriadas para mitigar os impactos da aviação civil internacional sobre o clima. No que concerne às respostas dos formuladores de políticas públicas, as opções disponíveis a serem impostas ao setor são: medidas regulatórias (padronizações), medidas baseadas no mercado (impostos, penalidade por emissões, subsídios) e abordagens voluntárias (compensação de carbono compromissos para atingir a neutralidade de carbono, bem como reduções de emissões voluntárias e certificadas) (Gössling & Upham, 2009).

Do ponto de vista econômico, observa-se que o setor de aviação civil em vários países tem envidado esforços para reduzir suas emissões globais de gases causadores de efeito estufa (GEE), sendo que o organismo internacional responsável pelo setor de aviação civil internacional é a Organização da Aviação Civil Internacional. De acordo com a OACI, as metas globais para a eficiência energética do setor são de diminuir as emissões de GEE em 2% ao ano até 2020 e de induzir o crescimento neutro em carbono a partir de 2020 (OACI, 2013).

De forma a induzir o crescimento neutro em carbono, os países-membros da OACI reconheceram durante a 38ª Assembleia que a única ação com potencial para estabilizar as emissões do setor a partir de 2020 seria o uso de combustíveis alternativos sustentáveis de aviação, ainda não disponíveis em escala comercial no curto prazo a preços competitivos (OACI, 2013).

Em resposta, o setor de aviação civil e a indústria de transporte aéreo têm focado em diminuir suas emissões no curto e médio prazo por meio da otimização de suas operações e na modernização das frotas para que as emissões sejam reduzidas. No entanto, há um consenso internacional que no longo prazo torna-se imprescindível que os combustíveis sustentáveis sejam amplamente utilizados pela aviação civil, o que incorrerá em custos para a adequação à utilização desse combustível.

Desse modo, este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo geral compreender o setor de aviação civil no contexto de criação de um novo mercado de combustíveis alternativos sustentáveis de aviação civil e como as empresas de transporte aéreo estão buscando vantagem competitiva contra riscos de preços de combustíveis no longo prazo pela celebração de contratos de intenção de compra de combustíveis sustentáveis de aviação.

A partir dessa compreensão, as etapas do trabalho para atingir o objetivo geral são realizar a pesquisa exploratória e documental para examinar os fenômenos que estão direcionando a indústria de aviação civil rumo à economia de baixo carbono no curto, médio e longo prazo. Em seguida, a etapa de descrição e análise dos resultados busca avaliar 11 empresas aéreas e suas estratégias de adequação à utilização de combustíveis sustentáveis de aviação.

Os objetos da pesquisa exploratória e documental são: indústria de aviação civil nacional e internacional, setor de biocombustíveis e de biocombustíveis para aviação civil nacional e internacional, e instrumentos financeiros e parcerias estratégicas que esses atores estão desenvolvendo para viabilizar a indústria de combustíveis sustentáveis de aviação no médio e longo prazo.

A etapa de análise comparativa contempla o levantamento dos principais marcos alcançados pelas 11 empresas aéreas de grande porte, sediadas em nove países, em relação à adoção de combustíveis sustentáveis de aviação em suas frotas no curto e no médio prazo. Foram também levantadas informações acerca das principais iniciativas que essas empresas estão engajadas para assegurar a oferta desses combustíveis no médio e longo prazo.

Diante do exposto, este trabalho buscar elucidar a seguinte questão: *a utilização de combustíveis sustentáveis de aviação em escala comercial pode ser vislumbrada como uma oportunidade para criar vantagem competitiva para as empresas aéreas no médio e longo prazo?*

Presume-se que políticas públicas integradas são necessárias para que sinergias entre o setor de aviação civil e o setor de combustíveis sustentáveis de aviação viabilizem o cumprimento das metas globais de diminuição de emissões de GEE. Logo, a relevância do tema de estudo se dá pela necessidade de aprofundamento teórico acerca da interação entre as políticas públicas de fomento aos seguintes setores: de biocombustíveis, de transporte aéreo, e de pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica e industrial.

Justifica-se que a ampla compreensão de como a indústria de aviação civil vem adotando medidas de curto a longo prazo para viabilizar a substituição de querosene de aviação por bioquerosene poderá contribuir para os formuladores de políticas na avaliação de como conduzir políticas públicas focadas em parcerias estratégicas de múltiplos atores e em medidas de incentivos aos setores de aviação civil e de combustíveis sustentáveis.

2. Referencial Teórico

2.1 Setor de Aviação Civil

O transporte aéreo criou uma revolução na economia global, reduzindo tempos de viagens e permitindo a movimentação de passageiros e carga a distâncias inimagináveis (Mendes e Santos, 2008, *apud* Nunes, 2014). A indústria de aviação civil teve um crescimento dramático nos últimos 20 anos, com o número de passageiros crescendo de 1,47 bilhão em 1997 para 3,98 bilhões em 2017, de acordo com as estatísticas da Associação Internacional de Transporte Aéreo (IATA, em inglês).

No cenário internacional, a IATA (2018) previu que o número de passageiros transportados pelas empresas aéreas irá alcançar 8,2 bilhões, em 2037 (Garcia, 2018). De acordo com as projeções da IATA (Banco Mundial, 2019), entre 2015 e 2035, o crescimento médio anual nas jornadas aéreas de passageiros será de 3,7%. Esse valor difere por região, sendo que na América Latina o crescimento é previsto para 3,6%, conforme ilustrado na Figura 1.

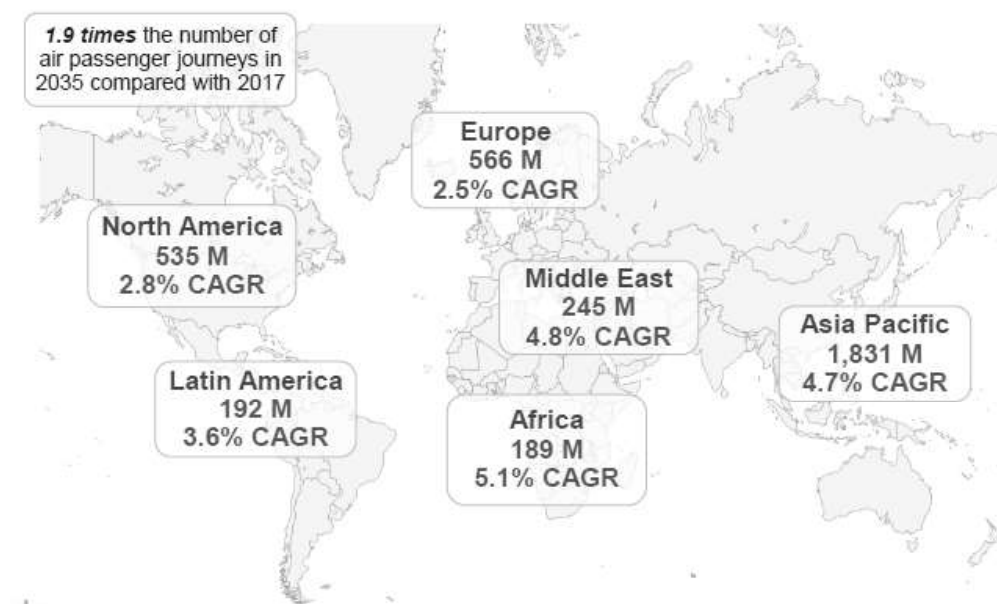


Figura 1. Previsão da média da *Compound Annual Growth Rate* – CAGR (Taxa Composta Anual de Crescimento) de 2015 a 2035. Fonte: (IFC, 2017 *apud* IATA, 2017).

No Brasil, de acordo com o Plano Aeroviário Nacional 2018-2038, publicado pela Secretaria Nacional de Aviação Civil (SAC, 2018), a demanda de movimentação de passageiros aumentará na estimativa de 4,6% ao ano, considerando um cenário pessimista, ou seja, sem políticas públicas para novos investimentos que possibilitem a redução dos custos do setor e a operação de novos aeroportos com voos regulares. A SAC acrescenta que, independentemente do cenário considerado, a demanda por transporte aéreo apresenta projeções significativas de crescimento, principalmente após o ano de 2025 (Figura 2).

A Figura 3 apresenta o histórico da capacidade dos aeroportos do Brasil e a demanda projetada. O gráfico sobrepõe essas informações à capacidade atual dos aeroportos brasileiros e aponta que a atual infraestrutura aeroportuária atingirá sua capacidade limite em 2025, o que ensejará a necessidade de ampliação aeroportuária.

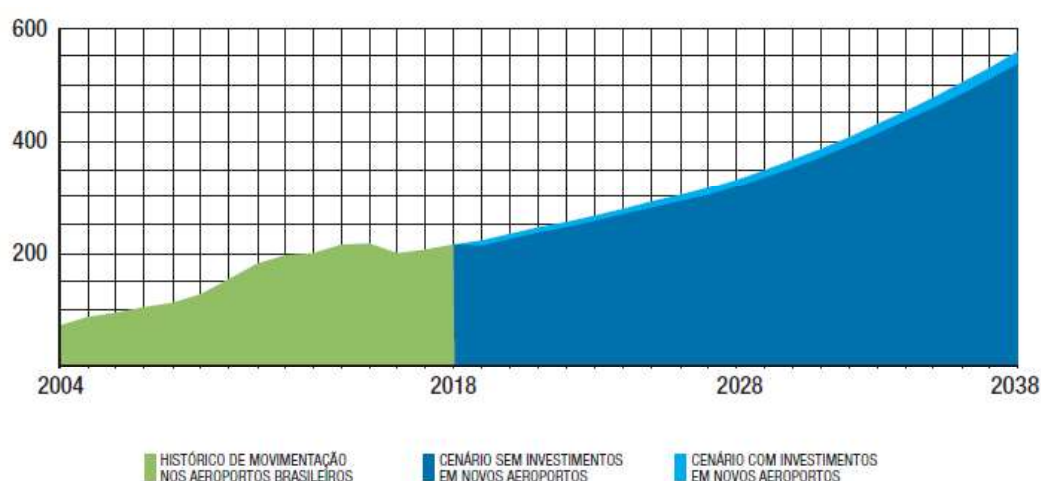


Figura 2. Projeção de demanda de passageiros no Brasil (em milhões). Fonte: (SAC, 2018).

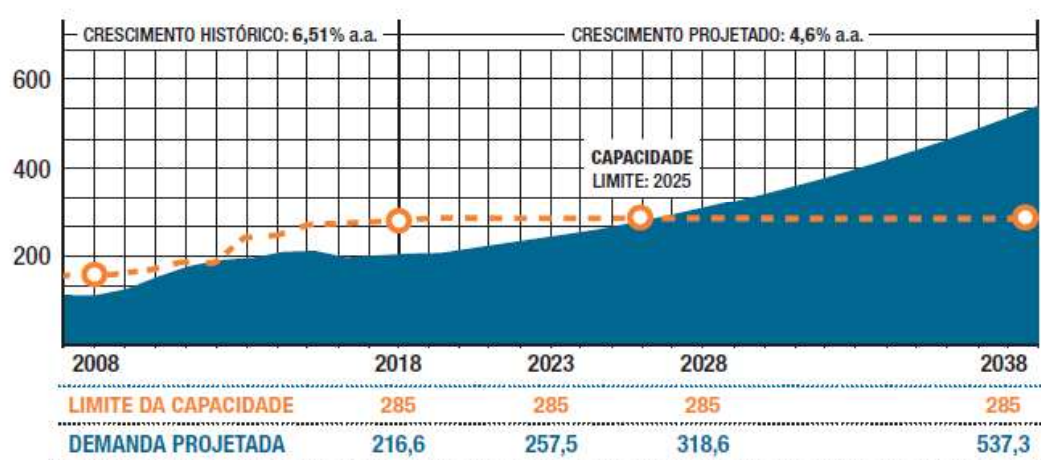


Figura 3. Histórico de capacidade dos aeroportos do Brasil (em milhões de passageiros). Fonte: (SAC, 2018).

O tráfego de passageiros no Brasil tem tido forte crescimento durante os últimos dez anos, com taxa composta anual de crescimento de 6,5% para o mercado doméstico e 6% para o mercado internacional (Figura 4). De acordo com a Figura 4, as empresas aéreas transportaram 93,7 milhões de passageiros no mercado doméstico, liderada pela empresa GOL Linhas Aéreas, com 31,6 milhões, seguida da LATAM Linhas Aéreas, com 28,5 milhões no ano de 2018 (Alta, 2019). Atualmente, a LATAM Linhas Aéreas, a GOL Linhas Aéreas e a Azul Aerolíneas são as três maiores empresas na indústria de aviação no Brasil (Figura 5).

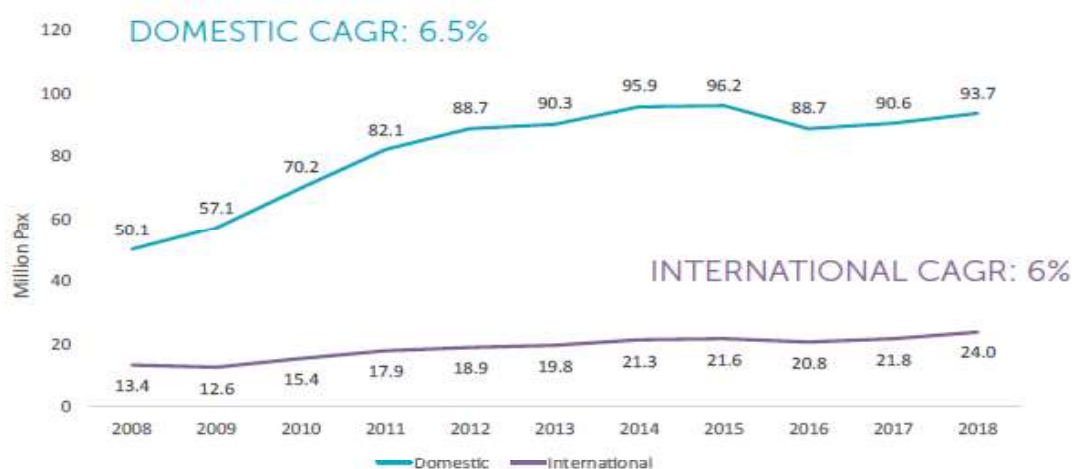


Figura 4. Evolução da CAGR do tráfego de Pax (passageiros) no Brasil para voos domésticos e internacionais nos últimos dez anos Fonte: (ALTA , 2019).

Empresa Aérea	Passageiros (Milhões)	Assento Disponível/ Quilômetro	Assentos (Milhões)	Voos
 LATAM AIRLINES	34.1	76,613	44.1	244,077
 GOL	32.7	47,643	42.6	248,381
 Azul	22.8	29,668	29.5	260,164
 Avianca	12.4	19,379	15.2	96,164
 TAP PORTUGAL	1.7	15,027	2.1	7,804
 American Airlines	1.4	13,447	1.9	7,364
 Aerolíneas Argentinas	1.1	2,662	1.5	9,746
 Copa Airlines A STAR ALLIANCE MEMBER	1.1	6,460	1.3	8,532
 Emirates	0.8	9,185	1.0	2,882
 UNITED	0.7	6,830	0.9	3,636











Empresa Aérea	Passageiros (milhões)	Assento Disponível por Quilômetro (milhões)	Assentos (milhões)	Voos
 LATAM AIRLINES	34.1	76,613	44.1	244,077
 GOL	32.7	47,643	42.6	248,381
 Azul	22.8	29,668	29.5	260,164
 Avianca	12.4	19,379	15.2	96,164
 TAP TAP PORTUGAL	1.7	15,027	2.1	7,804
 American Airlines	1.4	13,447	1.9	7,364
 Aerolineas Argentinas	1.1	2,662	1.5	9,746
 Copa Airlines	1.1	6,460	1.3	8,532
 Emirates	0.8	9,185	1.0	2,882
 UNITED	0.7	6,830	0.9	3,636

Figura 5. Dez principais empresas aéreas na indústria de aviação no Brasil (doméstica e internacional). Fonte: (ALTA, 2019).

2.2 Fundamentos Econômicos da Indústria de Aviação Civil

Os principais fatores externos que influenciam diretamente a indústria de aviação civil são (IFC, 2017):

- Políticas governamentais: investimento em infraestrutura aeroportuária e de tráfego aéreo, liberalização ou protecionismo, proibições de viagem.
- Tráfego aéreo: demanda por transporte aéreo, crescimento ou diminuição do PIB.
- Oferta e demanda: acessibilidade dos serviços aéreos, crescimento da classe média em economias em desenvolvimento, entregas de novas aeronaves.
- Efeitos exógenos: eventos terroristas, desastres naturais, preço do petróleo, políticas governamentais, exigências internacionais para diminuição de emissões de GEE.

Juntamente ao ambiente político, é crucial compreender os aspectos econômicos básicos das operações das empresas aéreas e de suas redes, pois esses conceitos ajudam a posicionar a base econômica e financeira para a

tomada de decisão, pois os custos operacionais das empresas são voláteis, a penetração de mercado é fundamental e o desenho das rotas é crucial (Gössling & Upham, 2009, p. 181).

Numa perspectiva econômica, Holloway (2003, *apud* Duval, 2009, p. 181) enfatiza que as empresas aéreas possuem grandes incentivos a monitorar quatro aspectos principais de suas operações:

- Custo unitário total, medido como *cost per available seat kilometre* (CASK – custo por assento-quilômetro oferecido): é uma medida do custo total por assento de transporte de um determinado assento (com o número total fluando de acordo com a capacidade da aeronave) ao longo de determinada distância;
- Receita unitária, medida como a receita ganha por *revenue earned per available seat kilometre* (RASK – receita-assento-quilômetro oferecido), que denota a receita total derivada por assento ao longo de determinada distância.
- *Yield* (produção), geralmente uma medida da receita ganha por assento-quilômetro, e não uma medida da receita ganha ao longo de todo o voo, mas a receita ganha ao longo do número total de receita-ganha-assento-quilômetros.
- *Load factor* (fator de carga), que é a medida de desempenho em termos de assentos vendidos numa aeronave (ou seja, o número de assentos ocupados numa aeronave expressos como uma porcentagem do número total de assentos na mesma aeronave).

Segundo Cento (2008), a rede de linhas aéreas também constitui um fator estratégico das empresas aéreas, pois é o principal direcionador para gerar receita e minimizar custos, também sendo um vetor de força ou fraqueza competitiva. Gillen (2005, *apud* Cento, 2008) também considera que a estratégia de redes é uma parte integral da estratégia de uma empresa aérea e que a estrutura da rede é uma função dos fundamentos econômicos da oferta e da demanda, bem como das externalidades e das incertezas.

A oferta de empresas aéreas é limitada pela capacidade da aeronave e possui natureza perecível, ou seja, assentos não vendidos não podem ser utilizados após a partida da aeronave. A demanda por viagens aéreas é caracterizada por elevadas flutuações, heterogeneidade do consumidor e incerteza sobre a data de partida do viajante ou até mesmo o destino final da viagem (Cento, 2009).

Os custos da rede são impulsionados por economias de escopo, economias de densidade e distâncias das rotas. As economias de escopo aumentam quando muitos viajantes de diferentes mercados de pares de cidades são combinados para ao menos parte de sua jornada ser realizada numa só aeronave (Cento, 2008). Essas economias são exploradas por meio do tráfego de agregação sobre um ou mais *hubs* (polos) de um *harmonized code* (código harmonizado de rotas) ou sistema de multi-códigos (Cento, 2008). Já os *code share agreements* (acordos de compartilhamento de códigos) permitem que conexões de voos entre duas empresas aéreas apareçam no sistema de reservas de voos como uma única conexão online (Steer Davies Gleave, 2007).

Em sua forma mais básica, um acordo de compartilhamento de códigos permite que um voo operado por uma empresa (que oferecerá o voo à venda sob seu próprio código ou designador e número de voo associado, tal como XY1234) seja também vendido por outra empresa, sob outro código e número de voo (por exemplo, PQ5678). Nesse caso, a operadora do voo (empresa com o código XY) é conhecida como a operadora, enquanto que a empresa que vende o voo sob seu próprio código (nesse caso, PQ) é conhecida como a empresa vendedora (Steer Davies Gleave, 2007).

A motivação para que as empresas aéreas entrem em contratos de compartilhamento de códigos é expandir a oferta das empresas aos clientes em termos de número de destinos e, em alguns casos, ampliar a programação de voos que elas podem oferecer sem os custos e as dificuldades envolvidas nos investimentos adicionais em equipamentos ou nas fusões com outras empresas, que podem ser proibidas pela legislação por acordos internacionais (Steer Davies Gleave, 2007).

As economias de densidade são derivadas do tamanho da aeronave. Tem-se que os custos unitários (custos assento/quilômetro) diminuem com o tamanho da aeronave, mas esses custos não necessariamente possuem relação linear (escala de produção). Dessa maneira, as economias de densidade são exploradas caso a rede seja desenhada de modo a agregar pequenos fluxos de tráfego para rotas que poderiam dar apoio a menores aeronaves com custos assento/quilômetro mais elevados (Cento, 2008).

De acordo com Gössling & Upham (2009), sob uma perspectiva econômica, os principais aspectos operacionais são:

- Estratégia da rede aérea: esse é o nível mais alto da decisão da rede e possui horizonte de dois a três anos, incluindo o desenvolvimento da frota, alvos financeiros e alianças para passagens, cargas e linhas de

produção de manutenção. A decisão é baseada na situação atual e na situação projetada, em termos de tráfego, políticas aéreas, aspectos econômicos e desenvolvimento dos competidores.

- Desenho da rede: essa é a tradução da estratégia de rede em configuração de rede *hub-and-spoke* ou *point-to-point*, conectividade e desenvolvimento de hubs. Isso inclui planejamento de frota de longo e médio prazos e fatores de oferta, tais qual frequência, rotação de aeronave e desenho de ondas de *hubs*.
- Alianças: a rede pode ser ampliada pela incorporação de parceiros de alianças de partidas de modo a aumentar a oferta aos consumidores.
- Planejamento de rede: refere-se a ajustes de horários no curto prazo e ao planejamento de produção numa base diária, que ocorre semestralmente. Esses ajustes incluem as seguintes ações: otimização do tempo de conexão no *hub*, mudanças *ad-hoc* no tamanho da aeronave, planejamento da equipe técnica, bem como pontualidade e regularidade das bagagens. Destaca-se que esse processo segue a flutuação da demanda no curto prazo e os movimentos dos competidores.

As distâncias das rotas afetam o custo unitário da aeronave, que decresce com o aumento da distância. Isso acontece porque os custos fixos relacionados às aeronaves são *spread* (espalhados) para uma saída e os custos variáveis não aumentam proporcionalmente à distância (Gössling & Upham, 2009). No entanto, Cento (2008) destaca que a configuração de uma rede aérea não é somente uma questão de redução de custos, pois uma boa estratégia de estrutura de redes pode criar vantagens de criação de receita também.

A estrutura de redes pode variar entre *point-to-point* (totalmente conectada) e aliança *hub-and-spoke* (contrato total), ou pode ser um mix dessas estratégias. Na estrutura *point-to-point*, a aeronave viaja diretamente para um destino, ao invés de um polo central. Na estrutura *hub-and-spoke*, o transporte vai de uma localização central, onde os passageiros realizam conexão para seu destino final. O modelo *point-to-point* é geralmente adotado por empresas de baixo custo, enquanto que o modelo *hub-and-spoke* é geralmente adotado por empresas de grande porte (Cento, 2008).

Cento (2008) explica que as empresas de custos muito baixos geralmente não celebram acordos de compartilhamento de códigos e são pouco diversificadas em tipos de aeronaves. As empresas de grande porte geralmente adotam a estrutura *hub-and-spoke*, celebram acordos de compartilhamento de

códigos e são mais diversificadas em tipos de aeronaves. Conforme Nunes (2014), a principal característica do sistema *hub-and-spoke* é concentrar o tráfego aéreo de uma determinada companhia num aeroporto estratégico, que se torna então um *spoke* (centro de trânsito) para voos provenientes de diferentes aeroportos. A Figura 6 ilustra os dois tipos de configurações:

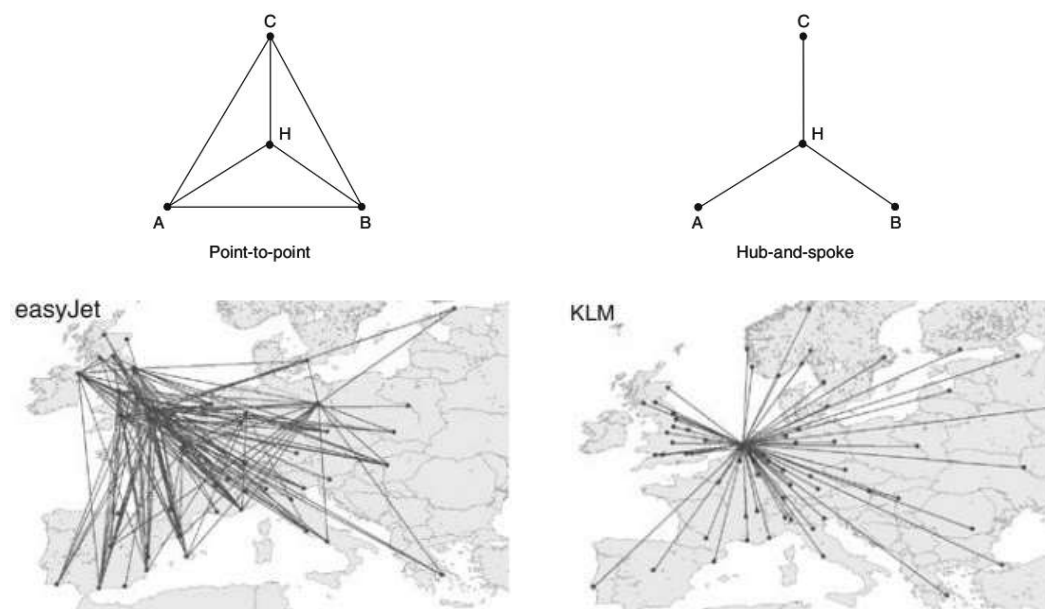


Figura 6. Ilustração de configurações *hub-and-spoke* e *point-to-point* e exemplos da rede *hub-and-spoke* da KLM na Europa e da rede *point-to-point* quase totalmente conectada da Easyjet. Fonte: OAG, novembro de 2004, *apud* Cento, A. 2008).

2.3 Gestão de Redes Aéreas

Sob o ponto de vista da gestão de tráfego das redes aéreas, Cento (2008) explica que uma rede *point-to-point* é originada a partir de um ou alguns aeroportos, denominados bases, nos quais a empresa inicia suas rotas operacionais para seus principais destinos. Em contraste, Reynolds-Feghan (2001, *apud* Cento, 2008) identifica que a configuração *hub-and-spoke* de uma empresa aérea ocorre quando há um elevado nível de concentração de tráfego aéreo no tempo e no espaço.

O objetivo da gestão de redes aéreas é maximizar a receita operacional num ambiente de mercado complexo, onde há: clientes diferenciados, recursos limitados e perecíveis, e busca de maximização da receita. Em relação ao comportamento de viagem e em suas vontades de pagar, os clientes são heterogêneos e as empresas podem segmentar a demanda e diferenciar seus produtos para atender à demanda. Uma vez que uma saída é produzida (disponibilidade de assentos), os custos podem ser considerados *sunk costs*

(custos irrecuperáveis), logo, o problema de maximização da produção coincide com a maximização do lucro (Cento, 2008).

O processo de precificação e controle de inventário (alocação de assentos da aeronave) está entre os processos mais complexos para as empresas aéreas e é denominado *yield management* (gestão de tarifa aérea média). Lieberman (1991, *apud* Gössling & Upham, 2009) define que o gerenciamento de produção é uma abordagem sistemática para aplicação na precificação e no controle de estoque para a venda de um assento, que possui natureza perecível.

As empresas aéreas estão se aprimorando para servir mais passageiros por meio da modernização de suas frotas e da aquisição de aeronaves de última geração que sejam mais eficientes no gasto de combustíveis e também se tornando vendedores mais sofisticados, de modo a competir com rivais de baixo custo e ao mesmo tempo manter lucratividade (Garcia, 2018).

2.4 Alianças

Em adição à configuração e gestão em redes, a maioria das empresas aéreas de nível mundial estão integradas por meio de alianças. Essas alianças são formadas com os objetivos de reduzir custos e melhorar os serviços oferecidos, pois permitem que as empresas aumentem sua penetração de mercado e atinjam maior eficiência operacional. No entanto, para poderem se juntar às alianças, as companhias devem seguir certas regras e regulações, sendo o direito da concorrência um dos mais preponderantes (Nunes, 2014).

Em relação à criação de vantagens competitivas, Nunes (2014) apresenta as seguintes vantagens advindas da formação das alianças:

- Sinergias de mercado: atração de passageiros adicionais devido a redes mais expandidas, maior oferta em termos de frequência e melhores ligações; aumento das vendas através de acordos de compartilhamento de códigos e do aproveitamento de marca; e controle na erosão da produção por meio da coordenação de estratégias de precificação e de gestão da produção.
- Sinergias de custo: redução da capacidade em excesso, integração de funções de suporte (operações, tecnologia da informação), integração das forças de venda, aumento do poder de negociação nas compras (frota, combustível) e redução de *overheads* (despesas gerais).

Atualmente, as alianças de linhas aéreas globais têm alcançado maturidade, representam mais de 50% da capacidade global e geram mais de US\$380 de receita anual (Garcia, 2018). Como ilustrado na Figura 7, as três principais alianças aéreas são: a Star Alliance (formada por 26 empresas), a SkyTeam (formada por 21 empresas) e a OneWorld (formada por 14 empresas).



Figura 7. As três alianças globais One World, Skyteam e Star Alliance. Fonte: (IFC, 2017, *apud* Airways Magazine, 2017).

2.5 Emissões de Gases de Efeito Estufa na Aviação Civil Internacional

Segundo a OACI (2013), as metas globais para a eficiência energética do setor de aviação civil são de diminuir as emissões GEE em 2% ao ano até 2020 e de induzir o crescimento neutro em carbono a partir de 2020. Destaca-se que o Protocolo de Kyoto delegou à OACI a responsabilidade de coordenar os esforços internacionais para o alcance das metas globais para redução do impacto do setor de aviação civil internacional nas emissões de GEE. A OACI desenvolveu uma Cesta de Medidas para lidar com a contribuição da aviação civil internacional para a mudança do clima composta por: melhorias operacionais, melhorias tecnológicas, investimentos em infraestrutura, medidas de mercado e combustíveis sustentáveis de aviação (Ministério da Infraestrutura, 2019).

Do ponto de vista de abordagens e medidas voluntárias para o setor de aviação civil, os países-membros da OACI se comprometeram em elaborar e submeter voluntariamente seus Planos de Ação para Redução de Emissões de

GEE, a cada três anos. O Plano de Ação de cada país deve conter todas as iniciativas adotadas pelos formuladores de políticas e pelas partes integrantes do setor de aviação para cada medida criada pela OACI (SAC, 2016) para o alcance das metas globais de redução das emissões e de crescimento neutro em carbono a partir de 2020.

Como medida de mercado, a 39ª Assembleia da OACI aprovou em 2016 a Resolução nº A39-3, de outubro de 2013, que prevê a criação do *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation* (Mecanismo de Redução e de Compensação de Emissões da Aviação Internacional – Corsia). O Corsia irá endereçar quaisquer emissões anuais de CO₂ da aviação civil internacional (isso é, voos da aviação civil que partem de um país e chegam a outro país) acima dos níveis de 2020, levando em consideração as circunstâncias especiais e as respectivas capacidades dos países-membros (OACI, 2013).

Durante a 38ª Assembleia da OACI, os países-membros reconheceram que “a única ação com potencial para estabilizar as emissões do setor a partir de 2020 seria o uso de combustíveis alternativos sustentáveis de aviação, não disponíveis em escala comercial com preços competitivos no curto prazo” (OACI, 2013). Tendo essa premissa, o Corsia tem por objetivo alcançar a redução necessária de emissões pela utilização de biocombustíveis de aviação ou pela compra de carbono (*carbon offsetting*) (AIE, 2019).

De natureza transitória, esse mecanismo entrará em vigor em 2021 e se encerrará em 2035, período no qual se estima que os combustíveis alternativos já sejam economicamente viáveis para a indústria de aviação (SAC, 2016). Esse mecanismo de mercado visa a compensar a atual inviabilidade no curto prazo do uso em escala comercial de combustíveis alternativos sustentáveis de aviação.

Do ponto de vista normativo, a Resolução ANAC nº 496, de 28 de novembro de 2018, regulamenta o monitoramento, o reporte e a verificação de dados de emissão de CO₂ relativos ao transporte internacional. A Portaria ANAC nº 4.005/ASINT, de 26 de dezembro de 2018, estabelece os procedimentos para monitoramento e fornecimento dos dados de emissão de CO₂ pelos operadores aéreos nacionais relativos ao transporte aéreo internacional. Em 23 de abril de 2019, foi publicada a Portaria ANAC nº 1.018, que altera a Portaria nº 4.005/ASINT/2018.

2.6 Combustíveis Sustentáveis de Aviação

Os combustíveis de aviação são os produzidos por biomassa e devem possuir emissões mais baixas de GEE em comparação com os combustíveis. De fato, as emissões a partir da combustão de biocombustíveis são geralmente consideradas como emissões zero, uma vez que esses combustíveis são produzidos a partir de biomassa. Essas emissões são geralmente denominadas como “emissões biogênicas” e presume-se que sejam emissões zero partindo do pressuposto que o aumento da biomassa absorve a mesma quantidade de CO₂ emitida durante a combustão (Agência Ambiental Europeia – AAE, 2019).

A crescente demanda por novas tecnologias de energia renovável e utilização de processos mais eficientes de conversão de energia tem sido impulsionada pelos compromissos internacionais para diminuição das emissões de GEE e pelas incertezas dos preços e da oferta de petróleo no médio e longo prazo. Conforme ilustrado na Figura 8, a Agência Internacional de Energia (AIE, 2019) afirma que a produção e o uso de etanol e de biodiesel têm crescido nas últimas décadas de modo a atender à demanda de veículos leves e pesados utilizados no transporte rodoviário e urbano.

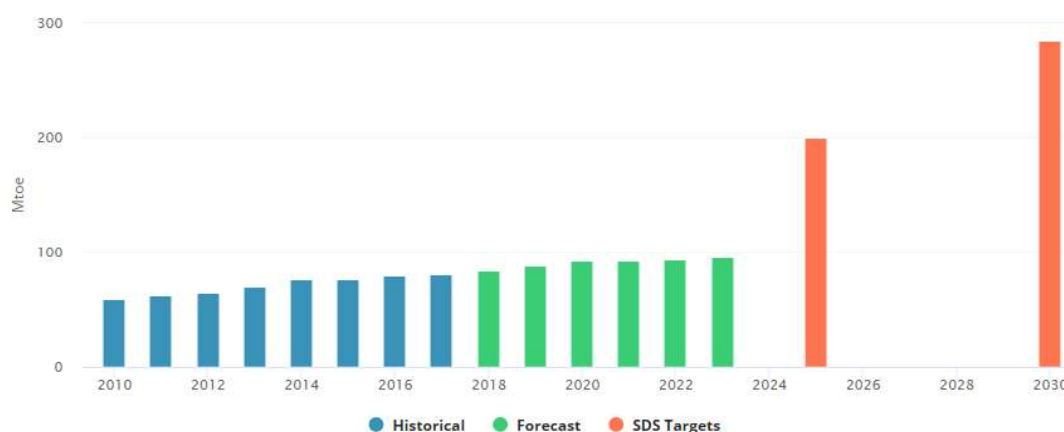


Figura 8. Produção global de biocombustíveis (histórica e previsão) versus metas de desenvolvimento sustentável. Fonte: (Agência Internacional de Energia, 2019).

No entanto, a produção atual de biocombustíveis está aquém das metas de produção estabelecidas pelos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, conforme ilustrado na Figura 8. De modo a atingir as metas de desenvolvimento sustentável acordadas internacionalmente pelo Protocolo de Paris, a AIE (2019) defende que, para que o aumento expressivo do consumo de biocombustíveis realize esse crescimento, essa expansão necessariamente

deverá ser direcionada pela redução de custos de produção dos biocombustíveis avançados¹ e pela adoção de medidas de diminuição de riscos financeiros.

Historicamente, significativos ganhos de eficiência nas emissões de GEE têm sido atingidos pela aviação por meio da adoção de melhorias operacionais (tais quais fatores de carga, utilização de aeronaves maiores) e por meio do aprimoramento técnico (tal quais motores mais eficientes, aerodinâmica, estruturas mais leves). Porém, de acordo com a Cranfield University (2008), mesmo com essas melhorias de eficiência, prevê-se que as emissões de CO₂ irão mais que triplicar até 2050. A AIE (2019) também defende que, a menos que a curva de aprendizado tecnológico seja superada e a produção atinja escala comercial, os biocombustíveis continuarão a custar mais caro que os combustíveis fósseis.

Nesse sentido, há um consenso internacional que, para que a indústria de aviação civil possa induzir o crescimento neutro a partir de 2020, torna-se necessária a utilização de biocombustíveis sustentáveis de aviação (BioQAV). Porém, há desafios industriais e econômicos a ser superados para que o BioQAV possa ser competitivo em relação ao querosene de aviação de origem fóssil.

No Brasil, em consonância com sua política energética, tanto a expansão da produção quanto o uso dos biocombustíveis no Brasil vêm sendo continuamente incorporados como objetivos estratégicos nacionais (EPE, 2018). Como resultado, o País é atualmente o segundo maior produtor mundial de biocombustíveis, ficando atrás somente dos Estados Unidos (Figura 9).

¹ A AIE (2019) define biocombustíveis avançados como combustíveis sustentáveis produzidos a partir de fontes que não tenham destino alimentar e que sejam capazes de gerar reduções significantes de emissões de GEEs quando comparadas com combustíveis fósseis e que não compitam com terras de uso para plantações de fins alimentares ou causem impactos adversos à sustentabilidade.

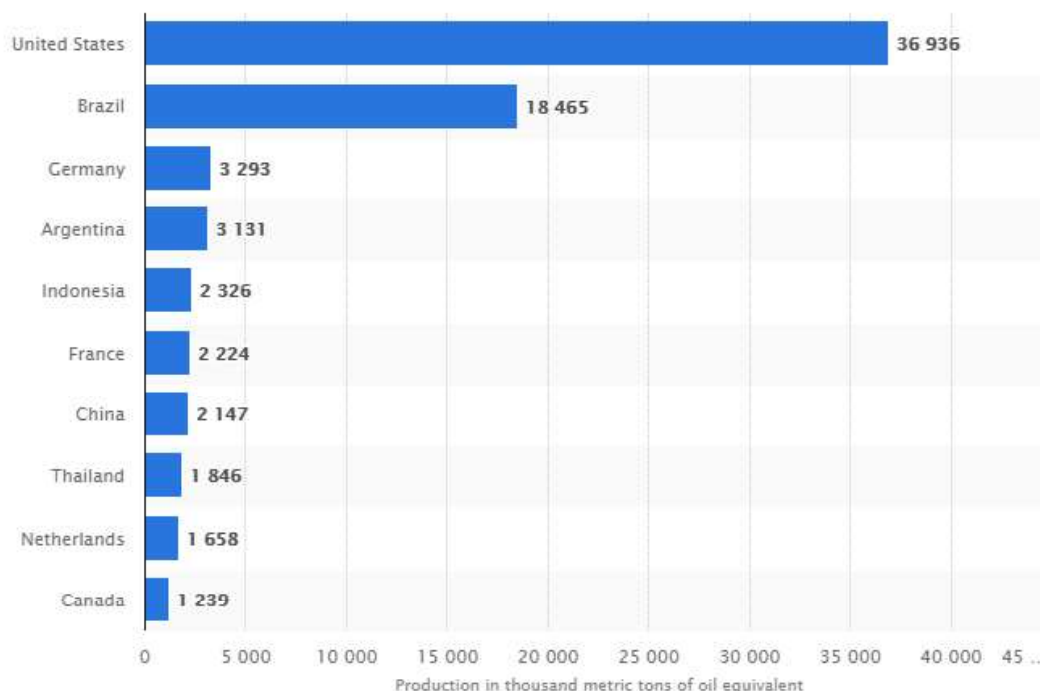


Figura 9. Países líderes na produção de biocombustíveis em 2017 (em 1.000 toneladas métricas de óleo equivalente). Fonte: Statista, 2019.

Em 16 de setembro de 2011 foi promulgada a Lei nº 12.490, cujo inciso XXIV inclui o bioquerosene de aviação no regramento jurídico, definido como “substância derivada de biomassa renovável que pode ser usada em turborreatores e turbopropulsores aeronáuticos ou, conforme regulamento, em outro tipo de aplicação que possa substituir parcial ou totalmente combustível de origem fóssil”. Embora a inclusão dos bioquerosene ao regramento jurídico seja considerada um importante avanço, ainda há necessidade de revisão legal para incluir o conceito de outros combustíveis sustentáveis não provenientes de biomassa.

Em 8 de abril de 2019, foi publicada a Resolução ANP nº 778, que “estabelece as especificações do querosene de aviação, querosenes de aviação alternativos e do querosene de aviação C, bem como as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos agentes econômicos que comercializam esses produtos em território nacional”. Para garantir a segurança dos voos, os combustíveis de aviação são submetidos a elevadas exigências de qualidade que englobam toda a cadeia de produção e distribuição até os tanques de combustíveis das aeronaves para garantir a segurança das operações e são similares em todo o mundo (Cortez, 2014).

Por essa razão, qualquer combustível alternativo de aviação deverá provar não somente possuir a mesma composição química que o combustível de aviação derivado de petróleo, mas também ser adequados à sua finalidade de

uso sem ocasionar diferença em relação ao combustível de aviação tradicional. A adoção de biocombustíveis pela aviação lida com condições mais desafiadoras, especialmente devido ao consumo e às exigências elevadas de qualidade dos combustíveis a ser utilizados em motores de aeronaves modernas (Cortez, 2014).

Em adição às exigências de qualidade, Cortez (2014) afirma que os biocombustíveis de aviação devem: possuir elevada densidade de energia, cumprir as elevadas especificações de qualidade, fornecer bons indicadores de sustentabilidade ambiental e atingir níveis mínimos de competitividade econômica. Como uma relevante restrição adicional, os combustíveis de aviação devem ser desenvolvidos seguindo o conceito de combustível *drop-in*, ou seja, podem utilizar a mesma infraestrutura e não exigem adaptação das aeronaves ou motores (Cortez, 2014), pois a segurança operacional é crucial na indústria de aviação civil.

Para atender a todas essas exigências, os processos tecnológicos para a produção de BioQAV devem ser certificados pela *American Society for Testing and Materials International* (ASTM International) (EPE, 2018). A Tabela 1 ilustra as rotas tecnológicas certificadas pela ASTM, sendo a ANP o órgão responsável por certificar a produção no Brasil, emitir a certificação e monitorar a qualidade dos biocombustíveis.

Tabela 1. Rotas de Produção certificadas para serem misturados ao combustível convencional de aviação e seus atuais níveis de prontidão. Adaptado de: AAE (2019).

Certificação ASTM	Produto	Conversão	Razão Máx. Mistura	Nível de Prontidão Tecnológica	Nível de Prontidão do Combustível
D 1655	Querosene Parafínico Sintético Fischer-Tropsch	Biomassa é convertida em gás sintético e então se torna biocombustível de aviação.	50%	6-8	7
D 7566 Anexo IV	FT-SPK/A	Variação da FT-SPK, onde a alquilação de compostos aromáticos leves cria uma mistura de hidrocarbonetos que inclui compostos aromáticos.	50%	6-7	7
D 7566 Anexo II	HEFA (Ésteres Ácidos Graxos Hidro-processados e Ácidos Graxos Livres)	Matéria-prima lipídica (óleos vegetais, óleos de cozinha reciclados) são convertidos em biodiesel utilizando hidrogênio e pode ser refinado para se tornar biocombustível de aviação.	50%	9	9
D 7566 Anexo V	HFS-SIP (Hidroprocessamento de Açúcares Fermentados – Querosene Iso-parafínico Sintético)	Os açúcares são convertidos em hidrocarbonetos a partir do processo de fermentação.	10%	7-8	5-7
D 7566 Anexo III	ATJ-SPK (Querosene Parafínico Álcool-para-Aeronave)	Desidratação, oligomerização e hidroprocessamento são utilizados para converter álcools, tais qual iso-butanol, em hidrocarbonetos.	50%	6-7	7
D 1655 Anexo A1	Co-processamento	Matéria-prima lipídica processada em refinarias.	5%	7-8	6-7

A maturidade tecnológica de cada via de produção pode ser definida por nível de prontidão tecnológica (varia de 1 para ideias básicas a 9 para um sistema real comprovado num ambiente operacional). Juntamente com a prontidão tecnológica, o desenvolvimento comercial de um determinado combustível difere por exemplo, por problemas de certificação ou de custos. A Iniciativa de Combustíveis Alternativos da Aviação Comercial dos Estados Unidos também desenvolveu o sistema *Fuel Readiness Level* (Nível de Prontidão do Combustível), que foi aprovado em 2018 pela OACI (AAE, 2019). Processos tecnológicos adicionais estão sob processo de certificação pela ASTM.

Para melhor esclarecer a evolução da rota de produção de um biocombustível específico para a sua plena comercialização, o sistema aprovado define o nível de prontidão do combustível (varia de 1 para idéias básicas a 9 para capacidade de produção estabelecida), mas é adaptado para a aprovação de padrões internacionais dos combustíveis de aviação (AAE, 2019). A Tabela 1 apresenta os combustíveis atualmente certificados pela ASTM e os níveis de prontidão tecnológica e desses combustíveis.

Em relação ao impacto do preço dos combustíveis aos custos operacionais totais das empresas aéreas, há um consenso global que o gasto em combustível representa o fator mais relevante para o custo operacional de uma empresa aérea. A precificação do combustível de aviação é geralmente realizada de acordo com três modelos: fórmula baseada no mercado, paridade de importação e *posted price* (preço lançado).

Na precificação baseada no mercado, o *spread* médio do óleo cru é US\$ 9,6 por barril. A Figura 11 ilustra a relação direta entre os preços do combustível de aviação e o preço do óleo cru (no caso, óleo tipo Brent). O preço do combustível doméstico é 12% mais alto que a média na América do Sul e 17% mais alto que a média global. O preço nacional do combustível de aviação na porta do produtor é definido pela Petrobras e tributado múltiplas vezes (Cortez, 2014 *apud* Ebner, 2012). Além dessa porcentagem elevada, a variação no preço do óleo cru é outro fator de preocupação para as empresas aéreas e cria significantes dificuldades para o seu planejamento e a sua gestão (Cortez, 2014).

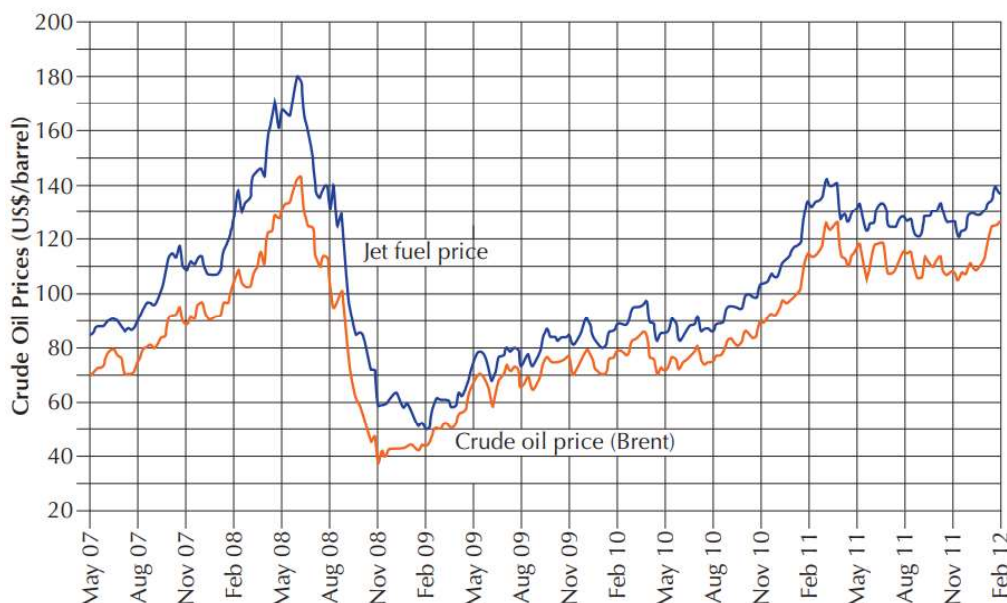


Figura 11. Preços históricos do óleo tipo Brent e do combustível de aviação (querosene).
Fonte: (Cortez, 2014 *apud* IATA, 2012).

2.7 Programa RenovaBio

Instituída pela Lei nº 13.576, de 26 dezembro de 2017, a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) tem como objetivo reconhecer o papel estratégico dos biocombustíveis na matriz energética brasileira com relação à segurança energética e à mitigação das emissões de GEE no setor de combustíveis (EPE, 2017).

O Decreto nº 9.308, de 15 de março de 2018, dispõe sobre a definição das metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis de que trata a lei nº 13.576/2017. De acordo com o art. 1º do decreto, as metas compulsórias anuais para um período mínimo de dez anos serão definidas pelo Conselho Nacional de Política Energética, nos termos do disposto no Decreto.

Os objetivos do Renovabio são: fornecer uma importante contribuição para o cumprimento dos Compromissos Nacionalmente Determinados pelo Brasil² no âmbito do Acordo de Paris, promover a adequada expansão dos biocombustíveis na matriz energética com ênfase na regularidade do abastecimento de combustíveis e assegurar previsibilidade para o mercado de combustíveis induzindo ganhos de eficiência energética e redução de emissões de GEE na

produção, comercialização e uso de biocombustíveis. Os instrumentos criados para a implantação do RenovaBio são (MME, 2019):

- Estabelecimento de metas nacionais de redução de emissões para a matriz de combustíveis, definidas para um período de dez anos. As metas nacionais serão desdobradas em metas individuais, anualmente, para os distribuidores de combustíveis, conforme sua participação no mercado de combustíveis fósseis; e
- Certificação da produção de biocombustíveis, atribuindo-se notas diferentes para cada produtor, em valor inversamente proporcional à intensidade de carbono do biocombustível produzido. A nota refletirá exatamente a contribuição individual de cada agente produtor para a mitigação de uma quantidade específica de gases de efeito estufa em relação ao seu substituto fóssil (em termos de toneladas de CO₂ equivalente).

A ligação desses dois instrumentos se dará com a criação do Crédito de Descarbonização por Biocombustíveis (CBIO), que será um ativo financeiro, negociado em bolsa e emitido pelo produtor de biocombustível a partir da comercialização (nota fiscal). Os distribuidores de combustíveis cumprirão a meta ao demonstrar a propriedade dos CBIOs em sua carteira (MME, 2019).

Os fundamentos que embasam o RenovaBio são: a contribuição dos biocombustíveis para a segurança do abastecimento nacional de combustíveis, para a preservação ambiental e para a promoção do desenvolvimento e da inclusão econômica e social; a promoção da livre concorrência no mercado de biocombustíveis; a importância da agregação de valor à biomassa brasileira; e o papel estratégico dos biocombustíveis para a matriz energética nacional (MME, 2019).

2.8 Mecanismos para Proteção Financeira de Preços dos Combustíveis na Aviação Civil

A proteção financeira para combustíveis busca gerenciar o risco do preço do combustível, pois os lucros e as receitas das empresas aéreas são altamente sensíveis às premissas sobre os preços dos combustíveis. Desse modo, a alta volatilidade desses preços forçou as empresas aéreas a adotarem duas importantes táticas no curto prazo: aumentar as receitas por meio da aplicação

de sobretaxas e/ou neutralizar a volatilidade por meio da adoção de mecanismos de *hedging* (proteção) cada vez mais complexos (Crafield University, 2008).

A complexidade das operações de *hedging* tem aumentado com a sofisticação dos instrumentos financeiros disponíveis. As empresas aéreas não estão restritas a simplesmente garantir que o combustível seja entregue a um preço conhecido no futuro, mas também a utilizar uma combinação de derivativos financeiros para se protegerem de se atrelarem a preços de combustíveis que possam se provar não vantajosos (Crafield University, 2008). Os mecanismos financeiros das companhias aéreas para neutralizar o risco inerente ao preço do combustível (Crafield University, 2008) podem ser diversos:

- *Forwards* (pré-contratos): são acordos *over-the-counter* (de balcão) entre duas partes, onde uma compra uma quantidade fixa de combustível da outra a um preço pré-fixado numa data futura. O comprador possui total risco de contraparte.
- *Futures* (contratos futuros): são mais adequados a ambas *hedging* e *trading* (aplicações financeiras) e usualmente são comprados e vendidos por meio de *exchanges* (bolsas) que estabelecem contratos padronizados. Uma parte do contrato concorda em entregar à outra parte uma quantidade padronizada de óleo num *strike price* (preço de exercício).

Esses contratos podem ser facilmente revertidos antes da *due date* (data de vencimento) para que nenhuma entrega física precise ser realizada. De fato, de acordo com a NYMEX, em Nova Iorque, menos de 1% das operações resultam na entrega da commodity transacionada, nesse caso, petróleo bruto e produtos relacionados.

- Opções: são disponíveis tanto no Brent quanto na *International Petroleum Exchange* (IPE). Elas são baseadas nos contratos futuros-objeto e, se exercidos (não há obrigação de fazê-lo), resultarão numa posição de futuros. Opções oferecem maior flexibilidade em relação aos futuros, dando aos *holders* (titulares) a possibilidade de se protegerem contra movimentos adversos de preços e ao mesmo tempo a oportunidade de participar de movimentos favoráveis.
- *Swaps*: opções de *swaps* de combustíveis de aviação também podem ser celebradas com outras partes (por exemplo, contrapartes aprovadas, tais como bancos). Combustíveis de aviação são raramente comercializados em bolsas e devem então ser comercializados em balcão. Essas transações envolvem riscos de contraparte para ambas as partes.

- *Collars*: mais recentemente, as empresas aéreas têm movido em direção à utilização de uma combinação de contratos de opções de *call* (compra) e *put* (venda) denominada *collar*. A compra protege o titular do aumento adverso do preço acima de seu preço de exercício, num custo do prêmio da opção que precisa ser pago em qualquer evento. O titular dessa compra subscreve uma opção de venda que limita a vantagem que ele pode aproveitar das reduções de preço abaixo do preço de exercício. O custo total da utilização de *collars* (*put e call*) é o prêmio pago pela opção de compra menos o prêmio recebido pela opção de venda. Esse mecanismo financeiro é popularmente utilizado pelas empresas, uma vez que trava o preço que será pago pelo combustível entre dois valores conhecidos. Um *collar* limita o risco especulativo a uma limitada faixa de movimentos de preços.
- *Swaps*: são contratos futuros personalizados nos quais uma companhia aérea realiza pagamentos numa data futura (que pode ser em combustível de aviação e pode se estender o máximo possível por meio de bolsas de commodities) baseados no preço do combustível ou do petróleo.
Esses contratos poderiam ser celebrados entre uma empresa aérea e um fornecedor, tal como a Air Canada e a BP. A empresa aérea compraria uma quantidade específica de combustível de aviação por mês, por meio de um *swap*, por um período de um ano, num determinado preço de exercício. O preço médio para aquele mês é então comparado ao preço de exercício e, se o preço médio exceder o de exercício, a contraparte paga à empresa aérea a diferença multiplicada pela quantidade de combustível. No entanto, se o preço médio for menor que o de exercício, a empresa aérea paga a diferença. Ambas as partes travam um determinado preço, assim como nos *forwards*.
- *Offtake agreements*: são contratos entre um produtor e um comprador para comprar ou vender porções da produção futura. Esses acordos são legalmente vinculantes e geralmente são negociados antes da construção de uma instalação e visam a assegurar mercado para a futura produção. O *offtake agreement* torna mais fácil para a empresa obter financiamento para construir a instalação, pois os financiadores conseguem ver que a empresa já possui um comprador para a produção futura (Kenton, 2019).

3. Metodologia

Os métodos de pesquisa utilizados neste trabalho são as pesquisas bibliográfica e documental e as análises qualitativas. A pesquisa bibliográfica conduzida buscou compreender o setor de aviação civil, o setor de biocombustíveis, a indústria de aviação civil, bem como as principais tendências e desafios dessa indústria. Para tal, os conceitos analisados foram: “setor de aviação civil”, “indústria de aviação civil”, “fatores que influenciam a indústria de aviação civil”, “tendências da indústria de aviação civil”, “biocombustíveis na aviação civil”, “combustíveis sustentáveis na aviação civil” “incertezas na aviação civil” e “instrumentos de *hedging* (proteção) de preços de combustíveis na aviação civil”. Para estabelecer o referencial teórico sobre o assunto, os principais autores consultados foram: Cento, Cortez e Gössling & Upham.

A pesquisa documental objetivou estabelecer maior familiaridade com o fenômeno das metas globais para a eficiência energética e adequações necessárias ao setor de aviação civil para diminuir as emissões de GEE. Buscou-se compreender como é realizada a coordenação internacional para reduzir o impacto do setor de aviação civil nessas emissões a fim de tornar mais claro como esses fatores exógenos têm influenciado o setor a demandar fontes mais limpas e processos mais eficientes de conversão de energia. As principais fontes consultadas para desenvolver a pesquisa documental foram relatórios produzidos pelas seguintes instituições: a OACI, a IATA, a AIE, a SAC, e o MME.

Buscou-se também avaliar como a indústria de aviação civil utiliza mecanismos financeiros, cria parcerias estratégicas e se beneficia de instrumentos de políticas públicas de fomento ao setor de combustíveis sustentáveis de aviação, de modo a elucidar a seguinte questão: *a utilização de combustíveis sustentáveis de aviação em escala comercial pode ser vislumbrada como uma oportunidade para criar vantagem competitiva para as empresas aéreas no médio e longo prazo?*

Para responder a essa questão, foi realizado o levantamento dos principais marcos alcançados até o presente por 11 empresas aéreas de grande porte, sediadas em nove países, em relação à adoção de combustíveis sustentáveis de aviação em suas frotas no curto e no médio prazo. Foram também levantadas

informações acerca das principais iniciativas nas quais essas empresas de aviação, brasileiras e internacionais, estão engajadas com o objetivo de assegurar a oferta desses combustíveis no médio e longo prazo. A abordagem da análise dos resultados possui natureza tanto qualitativa descritiva como qualitativa comparativa e busca descrever e avaliar essas iniciativas e os seus estágios de implantação.

Os resultados são apresentados a partir dos seguintes aspectos: as percepções acerca das tendências globais para a indústria de aviação civil, a complexidade dos problemas a ser solucionada para diminuir as emissões de GEE pelo setor de aviação civil, a adequação à nova realidade da economia de baixo carbono e os tipos de proteção financeira contra riscos advindos das incertezas em relação à oferta e aos preços dos combustíveis no médio e longo prazo.

Esse levantamento teve abordagem temporal e comparativa e buscou identificar se há atualmente forte tendência de adoção desses combustíveis pela indústria de aviação e como a implantação de políticas públicas de fomento ao setor de combustíveis sustentáveis de aviação pode incentivar a indústria de aviação civil a se mover para uma economia de baixo carbono de maneira otimizada. Ao mesmo tempo, o trabalho visa a compreender se a indústria de aviação vislumbrou o potencial estratégico da celebração de contratos de intenção de compra desses combustíveis como instrumento estratégico de vantagem competitiva.

4. Apresentação e Análise dos Resultados

Combustíveis renováveis de aviação dissociam os custos em combustíveis em relação ao preço do petróleo, reduzem dependência do petróleo e são mais neutros em carbono que os combustíveis fósseis (Crafield University, 2008). De acordo com a AIE (2019), o Corsia será implantado em 2021 e, no médio e longo prazo, buscará atingir as metas de redução das emissões por meio de mecanismos de compensação e pelo uso de combustíveis sustentáveis de aviação.

Nessa linha, até 2015, 11 empresas aéreas de porte internacional já haviam celebrado acordos de intenção de compra com potenciais fornecedores de biocombustíveis sustentáveis de aviação. Isso ocorre porque as empresas de grande porte não somente possuem milhas de passageiros em receita, mas também são sujeitas a riscos mais elevados advindos dos regimes de baixo carbono que ameaçam regulá-las na decolagem, no sobrevoo e no pouso (Lane, 2015).

De acordo com a AIE (2019), internacionalmente, mais de 100.000 voos comerciais já voaram com sucesso utilizando misturas de biocombustíveis e combustíveis fósseis e várias empresas aéreas de grande porte comprometeram-se com acordos de compra de biocombustíveis no longo prazo (AIE, 2019). A Figura 12 mostra o histórico, as projeções os projetos para desenvolvimento e produção de novos biocombustíveis avançados (à esquerda) e a porcentagem dos projetos em andamento por país (à direita).

Os gráficos da Figura 12 ilustram que os países europeus lideram 32% dos projetos para desenvolvimento e produção, os Estados Unidos lideram 27%, a Índia 18%, o Canadá 5% e os demais países 18%. O presente trabalho analisou empresas sediadas em três países europeus, nos Estados Unidos, no Canadá, no México, no Chile e no Brasil.

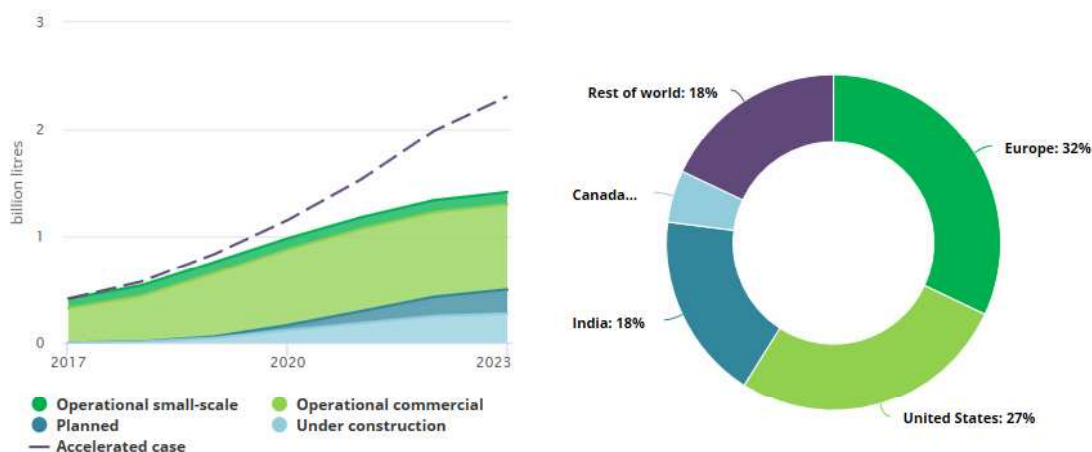


Figura 12. Novos biocombustíveis avançados (à esquerda) e o desenvolvimento de projetos para biocombustíveis por país (à direita). Fonte: (AIE, 2019).

4.1.Descrição dos Resultados

O quadro comparativo (ver Apêndice 1) apresenta os principais marcos, parceiros-chave e iniciativas de 12 empresas aéreas de grande porte, sediadas em 11 países, sendo três empresas sediadas na América do Sul (Azul Linhas Aéreas, Gol Linhas Aéreas e Lan Aerolíneas), cinco na América do Norte (Porter Airlines, American Airlines, United Airlines, Alaska Airlines e Aeromexico Airlines) e três empresas na Europa (Air France, Lufthansa Group e KLM Royal Dutch Airlines).

4.2.Análise dos Resultados

A análise buscou enumerar historicamente os principais marcos das empresas avaliadas, os principais parceiros e instrumentos financeiros adotados por essas empresas para se tornarem clientes regulares dos fornecedores de combustíveis sustentáveis de aviação. Todas essas empresas firmaram parcerias estratégicas com empresas que estão em fase de pesquisa e desenvolvimento de combustíveis sustentáveis de aviação e algumas firmaram parcerias com empresas construtoras de aeronaves.

No Brasil, foram pesquisadas as empresas aéreas Gol Linhas Aéreas, Latam Airlines e Azul Linhas Aéreas. A empresa Gol assinou, em data não divulgada, dois memorandos de entendimento para *off-take agreements* com intenção de compra de biocombustíveis. As empresas são: a RenewCO, que possui projetos de novas tecnologias de bioprocessamento e biorefino no estado de Minas Gerais e a empresa Shift Energy, que possui projeto de estudos de

caracterização de resíduos no estado de Alagoas. A Gol também apoia dois projetos sob *non-disclosure agreement* (acordos de não divulgação) em fase de desenvolvimento, sendo um para estéres ácidos graxos hidro-processados e ácidos graxos livres (HEFAs) e outro para álcool-para-aeronave (ATJ) (Gol, 2019).

A empresa Azul Linhas Aéreas, em parceria com a Amyris, a Embraer e a GE, realizaram um voo demonstrativo em junho de 2012, durante a Rio+20, abastecido por combustível renovável produzido a partir de cana-de-açúcar produzida no Brasil. O jato Embraer E195 operado pela Azul partiu do aeroporto Viracopos em Campinas e pousou no aeroporto Santos Dumont, no Rio de Janeiro (Lane, 2012).

Em apresentação institucional, a empresa Latam Airlines informa que apoia as iniciativas que buscam viabilizar o uso de combustíveis de menor impacto ambiental no setor aéreo e tem protagonizado diferentes ações sobre o problema nos últimos anos. O Grupo não investe diretamente em biocombustíveis, mas tem interesse em utilizá-los quando os preços e as condições de produção e comercialização forem similares às do combustível de aviação (Latam, 2019).

No Chile, a empresa Lan Aerolíneas, juntamente às fornecedoras de combustíveis Air BP e Copec e à empresa produtora de biocombustíveis sustentáveis de aviação SkyNRG, conduziram em 2012 o primeiro voo comercial com combustível de aviação de segunda geração (derivado de óleo de cozinha) na América do Sul. O voo foi de Santiago a Concepción (Sapp, 2012).

No Canadá, a empresa Porter Airlines firmou, em 2010, um programa com as empresas Targeted Growth, Bombardier Aerospace e Pratt & Whitney Canada, sendo que, em 2012, a empresa aérea conduziu o primeiro voo comercial abastecido por biocombustível, de Toronto a Ottawa. A aeronave foi um Q-400 turbo-propulsor, construído pela Bombardier (Lane, 2015).

Nos Estados Unidos, o Departamento de Energia anunciou em maio de 2019 um fundo de US\$ 79 milhões para pesquisa e desenvolvimento em energia, incluindo biocombustíveis, bioprodutos e bioenergia. Os dez temas contemplados pelo fundo serão: processos de intensificação de cultivo para algas, interface de conversão de matéria-prima e variabilidade de componentes de biomassa, aquecedores eficientes, sistemas de pesquisa e tecnologias de biocombustíveis, otimização de misturas de combustíveis de aviação derivados de biomassa, bioprocessamento avançado e biofundição, plásticos na economia de carbono circular, digestão anaeróbica para melhorar eficiência na conversão

de digestão anaeróbica, redução do uso de água, energia e emissões em bioenergia (Lane, 2019).

A empresa United Airlines firmou duas parcerias estratégicas. A parceria com as empresas Boeing, Honeywell, UOP e o Departamento de Chicago de aviação e o Clean Energy Trust teve por objetivo criar a iniciativa denominada *Midwest Aviation Sustainable Fuels Initiative*, criada em junho de 2012 para avançar o desenvolvimento de biocombustível numa região de 12 estados. A outra parceria foi firmada com as produtoras de combustíveis sustentáveis de aviação Agrisoma e World Energy, que produzem biocombustíveis a partir do óleo da semente de Carinata. Em junho de 2012, a United Airlines conduziu o voo transatlântico mais longo até a data, de São Francisco a Zurique, abastecido esse biocombustível (Lydersen, 2012).

A empresa norteamericana American Airlines participa da iniciativa denominada *Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative* e assinou, em junho de 2012, durante a reunião anual da iniciativa, memorandos de entendimento com fornecedores de biocombustíveis. Em 2016, a empresa iniciou sua parceria de fornecimento de combustível alternativo pela empresa AltAir para suas operações no Aeroporto Internacional de Los Angeles (Lane, 2016).

A empresa norteamericana Alaska Airlines assinou, em setembro de 2018, o memorando de entendimento com a empresa Neste para trabalharem juntas no desenho, criação e implementação de soluções para a utilização de combustíveis renováveis.

A Alaska Airlines realizou, em junho de 2016, os seus dois primeiros voos comerciais com álcool renovável fornecido pela empresa Gevo (Sapp, 2016). Em relação à infraestrutura, a empresa lançou em 2016 um estudo que identificou as melhores opções de infraestrutura para fornecimento de biocombustível sustentável de aviação ao Aeroporto Internacional de Seattle. O estudo foi realizado em parceria com o Porto de Seattle e a Boeing (Sapp, 2018).

No México, a empresa Aeroméxico Aerolíneas lançou um programa de biocombustíveis em fevereiro de 2016, juntamente à Boeing, à Aeroportos do México, à Serviços Auxiliares e ao *Potosinian Institute of Scientific Technological Research*, com o apoio financeiro do *Fund for Energy Sustainability*, coordenado pelo Centro Mexicano de Inovação em Bioenergia. A iniciativa tem por objetivo avançar a pesquisa e desenvolvimento em combustíveis sustentáveis de aviação no México (Sapp, 2016).

Em 2012, o Secretário-geral da OACI Raymond Benjamin viajou após a reunião do G20, na Cidade do México, para São Paulo a partir de um voo

operado pela Aeroméxico Airlines num Boeing 777 abastecido por combustível fornecido pela Honeywell Green, produzido a partir de jatropha e camelina. Em novembro de 2011, em parceria com a Honeywell e a Green Jet Fuel, a Aeroméxico realizou um dos primeiros voos diários de passageiros, da Cidade do México para San José, na Costa Rica. A mistura foi de 15% de combustível sustentável, produzido a partir do óleo de camelina (Lane, 2012).

Na Alemanha, a Lufthansa Group está engajada em duas iniciativas: em junho de 2017, lançou juntamente ao Centro Alemão Aeroespacial e o Instituto de Pesquisa de Bundeswehr para Materiais, Combustíveis e Lubrificantes o estudo financiado pela União Europeia, denominado *High Biofuels Blends in Aviation*, focado em misturas de querosene convencional com biocombustíveis (Sapp, 2017).

Na França, a Air France está engajada em seis parcerias estratégicas. Em dezembro de 2018, juntamente à Shell Aviation, à SkyNRG e à World Energy, lançou a fase inicial do acordo para fornecimento de combustíveis sustentáveis de aviação pela Shell para as empresas Air France-KLM, SAS e Finnair no Aeroporto de São Francisco (Sapp, 2018).

Em dezembro de 2017, juntamente ao governo da França, à Airbus, à Safran, à Suez e à Total, a Air France lançou a iniciativa *Engagement for Green Growth*, que visa à promover o crescimento das indústrias de biocombustíveis sustentáveis de aviação em condições economicamente viáveis que integrem totalmente os princípios da economia circular (Sapp, 2017). Em outubro de 2014, a Air France-KLM anunciaram o plano de conduzir voos semanais de Paris a Toulouse utilizando mistura de 10% de biocombustíveis (Downing, 2014).

Em setembro de 2014, a Air France operou o voo de Helsinki a Nova Iorque utilizando mistura de 50% de biocombustível produzido a partir de óleo vegetal reciclado, num projeto conjunto com a KLM, o North Sea Group, a Spring Associates e a SkyNRG (Sapp, 2014). Em outubro de 2011, a Air France conduziu voo de Toulouse a Paris/Orly com mistura de 50% de biocombustível (Australian Aviation, 2011).

A empresa holandesa KLM Royal Dutch Airlines está engajada em cinco parcerias estratégicas. Em janeiro de 2019, a empresa introduziu um serviço onde os clientes podem trocar as emissões de CO₂ de seus voos apoiando o projeto de redução das emissões ou reduzir as emissões comprando biocombustíveis (Finnair Company, 2019).

Em dezembro 2018, a KLM lançou a fase inicial do acordo para fornecimento de combustíveis sustentáveis de aviação pela Shell para as

empresas KLM, SAS e Finnair no Aeroporto de São Francisco (Sapp, 2018). Em setembro de 2017, a KLM e Neste co-presidiram o European Advanced Biofuels Flightpath, que foi lançado em 2011 pela Comissão Europeia, Airbus, empresas aéreas europeias líderes e produtores de biocombustíveis. As empresas aéreas envolvidas são: KLM, Air France, British Airways e Lufthansa. As empresas de biocombustíveis são: Neste, Biochemtex, Honeywell UOP, Swedish Biofuels e Total (Sapp, 2016).

Em março de 2013, a KLM conduziu o primeiro de uma série de voos abastecidos por biocombustíveis entre Amsterdã e Nova Iorque (Lane, 2013). Em junho de 2011, foi a primeira empresa aérea no mundo a operar um voo comercial transportando 171 passageiros com biocombustíveis. O Boeing 737-800 voou de Schiphol a Paris (Biofuels Digest, 2011) e foi abastecido por biocombustível desenvolvido pela Dynamic Fuels e a SkyNRG.

Do ponto de vista de mecanismos de proteção financeira, foram constatadas parcerias estratégicas lideradas por duas empresas aéreas: a brasileira GOL Linhas Aéreas e a alemã Lufthansa Group. Ambas as empresas firmaram *heads of agreement* (protocolo de acordo) não vinculantes com empresas que estão em fase de desenvolvimento de biocombustíveis e precisam de investimentos para construir instalações de modo a produzir esses combustíveis em escala comercial. Embora esses protocolos de acordo não sejam vinculantes, eles estão sujeitos à assinatura de acordos *off-take* que são contratos legalmente vinculantes entre um produtor e um comprador para comprar ou vender porções da produção futura.

Em setembro de 2016, a Lufthansa Group assinou o *heads of agreement* (protocolo de acordo) não-vinculante com a empresa Gevo, que estabelece um preço de venda que permite um nível apropriado de capital exigido para desenvolver a primeira instalação de hidrocarbonetos em escala comercial. Esse acordo está sujeito à assinatura de um acordo vinculante de *off-take*, cujos termos contemplam que a Lufthansa compre até 8 milhões de galões por ano de álcool combustível para aeronaves, ou até 40 milhões de galões ao longo dos cinco anos de duração do acordo (Lane, 2016). A Gol Linhas Aéreas também assinou, sem data divulgada, dois MoUs de intenção e sujeitos à assinatura de dois *off-take agreements* com as empresas RenewCO e Shift Energy.

5. Conclusões

A criação da indústria de etanol brasileira é um bom exemplo de estrutura de política pública alinhada e sistêmica e que ocorreu por meio de ações governamentais consistentes ao longo de várias décadas, incluindo a pesquisa e o desenvolvimento em agricultura, a garantia dos preços de compra de etanol, a viabilização de infraestruturas de distribuição de combustível e a manufatura de veículos flex (Grubler et al, 2012).

Estendendo esse exemplo de sucesso de política pública para o setor de combustíveis sustentáveis de aviação, a AIE (2019) afirma que os vetores que estimulam a demanda por biocombustíveis no Brasil permanecem fortes e antecipa que a política RenovaBio facilitará o investimento para aumentar a capacidade de produção de biocombustíveis. A AIE também enfatiza que o interesse político em avançar o desenvolvimento dos biocombustíveis permanece elevado e cita a Plataforma do Biofuturo, uma colaboração iniciada pelo Brasil que já possui 20 países-membros.

É clara a necessidade de apoio político contínuo para garantir a viabilidade comercial dos combustíveis sustentáveis de aviação, conforme explicitado pela AIE (2019), que aponta a necessidade do aumento no aprendizado tecnológico e do escalonamento da produção para reduzir significativamente os custos para que os biocombustíveis avançados de aviação atinjam preços competitivos com os preços dos combustíveis fósseis. No entanto, torna-se válida a preocupação da indústria de aviação civil

Logo, torna-se válida a preocupação da indústria de aviação civil, que é por sua natureza intensiva em capital, possui baixas margens de lucro, celebra contratos de longo prazo com arrendadores de aeronaves e é vulnerável ao preço do combustível. É crucial também reconhecer que, segundo Duval (2009, *in* Gössling & Upham), várias externalidades podem gerar um impacto significativo no custo por assento-quilômetro oferecido de uma empresa aérea.

Essas externalidades podem incluir: aumento do custo do querosene/combustível de aviação, do dólar ou de outros custos operacionais diretos variáveis; aumento nos custos operacionais indiretos (por exemplo, taxas aeroportuárias e penalidades); custos de conformidade regulatória (por exemplo,

melhorias de segurança e de navegação ou diretivas de re-padronização) e custos de recapitalização (por exemplo, renovação ou modernização de frota).

Para viabilizar o desenvolvimento global do setor de combustíveis sustentáveis de aviação, a AIE (2019) defende que deverá ocorrer um aperfeiçoamento da política do clima, com a ampla aplicação de medidas como quotas de biocombustíveis avançados e medidas financeiras de redução de riscos de modo a assegurar que uma elevada porcentagem de projetos de biocombustíveis avançados entre em produção.

De modo a elucidar a questão proposta na introdução do presente estudo³, os resultados encontrados concluem que todas as empresas aéreas de grande porte estudadas estão engajadas em parcerias com: entidades governamentais, empresas focadas na pesquisa, desenvolvimento e inovação voltada à produção de combustíveis sustentáveis de aviação, instituições de pesquisa, aeroportos e distribuidoras, buscando viabilizar comercialmente o escalonamento desses combustíveis a preços competitivos em relação ao querosene de aviação de origem fóssil.

Ademais, duas empresas (Gol Linhas Aéreas e Lufthansa Group) buscaram incentivar potenciais fornecedores a adquirirem financiamento por meio da assinatura de memorandos de entendimento de intenção de compra a ser assegurada por meio de *off-take agreements* (contratos entre um produtor e um comprador para comprar ou vender porções da produção futura), desde que o preço de venda seja similar ao dos combustíveis de origem fóssil e a qualidade dos combustíveis seja assegurada.

Para assegurar a qualidade desses combustíveis, duas certificações são importantes para estimular o desenvolvimento da cadeia de combustíveis sustentáveis de aviação: a certificação de qualidade e a certificação de sustentabilidade com reconhecimento e credibilidade global. Dito isso, uma expansão natural deste trabalho consiste em aprofundar sobre como os mecanismos de garantia dessas certificações poderão se tornar fator de vantagem competitiva internacional para o setor de combustíveis sustentáveis de aviação do Brasil.

³ A utilização de combustíveis sustentáveis de aviação em escala comercial pode ser vislumbrada como uma oportunidade para criar vantagem competitiva para as empresas aéreas no médio e longo prazo?

Referências

AEA. **European Aviation Environmental Report 2019**. European Environment Agency. Disponível em: <<https://www.easa.europa.eu/eaer/>>.

AIE. **Aviation: Tracking Clean Energy Progress**. International Energy Agency, 25 jan. 2019. Disponível em: <<https://www.iea.org/tcep/transport/aviation/>>. Acesso em: 22 de março de 2019.

ALTA. **Brazil Aviation Insight**. Costa del Este, 2019. 23 p.

AUSTRALIAN AVIATION. **Air France, Airbus operate "world's greenest commercial flight"**. Australian Aviation, 7 out. 2011. Disponível em: <<http://australianaviation.com.au/2011/10/air-france-airbus-operate-worlds-greenest-commercial-flight/>>. Acesso em: 29 de Março de 2019.

BANCO MUNDIAL. **Air transport, passengers carried**. World Bank Data, 2019. Disponível em: <<https://data.worldbank.org/indicator/IS.AIR.PSGR>>. Acesso em: 21 de março de 2019.

BIOFUELS DIGEST. **Aviation biofuels take off: Lufthansa, Finnair Biofuels**. Biofuels Digest, 19 jul. 2011. Disponível em: <<https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2011/07/19/aviation-biofuels-take-off-lufthansa-finnair/>>. Acesso em: 26 de março de 2019.

BIOFUELS DIGEST. **KLM commences commercial aviation biofuels flights**. Biofuels Digest, 30 jun. 2011. Disponível em: <<https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2011/06/30/klm-commences-commercial-aviation-biofuels-flights/>>. Acesso em 19 de março de 2019 .

BOEING. **Boeing, Aeromexico, Mexican Government collaborate on sustainable aviation biofuel research and development**. PR News Wire, 24 fev. 2016. Disponível em: < HYPERLINK "<https://www.prnewswire.com/news-releases/boeing-aeromexico-mexican-government-collaborate-on-sustainable-aviation-biofuel-research-and-development-300225975.html>" <https://www.prnewswire.com/news-releases/boeing-aeromexico-mexican-government-collaborate-on-sustainable-aviation-biofuel-research-and-development-300225975.html> >. Acesso em: 7 de maio de 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.490, de 16 de setembro de 2011**. Altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, e 9.847, de 26 de outubro de 1999, que dispõem sobre a política e a fiscalização das atividades relativas ao abastecimento nacional de combustíveis; o § 1º do art. 9º da Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993, que dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores; as Leis nºs 10.336, de 19 de dezembro de 2001, e 12.249, de 11 de junho de 2010; o Decreto-Lei nº 509, de 20 de março de 1969, que dispõe sobre a

transformação do Departamento dos Correios e Telégrafos em empresa pública; a Lei nº 10.683, de 28 de maio de 2003, que dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios; revoga a Lei nº 7.029, de 13 de setembro de 1982; e dá outras providências.

BRASIL. **Lei nº 13.576, de 26 dezembro de 2017.** Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Secretaria Nacional de Aviação Civil. **Guia de Orientação: CORSIA - Monitoramento, Reporte e Verificação das Emissões de CO₂ da Aviação Internacional.** Brasília, 2019. 43 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **RenovaBio.** Ministério de Minas e Energia, 2019. Disponível em:

<<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/programas/renovabio>>. Acesso em: 26 de março de 2019.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Combustíveis Sustentáveis de Aviação: Bioquerosene.** Proposta de Agentes da Cadeia Aeronáutica do Brasil sobre a Consulta Pública MME nº26, 15 de fevereiro de 2017. Disponível em:

<<http://www.mme.gov.br/documents/10584/7948694/AGENTES+DA+CADEIA+AERONAUTICA+NO+BRASIL++Consulta++P%C3%BAblica++Renovabio.pdf/46cc4348-ecec-4558-b8d0-1f19c9ede845?version=1.0>>. Acesso em: 29 de março de 2019.

BRASIL. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Secretaria Nacional de Aviação Civil. **Plano Aeroviário Nacional 2018,** 2018. 46 p.

BRASIL. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Secretaria de Aviação Civil. **Plano de Ação para a Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa da Aviação Civil Brasileira.** Brasília, 2016. 67 p.

BRASIL. **Portaria nº 4.005/ASINT, e 26 de dezembro de 2018.** Estabelece os procedimentos para monitoramento e fornecimento dos dados de emissão de CO₂ pelos operadores aéreos nacionais relativos ao transporte aéreo internacional.

BRASIL. **Portaria nº 1.018/ASINT, de 2 de abril de 2019.** Altera a Portaria nº 4.005/ASINT, de 26 de dezembro de 2018.

BRASIL. **Resolução ANAC nº 496, de 28 de novembro de 2018.** Regulamenta o monitoramento, o reporte e a verificação de dados de emissão de CO₂ relativos ao transporte internacional.

BRASIL. **Resolução ANP nº 778, de 8 de abril de 2019.** Estabelece as especificações do querosene de aviação, querosenes de aviação alternativos e do querosene de aviação C, bem como as obrigações quanto ao controle de qualidade a serem atendidas pelos agentes econômicos que comercializam esses produtos em território nacional.

CENTO, A. **The Airline Industry: Challenges in the 21st Century.** Heidelberg: Physica-Verlag, 2008.

CORTEZ, L. A. B. **Roadmap for Sustainable Aviation Biofuels for Brazil: A Flighpath to Aviation Biofuels in Brazil.** São Paulo: Blucher, 2014.

CRAFIELD UNIVERSITY. **Fuel and Air Transport**. Bedfordshire: Crafield University, 2008.

DOWNING, L. **Air France-KLM plans to fly weekly biofuel Pais-Toulouse route**. Bloomberg, 21 out. 2014.

Disponível em: <<https://www.bloomberg.com/news/articles/2014-10-21/air-france-klm-plans-to-fly-weekly-biofuel-paris-toulouse-route>>. Acesso em: 26 de março de 2019.

DUVAL, D. T. Aeropolitics and Economics of Aviation Emissions Mitigation. In GÖSSLING, S.; UPHAM, P. **Climate Change and Aviation: Issues, Challenges and Solutions**. Volume 1, Londres: Earthscan, 2009.

FINNAIR COMPANY. **Finnair introduces CO2 offsetting and biofuel services for customers**. Finnair Company, 15 jan. 2019. Disponível em: <<https://company.finnair.com/en/media/all-releases/news?id=3177704>>. Acesso em: 26 de março de 2019.

GARCIA, M. **Air Travel Projected to Double in 20 Years, but Protectionism Poses Threat**. Forbes, 24 out. 2018. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/marisagarcia/2018/10/24/iata-raises-20-year-projections-to-8-2-billion-passengers-warns-against-protectionism/#57351aeb150f>>. Acesso em: 21 de março de 2019.

GOL, 2019. **Workshop: Grupo de Trabalho - GT Plano de Ação**. 2019. Trabalho apresentado no Workshop sobre o Plano de Trabalho de Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa da Aviação Civil, Brasília, 2019.

GÖSSLING, S.; UPHAM, P. **Climate Change and Aviation: Issues, Challenges and Solutions**. Volume 1, Londres: Earthscan, 2009.

GÖSSLING S.; UPHAM, P. Aeropolitics and Economics of Aviation Emissions Mitigation. In GÖSSLING S.; UPHAM, P. **Climate Change and Aviation: Issues, Challenges and Solutions**. Volume 1, Londres: Earthscan, 2009. p. 27-33.

GRUBLER A.; AGUAYO, F.; GALLAGHER, K.; HEKKERT, M.; JIANG, K.; MYTELKA, L.; NEIJ, L.; NEMET, G.; WILSON, C. **Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future**. Volume 1, Cambridge : Cambridge University Press, 2012.

IFC. **Aviation Industry Overview**. DY Consultants, 5 abr. 2017. Disponível em: <<https://dyconsultants.com/wp-content/uploads/2017/06/Aviation-Industry-1.pdf>>. Acesso em: 21 de março de 2019.

KENNEDY H. T. **Agrisoma, United Airlines and World Energy complete longest transatlantic biojet flight**. Biofuels Digest, 16 set. 2018. Disponível em: <<https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2018/09/16/agrisoma-united-airlines-and-world-energy-complete-longest-transatlantic-biojet-flight/>>. Acesso em: 27 de março de 2019. -

KENTON, W. **Offtake Agreement**. Investopedia, 23 mar 2019. Disponível em: <<https://www.investopedia.com/terms/o/offtake-agreement.asp>>. Acesso em: 29 de março de 2019.

LANE, J. **At Rio+20, the biofuels industry takes a turn in the spotlight**. Biofuels Digest, 20 jun 2012. Disponível em: <
< HYPERLINK "<https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2012/06/20/at-rio20-the-biofuels-industry-takes-a-turn-in-the-spotlight/>"
<https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2012/06/20/at-rio20-the-biofuels-industry-takes-a-turn-in-the-spotlight/> >. Acesso em: 6 de maio de 2019.

LANE, J. **DOE Announces \$79 million for bioenergy research and development**. Biofuels Digest, 6 mai. 2019. Disponível em:
< HYPERLINK "<https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2019/05/06/doe-announces-79-million-for-bioenergy-research-and-development/>"
<https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2019/05/06/doe-announces-79-million-for-bioenergy-research-and-development/> >. Acesso em: 9 de maio de 2019.

LANE, J. **Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative turns 10, tots up the successes**. Biofuels Digest, 29 mar 2016. Disponível em:
< HYPERLINK "<http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2016/05/29/commercial-aviation-alternative-fuels-initiative-turns-10-tots-up-the-successes/>"
<http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2016/05/29/commercial-aviation-alternative-fuels-initiative-turns-10-tots-up-the-successes/> >. Acesso em: 7 de maio de 2019.

LANE, J. **Gevo, Lufthansa rock markets with renewable jet fuel deal**. Biofuels Digest, 8 set. 2016. Disponível em:
<<https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2016/09/08/gevo-lufthansa-rock-markets-with-renewable-jet-fuel-deal/>>. Acesso em: 27 de março de 2019.

LANE J. **KLM Royal Dutch Airlines flies biofuel flight between Amsterdam and New York**. Biofuels Digest, 11 mar. 2013. Disponível em:
<<https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2013/03/11/klm-royal-dutch-airlines-flies-biofuel-flight-between-amsterdam-and-new-york/>>. Acesso em: 27 de março de 2019.

LANE, J. **The airlines: who's doing what in aviation biofuels?** Biofuels Digest, 19 out. 2015. Disponível em:
<<http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2015/10/19/the-airlines-whos-doing-what-in-aviation-biofuels/>>. Acesso em: 27 de março de 2019.

LATAM. Workshop: **GT Plano de Ação para Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa da Aviação Civil**. 2019. Trabalho apresentado no Workshop sobre o Plano de Trabalho de Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa da Aviação Civil, Brasília, 2019.

LYDERSEN, K. **In race to develop aviation biofuels, Midwest wants to win**. Energy News Network. 27 nov. 2012. Disponível em:
< HYPERLINK "<https://energynews.us/2012/11/27/midwest/in-race-to-develop-aviation-biofuels-midwest-wants-to-win/>"
<https://energynews.us/2012/11/27/midwest/in-race-to-develop-aviation-biofuels-midwest-wants-to-win/> >. Acesso em: 7 de maio de 2019.

NUNES, A. M. V. P. **Uma companhia low cost nos movimentos transatlânticos?** Porto, 2014. 53 p. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia: Universidade do Porto.

OACI. **Resolution A39-3: Consolidated statement of continuing ICAO policies and practices related do environmental protection.** ICAO, 2013. Disponível em: <https://www.icao.int/environmentalprotection/CORSIA/Documents/Resolution_A39_3.pdf>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2019.

SAPP, M. **Alaska Airlines flies two commercial flights on Gevo' ATJ.** Biofuels Digest. 8 jun. 2016. Disponível em: < HYPERLINK "<https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2016/06/08/alaska-airlines-flies-two-commercials-flights-on-gevos-atj/>" <https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2016/06/08/alaska-airlines-flies-two-commercials-flights-on-gevos-atj/> >. Acesso em: 7 de maio de 2019.

SAPP, M. **Alaska Airlines teams with Neste to increase uptake of aviation biofuel.** Biofuels Digest. 13 set. 2018. Disponível em: < HYPERLINK "<https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2018/09/13/alaska-airlines-teams-with-neste-to-increase-uptake-of-aviation-biofuel/>" <https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2018/09/13/alaska-airlines-teams-with-neste-to-increase-uptake-of-aviation-biofuel/> >. Acesso em: 7 de maio de 2019.

SAPP, M. **Air France team on Engagement for Green Growth Initiative to push for aviation biofuels.** Biofuels Digest. 19 dez. 2017. Disponível em: <<https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2017/12/19/air-france-teams-on-engagement-for-green-growth-initiative-to-push-for-aviation-biofuels/>>. Acesso em: 27 de março de 2019.

SAPP, M. Boeing, **Aeromexico and Mexico's Airports and Auxiliary Services launch biojet program.** Biofuels Digest. 25 fev. 2016. Disponível em: < HYPERLINK "<http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2016/02/25/boeing-aeromexico-and-mexicos-airports-and-auxiliary-services-launch-biojet-program/>" <http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2016/02/25/boeing-aeromexico-and-mexicos-airports-and-auxiliary-services-launch-biojet-program/> >.

SAPP, M. **Finnair flies A330 from Helsinki to New York on biofuels.** Biofuels Digest, 22 set. 2014. Disponível em: <<https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2014/09/22/finnair-flies-a330-from-helsinki-to-new-york-on-biofuels/>>. Acesso em: 27 de março de 2019.

SAPP, M. **German Aerospace Center teams with Lufthansa on testing biofuel properties.** Biofuels Digest, 7 jun. 2017. - Disponível em: <<https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2017/06/07/german-aerospace-center-teams-with-lufthansa-on-testing-biofuel-properties/>>. Acesso em: 29 de março de 2019.

SAPP, M. **Lan Chile, Air BP Copec operate first South American biofuels flight.** Biofuels Digest, 8 mar. 2012. Disponível em: < HYPERLINK "<http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2012/03/08/lan-chile-air-bp-copec-operate-first-south-american-biofuels-flight/>"

<http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2012/03/08/lan-chile-air-bp-copec-operate-first-south-american-biofuels-flight/> >. Acesso em: 7 de maio de 2019.

SAPP, M. **Neste and KLM to co-chair European Advanced Biofuels Flightpath scheme**. Biofuels Digest, 27 set. 2016. Disponível em: <<https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2016/09/27/neste-and-klm-to-co-chair-european-advanced-biofuels-flightpath-scheme/>>. Acesso em: 29 de março de 2019.

SAPP, M. **Shell Aviation and SkyNRG begin supply SAF at San Francisco airport**. Biofuels Digest, 10 dez. 2018. Disponível em: <<https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2018/12/10/shell-aviation-and-skyng-begin-supply-saf-at-san-francisco-airport/>>. Acesso em: 29 de março de 2019.

SAPP, M. **Gevo teams with Lufthansa to test aviation biofuel**. Biofuels Digest. - 23 abr. 2014. Disponível em: <<https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2014/04/23/gevo-teams-with-lufthansa-to-test-aviation-biofuel/>>. Acesso em: 29 de março de 2019.

STATISTA, **Leading countries based on biofuel production in 2017 (in 1,000 metric tons of oil equivalent)**. 2017. Disponível em: < HYPERLINK "<https://www.statista.com/statistics/274168/biofuel-production-in-leading-countries-in-oil-equivalent/>" <https://www.statista.com/statistics/274168/biofuel-production-in-leading-countries-in-oil-equivalent/> >. Acesso em 20 de abril de 2019.

STEER DAVIES GLEAVE. **Competition impact of airline code-share agreements**. London : Steer Davies Gleave, 2007. 124 p.

SCHWAB, T. **Combustíveis Alternativos sem Impactos Climáticos: Brasil e Alemanha juntos para uma economia de baixo carbono**. 2019. Trabalho apresentado no Workshop sobre o Plano de Trabalho de Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa da Aviação Civil, Brasília, 2019.

APÊNDICE 1. Levantamento das empresas aéreas, suas parcerias estratégicas e principais iniciativas operacionais e financeiras para utilização de combustíveis sustentáveis de aviação.

América do Sul			
País	Empresa Aérea	Parceiros-chave	Marcos
Brasil	Azul	Amyris, Embraer	Junho de 2012: voo-teste Azul+Verde durante a Conferência Rio+20 abastecido com o combustível advindo de cana-de-açúcar da empresa Amyris (Lane, 2012).
	GOL	Ubrabio, Boeing, Embraer, Fapesp	Junho de 2014: criação da Plataforma Mineira, por meio de parcerias estabelecidas com o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), a empresa GOL Linhas Aéreas inteligentes e a Ubrabio permitiram o desenvolvimento do conceito de cadeia integrada, multi-matéria, multi-processo (“da pesquisa à asa do avião) (SAC, 2016). O objetivo da Plataforma Mineira é viabilizar em Minas Gerais uma cadeia de valor integrada para a produção de biocombustíveis de aviação e outros produtos renováveis. A macaúba (<i>Acrocomia aculeata</i>), palmeira nativa do estado, é a principal matéria-prima que se encontra em pesquisa, pois tem enorme potencial para a produção do biocombustível (SAC, 2016).
Chile	LAN	SkyNRG	Março de 2012: conduziram primeiro

	Chile e Air BP Copec		voo comercial com combustível de aviação de segunda geração (derivado de óleo de cozinha) Voo: de Santiago a Concepción (Sapp, 2012).
América do Norte			
Canadá	Porter Airlines	Targeted Growth, Bombardier Aerospace, Pratt & Whitney Canada	2010: lançamento do programa Abril de 2012: Conduziu o primeiro voo comercial abastecido por biocombustível Bombardier Q400 turbo-propulsor Voo: de Toronto a Ottawa (Lane, 2015).
Estados Unidos	United Airlines	Agrisoma e World Energy	Setembro de 2018: conduziu o voo transatlântico mais longo até a data. O biocombustível utilizado é advindo do óleo da semente de Carinata. Voo de São Francisco a Zurique. Aeronave: Boeing 787 (Kennedy, 2018).
		Boeing, Honeywell UOP, Departamento de Chicago de Aviação e Clean Energy Trust	Junho de 2012: lançamento da Midwest Aviation Sustainable Fuels Initiative, criada para avançar o desenvolvimento do biocombustível de aviação numa região de 12 estados (Lydersen, 2012).
	American Airlines	Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative (CAFI)	Junho de 2012: assinou MoUs com fornecedores de biocombustíveis na reunião anual da CAAFI. 2016: fornecimento de combustível alternativo pela AltAir no Aeroporto Internacional de Los Angeles (Lane, 2016).
	Alaska	Neste	Setembro de 2018: assinatura de

	Airlines		MoU com a Neste para trabalharem juntas no desenho, criação e implementação de soluções para adoção de combustíveis renováveis (Sapp, 2018).
		Gevo	Junho de 2016: dois primeiros voos comerciais com álcool renovável fornecido pela Gevo (Sapp, 2018).
		Porto de Seattle e Boeing	Janeiro de 2016: lançamento do estudo que identifica as melhores opções de infraestrutura para fornecerem biocombustível sustentável de aviação ao aeroporto internacional de Seattle (Sapp, 2016).
México	Aero-mexico	Boeing, Aeroportos do México, Auxiliary Services e Potosinian Institute of Scientific and Technological Research	Fevereiro de 2016: lançamento do programa de biocombustíveis com o apoio financeiro do <i>Fund for Energy Sustainability</i> e coordenado pelo <i>Mexican Bioenergy Innovation Center</i>
		Honeywell Green Jet Fuel	Novembro de 2011: uma das primeiras utilizações pela aviação de combustíveis renováveis em voos diários de passageiros. Voo: da Cidade do México a San José, Costa Rica. Aeronave: Boeing 737-700, com mistura de 15% de combustível sustentável feito de camelina).

Europa			
País	Empresa Aérea	Parceiros-chave	Marcos
Alemanha	Lufthansa Group	<i>German Aerospace Center e Bundeswehr Research Institute for Materials, Fuels and Lubricants</i>	Junho de 2017: lançamento do estudo realizado pela parceria e financiado pela União Europeia denominado <i>High Biofuel Blends in Aviation</i> , focado em misturas de querosene convencional com biocombustíveis. O estudo analisou biocombustíveis particularmente promissores de acordo com fonte, processo de produção e status de aprovação (Sapp, 2017).
		Gevo	Setembro de 2016: assinatura de <i>heads of agreement</i> não-vinculante que estabelece um preço de venda que permite um apropriado nível de capital exigido para desenvolver a primeira instalação de hidrocarbonetos de escala comercial. O acordo está sujeito ao preenchimento de um acordo vinculante de <i>off-take</i> (compra futura de produção). Os termos do acordo contemplam que a Lufthansa compre até 8 milhões de galões por ano de álcool combustível para aeronaves (AJT, em inglês), ou até 40 milhões de galões ao longo dos cinco anos de duração do acordo <i>off-take</i> (Lane, 2016).
			Abril de 2014: assinatura de acordo para avaliar o combustível de aviação da Gevo com o objetivo de aprovar o AJT para uso comercial na aviação

			(Sapp, 2014).
França	Air France	Governo da França, Airbus, Safran, Suez e Total	Dezembro de 2017: lançamento da iniciativa <i>Engagement for Green Growth</i> (Engajamento para o Crescimento Verde) que visa a promover o crescimento das indústrias de biocombustíveis sustentáveis de aviação, em conduções economicamente viáveis que integrem totalmente os princípios da economia circular. A ideia é apoiar e criar as condições necessárias para implementar essas indústrias na França (Sapp, 2017).
		KLM	Outubro de 2014: Airfrance-KLM anunciam o planejamento de conduzir semanalmente voos de Paris a Toulouse utilizando mistura de 10% de biocombustíveis até setembro de 2015 (Downing, 2014).
		Airbus	Outubro de 2011: o Airbus A321 da Air France conduziu voo de Toulouse a Paris/Orly com mistura de 50% de biocombustível. O voo AF6129 utilizou a combinação em seus dois motores e adotou procedimentos otimizados de <i>air traffic management</i> (gestão de tráfego aéreo) e uma descida contínua de aproximação que reduziu as emissões de CO ₂ para 54 gramas/passageiro/quilômetro (Australian Aviation, 2011).
		Shell Aviation,	Dezembro 2018: lançamento da fase

França		SkyNRG e World Energy	inicial do acordo para fornecimento de combustíveis sustentáveis de aviação pela Shell para as empresas KLM, SAS e Finnair no Aeroporto de São Francisco (Sapp, 2018) .
		Sky NRG e Statoil Aviation	Setembro de 2014: operação do voo de um A330 de Helsinki a Nova Iorque parcialmente utilizando biocombustível CITATION Meg14 lt \l 1046 (Sapp, 2014)
		KLM, North Sea Group, Spring Associates e SkyNRG	Julho de 2011: conduziu o voo de Amsterdã a Helsinki com ambos os motores utilizando mistura de 50% de biocombustível produzido a partir de óleo vegetal reciclado CITATION Bio111 \l 1046 (Biofuels Digest, 2011) .
Holanda	KLM Royal Dutch Airlines	SkyNRG	Janeiro de 2019: introdução de um serviço onde os clientes podem trocar as emissões de CO2 de seus voos apoiando o projeto de redução das emissões ou reduzir as emissões comprando biocombustíveis CITATION Fin19 \l 1046 (Finnair Company, 2019) .
		Shell Aviation, SkyNRG e World Energy	Dezembro 2018: lançamento da fase inicial do acordo para fornecimento de combustíveis sustentáveis de aviação pela Shell para as empresas KLM, SAS e Finnair no Aeroporto de São Francisco CITATION Meg18 lt \l 1046 (Sapp, 2018) .
		Neste	Setembro de 2017: KLM e Neste co-presidem o <i>European Advanced Biofuels Flightpath</i> , que foi lançado em 2011 pela Comissão Europeia,

Holanda			Airbus, empresas aéreas europeias líderes e produtores de biocombustíveis. As empresas aéreas envolvidas são: KLM, Air France, British Airways e Lufthansa. As empresas de biocombustíveis são: Neste, Biochemtex, Honeywell UOP, Swedish Biofuels e Total CITATION Meg16 \t \l 1046 (Sapp, 2016) .
		Schiphol Group, Delta Air Lines, SkyNRG e Port Authority of New York	Março de 2013: conduziu o primeiro de uma série de voos abastecidos por biocombustíveis entre Amsterdã e Nova Iorque CITATION Isa13 \l 1046 (Lane, 2013)
		Dynamic Fuels e SkyNRG	Junho de 2011: primeira empresa aérea no mundo a operar um voo comercial transportando 171 passageiros com biocombustíveis. O Boeing 737-800 voou de Schiphol a Paris CITATION Bio11 \l 1046 (Biofuels Digest, 2011) .