

OPORTUNIDADES DE REDUÇÃO DE EMISSÃO DE GEE EM VOOS DOMÉSTICOS: PERSPECTIVAS PARA O TRANSPORTE DE PASSAGEIROS NO BRASIL

Resumo: Embora o Brasil não faça parte das principais rotas comerciais do mundo, o país é um dos maiores mercados domésticos de transporte aéreo do planeta. A preocupação com a sobrevivência da vida humana na Terra tem levado a que todas as atividades que promovem algum impacto ambiental se tornem objeto de regulamentação por órgãos internacionais e nacionais. O transporte aéreo, dentre as atividades que causam impactos negativos ao meio ambiente, tem sido objeto de formulação de políticas e estabelecimento de metas para redução de seus impactos adversos. A sustentabilidade ambiental e, mais especificamente, a redução da dependência de combustíveis fósseis tem sido cada vez mais destacada e importante em debates e estudos. Este artigo busca contribuir para o mercado de aviação explorando os principais combustíveis alternativos estudados e suas perspectivas no Brasil.

Palavras-chave: Aviação; Gases do Efeito Estufa; Biocombustível; Descarbonização; Transporte Aéreo.

Abstract: Although Brazil is not part of the world's main trade routes, the country is one of the largest domestic air transport markets on the planet. The concern with the survival of human life on Earth has led to all activities that promote some environmental impact becoming the subject of regulation by international and national bodies. Air transport, among the activities that cause negative impacts on the environment, has been the object of policy formulation and the establishment of goals to reduce its adverse impacts. Environmental sustainability and, more specifically, the reduction of dependence on fossil fuels has been increasingly highlighted and important in debates and studies. This article seeks to contribute to the aviation market by exploring the main alternative fuels studied and their perspectives in Brazil.

Keywords: Aviation; Greenhouse Gases; Biofuel; Decarbonization; Air Transport

1. Introdução

Desde o início de seu desenvolvimento, a aviação vem crescendo e se destacando, em razão da sua agilidade em transportar pessoas e cargas por longas distâncias em espaços de tempo muito pequenos. A sua existência é de extrema importância para o desenvolvimento dos países, da globalização e da economia mundial. Nesse cenário, o Brasil é um dos principais países a utilizar o serviço de aviação civil para voos domésticos, em função da sua grande extensão territorial e deficiente malha de transporte terrestre e aquaviário, principalmente nas áreas menos desenvolvidas. É um país cujas perspectivas para esse cenário tendem a aumentar em larga escala nos próximos anos, conforme apontam relatórios da Agência Nacional de Aviação Civil (2018).

São vários os elementos que potencializam o transporte aéreo, dentre eles: renda, população, tecnologia, geografia e custos. Na América do Sul, o Brasil assume o papel de liderança no avanço desse tipo de transporte na região, mostrando-se como um dos principais mercados mundiais no setor doméstico, tendo movimento de passageiros menor apenas que Estados Unidos, China e Índia (Fernandes, E. e Pacheco, R. 2016, p. 17).

No setor da aviação estima-se que sua influência nas emissões de gases poluentes (os elementos poluentes serão apresentados neste artigo pelas siglas usualmente utilizadas na literatura), seja de apenas 2%-3% do gerado, não estando entre os maiores agentes poluidores. Apesar dessa pequena porcentagem, um fator agravante das emissões pelas aeronaves, é o fato desses gases serem liberados a grandes altitudes o que agrava seus efeitos por estarem próximo da estratosfera, camada da Terra onde se encontra a camada de ozônio, responsável por proteger a Terra dos raios ultravioletas.

Considerando o aumento da quantidade de viagens aéreas, deve-se entender que, como consequência, haverá também um aumento das emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) em larga escala, se for mantido o combustível de aeronaves em uso atualmente. Por outro lado, as agências internacionais e governos estimam metas significativas para a redução de emissão desses gases poluentes.

O transporte aéreo, assim como outras atividades econômicas fortemente dependentes de energia para suas operações, necessita encontrar soluções tecnológicas e alternativas energéticas para o prosseguimento e ampliação de seus serviços. Dessa maneira, faz-se necessário promover o avanço no desenvolvimento de novos combustíveis, de novas tecnologias e de melhorias operacionais que possam gerar um equilíbrio entre o aumento da demanda e a redução de gases poluentes provenientes das aeronaves. Nesse contexto, combustíveis renováveis vêm sendo estudados, como os biocombustíveis, combustíveis do tipo *drop in*, a base de hidrogênio entre outros (ICS, 2021).

A indústria da aviação estabeleceu metas para reduzir as emissões de dióxido de carbono a fim de alcançar um crescimento sustentável, e uma das principais ações para garantir esse avanço, é incentivar o uso de combustíveis sustentáveis. Do ponto de vista ambiental, social e econômico, esse uso deve ser eficaz, eficiente e benéfico, o que requer a consideração de diversas variáveis. BOEING, EMBRAER, FAPESP e UNICAMP (2013, p. 11) afirmam que uso de biocombustíveis na aviação deverá ser eficaz, eficiente e vantajoso dos pontos de vista ambiental, social e econômico.

Esta pesquisa é importante diante da perspectiva de que, se o país não cumprir as metas estipuladas para redução da emissão de gases poluentes estabelecidas em acordos internacionais, a credibilidade do país pode ser afetada e ele vir a sofrer alguma forma de sanção internacional. Nesse sentido, este artigo tem como objetivo identificar e analisar, a partir da revisão da literatura, os combustíveis alternativos de aviação e medidas que podem ser tomadas visando a redução da emissão de carbono em voos comerciais.

O objetivo central deste artigo é identificar, com base na revisão da literatura, os biocombustíveis alternativos em estudo em países com realidade socioeconômica próxima ao do Brasil e também o que vem sendo estudado no país. Analisar o dilema do crescimento da demanda esperado pela indústria de aviação e as restrições de emissões de gases de efeito estufa está no cerne desta pesquisa. Atendendo a esses pontos, esse estudo se propõe a apresentar o status das pesquisas em desenvolvimento e como o Brasil pode se tornar mais sustentável no setor da aviação.

O trabalho contribui demonstrando a realidade do Brasil em relação ao uso de combustíveis sustentáveis de aviação e as possibilidades futuras para o setor envolvendo a sustentabilidade ambiental.

2. Metodologia

Este é um artigo orientado por uma revisão bibliográfica, onde a pesquisa é do tipo qualitativa. A metodologia usada para desenvolver o artigo é da natureza de pesquisa básica e explicativa. Levando em conta que um problema não pode ser resolvido somente pela crença nem pela tradição, podemos entender que a pesquisa é a busca sistemática da solução do problema com a existência de informações preliminares e uso de métodos e técnicas investigadas (Boaventura, 2007).

Os objetivos desta revisão são identificar, analisar e resumir o que a literatura apresenta sobre o uso de biocombustíveis de aviação no Brasil e na América Latina, esta área geográfica por ter realidade econômica mais próximas ao do Brasil. Com esse propósito, o foco foi dado a relatórios e artigos que buscaram investigar os principais biocombustíveis alternativos em estudo no setor de aviação, possibilidade de produção e desenvolvimento destes no Brasil, considerando a demanda do setor aéreo doméstico brasileiro em face às medidas de redução de emissões de gases poluentes.

Essa é uma área de estudo e de crescente importância, este artigo se baseia em estudos que tiveram objetivos semelhantes, o foco nos combustíveis renováveis de aviação e seus impactos no setor e na sociedade, que ainda possui muitas questões a serem exploradas. Para auxiliar esta revisão da literatura, foram elaboradas algumas perguntas que orientaram os rumos da pesquisa, como está o Brasil em comparação a outros países em relação às políticas de redução de emissões de gases do efeito estufa na aviação? O Brasil tem a possibilidade de ser um produtor relevante de biocombustíveis para a aviação?

Para compor as etapas, base de dados e informações da pesquisa, foram utilizadas informações de relatórios de agências como *International Civil Aviation Organization* (ICAO), *International Air Transport Association* (IATA), ANAC, pesquisas no Google Acadêmico e a plataforma brasileira de pesquisa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), nesta última com uma busca mais específica por artigos na base de dados SCOPUS. Os resultados obtidos na base de dados SCOPUS estão presentes na tabela abaixo.

Quadro 1 – Informações da pesquisa

Critério	Descrição
Base	SCOPUS
Tópicos	<i>Sustainability and aviation fuel and aviation Sustainability and aviation and decarbonization Aviation and biofuel</i>
Método de pesquisa	Pesquisa direta
Restrição	A pesquisa foi restrita aos últimos 10 anos, no intervalo de 2011 a 2022. Foi considerado apenas artigos.
Qualificação	Q1: Os artigos tratam de biocombustíveis para aviação?

	Q2: Os países objeto do estudo, são referentes ao Brasil ou países latino-americanos?
Método de busca	Julho, 2021

Fonte: Elaboração própria

Nesta busca foram selecionados 14 artigos com maior relevância e proximidade ao tema abordado neste artigo. Nesta seleção dos artigos, foram consideradas pesquisas onde tratavam de análises referentes à aviação no Brasil ou em países com realidade socioeconômica próximas a este e considerando as perguntas que tangem essa revisão, seu objetivo e delimitação do tema. O Gráfico 1 apresenta os anos de publicação dos 14 artigos que mais demonstram relação com o tema proposto, retirados das buscas feitas através da base de dados SCOPUS.

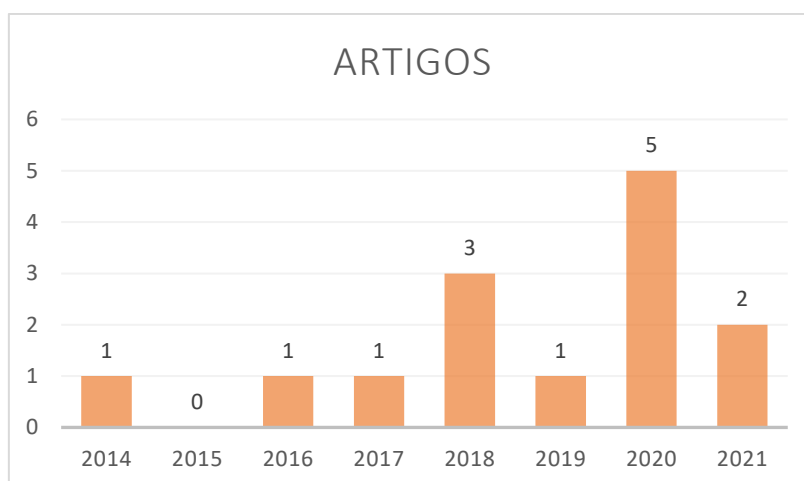


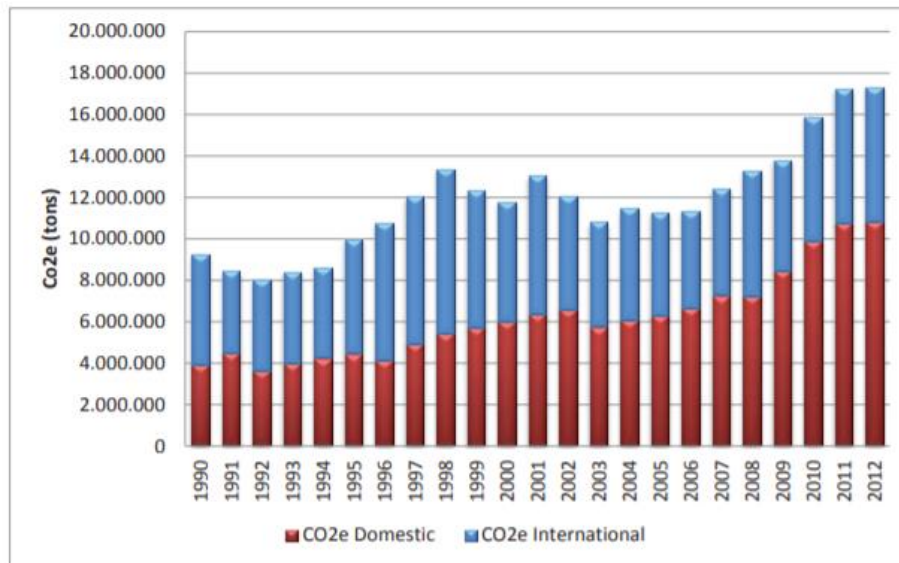
Gráfico 1: Ano de publicação x Quantidade de artigos. Fonte: Elaboração própria.

3. Combustíveis renováveis e o potencial de redução de emissões de GEE

A IATA determinou uma expectativa de que as emissões de gases de efeito estufa sejam reduzidas em 50% em 2050, quando comparado ao ano de 2005 (IATA, 2018). Segundo o plano de ação da ANAC, de 2013, apesar do setor de aviação ser responsável apenas por 0,5% das emissões de todo o país, o volume de emissões da aviação cresceu mais rápido que de outros setores da economia e o aumento nos voos domésticos no Brasil foram o principal contribuinte para elevados volumes de emissões de CO₂ (ANAC, 2013).

O gráfico 2 mostra a quantidade de CO₂ emitida pelos voos domésticos e internacionais no Brasil.

Gráfico 2: Emissões de CO₂ em voos domésticos e internacionais



Fonte: Agência Nacional de Aviação Civil (2013)

O Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil – 2019, elaborado pela ANAC, aponta que o querosene de aviação gera gases como CO₂, CH₄ e N₂O, que impactam diretamente no efeito estufa. E também gases e partículas que comprometem a qualidade do ar, como por exemplo CO, COV, NO_x, SO₂ e MP. Um voo no trecho entre São Paulo e Rio de Janeiro, gera 112 quilos de CO₂. Se analisar que em um ano, nesse trecho, ocorrem em média 17 mil voos, estima-se uma emissão de 190,4 toneladas de CO₂ em um ano, apenas na ponte aérea Rio – São Paulo (ANAC, 2019).

No artigo “A sustentabilidade na produção de biocombustíveis de aviação no Brasil”, Garbin e Henkes (2018) tratam das possibilidades de combustíveis alternativos que o setor aéreo brasileiro possui em estudo e quais seriam possíveis de serem produzidos no Brasil, considerando tanto o clima, como a efetividade de uso deles na aviação.

Analisar quais seriam os impactos dessa nova agricultura voltada para biocombustíveis de aviação, para que não afetem a segurança alimentar no país, para que não haja conflito de interesses para essa nova produção, uma vez que seria mais lucrativa que a atual, é um fator que deve ser considerado quando se pensa em produzir esses novos combustíveis alternativos para aeronaves no Brasil. Além disso, identificar se esses biocombustíveis atendem os requisitos necessários para sustentabilidade e responsabilidade ambiental.

Garbin e Henkes concluíram que os novos biocombustíveis estudados atendem não só de maneira satisfatória, como são superiores às exigentes especificações técnicas necessárias para um potencial substituto a querosene de aviação. Os autores ressaltam que o Brasil possui todas as condições para liderar a nova indústria mundial de biocombustível para aviação, tanto pelo clima do país, como pela logística de transporte dessa fonte de energia.

No artigo “Combustibles alternativos en el transporte aéreo nacional”, de Mónico, L., Rincón, E., & Manrique Vega, C. M. (2020), os autores buscam chamar atenção aos impactos negativos, provenientes do uso dos combustíveis fósseis na aviação e quais combustíveis de aviação alternativos já estão em estudo. Apontam também que dos combustíveis alternativos para as aeronaves, o que mais se destaca são os biocombustíveis e os combustíveis sintéticos. Para que seja cada vez mais usado esse tipo de combustível, é importante que sejam colocados em funcionamento, motores alternativos de combustão interna. Comparando as condições

climáticas e financeiras da Colômbia, país estudado por Mónico, Rincón e Manrique Vega (2020), é possível pensar em soluções de produção, logística e desenvolvimento para o Brasil neste setor.

A partir de informações disponibilizadas no site da ANAC (2019), pesquisadores estão buscando um combustível feito de hidrocarbonetos puros que tem capacidade de suportar baixas temperaturas, permite contato com superfícies metálicas e não metálicas, além de significativa redução da emissão de gases poluentes (considerando desde o processo de produção do combustível até a sua combustão). Uma possibilidade de troca de combustível, sem esquecer da segurança. Foi criada no Brasil a Aliança Brasileira para Biocombustíveis de Aviação (ABRABA) em 2010, que reúne empresas aéreas com o objetivo de gerar iniciativas, tanto públicas como privadas, para desenvolver biocombustíveis sustentáveis para o setor de aviação. Esta Aliança, juntamente com um conjunto de instituições contribuiu para a produção do relatório da BOEING, EMBRAER, FAPESP e UNICAMP (2013, p. 12), onde se explicita que as matérias-primas potencialmente mais promissoras para a produção de biocombustível para aviação são as plantas que contêm açúcares, amido e óleo, além de resíduos como lignocelulose, resíduos sólidos urbanos e gases de exaustão industrial.

A crescente demanda para redução dos gases do efeito estufa, tem acelerado a corrida para busca e desenvolvimento de combustíveis alternativos para aviação, dentre as diversas opções em estudo, podemos citar hidrocarbonetos puros, querosene sintético sustentável, biocombustível sustentável proveniente de economia circular pelo aproveitamento de óleo de cozinha, a base da cana-de-açúcar, milho, camelina (*Camelina sativa*), pinhão manso (*Jatropha curcas*), macaúba (palmeira nativa do Brasil), algas, resíduos urbanos e industriais e outros.

Segundo IATA (2021), comparados com o querosene convencional estes combustíveis alternativos podem reduzir as emissões de CO₂ em até 80% com base no ciclo de vida completo do carbono. É importante ressaltar que estas alternativas estão sendo estudadas ou até mesmo já foram testadas em voos. Evidenciando que essa é uma realidade em foco nos dias de hoje, é necessário, contudo, que sejam feitas e desenvolvidas novas pesquisas e testagens para que a efetividade de cada uma dessas possibilidades seja testada e comparada quais as mais eficientes, geram menos impactos na plantação, refino e capacidade de produção em regiões do país. BOEING, EMBRAER e FAPESP (2013, p. 11) destacam que o uso de biocombustíveis na aviação deverá ser eficaz, eficiente e vantajoso dos pontos de vista ambiental, social e econômico.

Outra possibilidade que vem sendo estudada (Portal Solar, 2016), são os aviões elétricos. Uma opção totalmente sustentável a partir desta, são os a base de energia solar, onde suas funcionalidades são todas renovadas a partir da irradiação solar. Uma realidade mais distante, devido à complexidade de adaptação das aeronaves, porém uma opção com um futuro possível para uma sustentabilidade completa no setor de aviação civil.

Outro ponto importante que é visto em muitas literaturas, são os custos dos combustíveis. Um aumento nos preços do combustível de aviação afeta diretamente a economia do setor aéreo, uma vez que este é um dos principais componentes dos custos operacionais das empresas aéreas. Fato que deve ser considerado quando se trata de buscar novas fontes de energia para a aviação. Muitas companhias aéreas, ao redor do planeta, já vêm estudando e demonstrando grandes preocupações acerca de medidas que pretendem tomar para reduzir as emissões de CO₂ e outros gases poluentes. É importante que as companhias aéreas em conjunto com fabricantes de aeronaves e outros atores do setor, busquem soluções para que as reduções das emissões sejam realmente efetivas em um futuro próximo. Pode-se observar na revisão da

literatura que a noção de sustentabilidade no setor aéreo vem sendo estudada nas dimensões tecnológicas, operacionais, financeiras, sociais e ambientais.

4. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

O Brasil é um país de dimensões continentais e cujas expectativas de crescimento na demanda do transporte aéreo tendem a aumentar significativamente ao longo dos anos. Se a tendência do país é de crescimento para o setor aéreo e as exigências ambientais são para redução das emissões de gases poluentes e o país apresenta grande potencial de produção de combustíveis renováveis para aviação, o caminho que o país deve seguir é a busca desses combustíveis, tanto os biocombustíveis quanto os sintéticos. Em 2013, o Brasil entregou um plano de ação para redução de CO₂ gerado pela aviação no país, na 38ª Assembleia da ICAO, um plano elaborado pela ANAC, DECEA, SAC e instituições privadas.

Os órgãos reguladores e ministérios brasileiros têm buscado atender e caminhar na busca por medidas sustentáveis na aviação. Regido pelo Ministro de Minas e Energia (MME), o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), criou o programa Combustível do Futuro, cujo propósito é favorecer o uso de fontes alternativas de energia, frente aos combustíveis fósseis, incentivar e consolidar o desenvolvimento tecnológico nacional em relação aos combustíveis sustentáveis. A ANAC, é parte de um conjunto de quinze órgãos, que são coordenados pelo Ministério de Minas e Energia, chamados de Comitê de Tecnologia de Combustíveis do Futuro. O objetivo desse comitê é indicar medidas que regulam os novos combustíveis em desenvolvimento, mantendo os padrões usados pelos consumidores, indicar medidas e ações que incentivem o uso do transporte de maneira mais sustentável e propor métodos para avaliar o ciclo de vida completo de combustíveis. Além disso, o combustível de aviação sustentável está na lista de combustíveis que o comitê irá discutir.

O Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil, reuniu um grupo de pesquisa com membros de agências reguladoras, representantes de companhias aéreas, indústria aeronáutica, aeroportos, especialistas do setor e instituições que estão em busca da produção de combustíveis alternativos de aviação. Essas equipes são responsáveis por elaborar documentos e relatórios analisando o histórico de consumo do querosene de aviação e as projeções futuras. É feita também uma análise para entender a evolução da demanda no setor do transporte aéreo e quais medidas podem ser tomadas para contribuir com as reduções de gases poluentes, feitas por cada uma das partes envolvidas no estudo. Essa pesquisa é feita a partir de uma resolução proposta pela ICAO, proposta em sua 39ª Assembleia Geral, para controlar e avançar em medidas que possam minimizar os impactos ambientais gerados pelo setor.

O Brasil participa do Comitê de Proteção Ambiental da Aviação (CAEP) através da ANAC, um fórum de discussão da ICAO. O comitê possui em sua estrutura diversos subgrupos que buscam trabalhar em soluções para mitigar as causas e consequências das mudanças climáticas. A ANAC acompanha e é responsável por coordenar os trabalhos da equipe brasileira que participa de pesquisas neste fórum.

BOEING, EMBRAER, FAPESP e UNICAMP (2013, p. 43) mostram que o Brasil é um dos melhores exemplos mundiais do potencial de conciliar a produção sustentável de biocombustível com a segurança alimentar. O país é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar e soja, se destaca como possível precursor da produção de biocombustíveis de aviação a partir dessas fontes de energia.

Apesar de considerada pequena as emissões de GEE pelo setor da aviação, ela tem uma perspectiva crescente, maior do que outros setores da economia. Muito pelo aumento a cada dia da quantidade de viagens, sejam domésticas ou internacionais. Quando se questiona a redução de gases poluentes pelas aeronaves, inclui-se além do uso de combustíveis sustentáveis, medidas como maior eficiência, infraestrutura, melhores rotas, novas tecnologias de desenvolvimento das aeronaves e motores.

As diversas iniciativas tanto governamentais quanto empresariais brasileiras mostram uma estrutura burocrática para tratar a questão, de forma que se pode entender que existe uma percepção da necessidade de se tratar da questão da sustentabilidade do transporte aéreo a nível nacional, embora não se evidenciem resultados efetivos destas iniciativas.

É importante entender que é necessária uma busca por combustíveis alternativos de aviação, em substituição ao querosene de aviação, e uma busca por melhor infraestrutura e novas tecnologias no transporte aéreo. Poderiam ser consideradas taxas extras nos valores de passagem aérea por emissão de GEE, como sugerem alguns estudos e como é feito em países desenvolvidos, por exemplo. Porém, uma ação como essa impacta além do setor aéreo, afeta negativamente econômica e socialmente países que se encontram em uma fase de desenvolvimento do setor e sua cadeia produtiva, como o Brasil. Tratar a questão de redução de emissões através do estabelecimento de custos adicionais ao provimento do serviço no setor pode inibir negativamente o crescimento da demanda, tão necessária ao desenvolvimento do país.

REFERÊNCIAS

- ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil (2020). Mercado aéreo em 2019: maior número de passageiros transportados da série histórica. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/noticias/2020/mercado-aereo-registra-maior-numero-de-passageiros-transportados-da-serie-historica>. Acesso em: 10 jul. 2021.
- ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil (2019). Combustíveis sustentáveis para a aviação. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/meio-ambiente/combustiveis-sustentaveis-para-a-aviacao>. Acesso em: 2 junho 2021.
- ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil (2019). Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/inventario-nacional-de-emissoes-atmosfericas-da-aviacao-civil>. Acesso em: 2 julho 2021.
- ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil (2021c). Plano de ação para redução das emissões de GEE da aviação civil. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/plano-de-acao>. Acesso em: 2 julho 2021.
- ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil (2016). Sustentabilidade na aviação. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/noticias/2016/sustentabilidade-na-aviacao-civil>. Acesso em: 29 mai. 2021.
- Boaventura, E.M. (2007) Metodologia da Pesquisa: Monografia, Dissertação e Tese. São Paulo: Atlas S.A.
- BOEING, EMBRAER, FAPESP e UNICAMP (2013). Plano de Voo para Biocombustíveis de Aviação no Brasil: Plano de Ação. Disponível em: <http://www.fapesp.br/publicacoes/planode-voo-biocombustiveis-brasil-pt.pdf?x=2>. Acesso em: 29 mai. 2021.

CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (2021). Biocombustíveis Aeronáuticos: progressos e desafios. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/biocombustiveis_aeronauticos_24012011_9559.pdf/378f8f90-fa5c-4e0c-aad7-7adcbf607063?version=1.2. Acesso em: 2 junho 2021.

Fernandes, E. e R. R. Pacheco (2016). Transporte Aéreo no Brasil: Uma Visão de Mercado. 1a ed. Rio de Janeiro: Elsevier. 328p.

Garbin, R.B. e Henkes, J.A. (2018). A sustentabilidade na produção de biocombustíveis de aviação no brasil. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 67-104, abr. 2018. ISSN 2238-8753.

IATA - International Air Transport Association (2021). Developing Sustainable Aviation Fuel (SAF). Disponível em: <https://www.iata.org/en/programs/environment/sustainable-aviation-fuels/>. Acesso em: 2 junho 2021.

Mónico, L., Rincón, E., e Manrique Vega, C. M. (2020). Combustibles alternativos en el transporte aéreo nacional. Ciencia Y Poder Aéreo, 15(2), 68-76. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.643>

Portal Solar. Solar Impluse: o avião movido à energia solar, 2016. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/solar-impulse-o-aviao-movido-a-energia-solar.html>. Acesso em 30 mai. 2021.