

---

# Redução na emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) através da implementação de biocombustíveis na aviação comercial brasileira

Nathan Fraga Ribeiro<sup>1,2</sup>, Elones Fernando Ribeiro<sup>3</sup>

1 Graduando do Curso de Ciências Aeronáuticas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

2 [nathan-fraga@hotmail.com](mailto:nathan-fraga@hotmail.com)

3 Graduado em Engenharia Química pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (1984), com Mestrado em Educação (1998) e Doutorado em História (2008), pela mesma instituição.

---

**RESUMO:** Este artigo tem como objetivo estudar a introdução de biocombustíveis na aviação comercial brasileira, analisando os custos, viabilidade de produção em alta escala, técnicas de refino e o impacto na matriz energética nacional, bem como o impacto ambiental gerado pela plantação de matérias primas para fabricação do mesmo. Apoiando-se na análise de alguns voos de teste com aeronaves abastecidas com bioquerosene, será possível medir qual a consequência material e na performance dos motores. Através de revisão bibliográfica nota-se que o aumento na emissão de dióxido de carbono gerado pela aviação tem aumentado significativamente, e a solução mais sustentável é a troca de combustíveis fósseis por biocombustíveis, o que gera uma grande oportunidade socioeconômica para o Brasil.

**Palavras Chave:** Aviação Brasileira, Biocombustíveis, Dióxido de Carbono, Sustentabilidade.

## Reduction of carbon dioxide emission through the implementation of biofuels in brazilian commercial aviation

**ABSTRACT:** The purpose of this paper is to study the introduction of biofuels in brazilian commercial aviation, analyzing costs, feasibility of production in high quantity, refining techniques and the impact on the national energy matrix, as well as the environmental impact generated by the planting of raw materials for manufacturing the same. Based on the analysis of some test flights with aircraft supplied with biokerosene, it will be possible to measure the material consequence and performance of the engines. Through a bibliographical review it is noticed that the increase in the emission of carbon dioxide caused by aviation has increased significantly, and the more sustainable solution is the exchange of fossil fuels for biofuels, which generates a great socioeconomic opportunity for Brazil.

**Key words:** Brazilian Aviation, Biofuels, Carbon Dioxide, Sustainability.

**Citação:** Ribeiro, NF, Ribeiro, LF. (2019) Redução na emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) através da implementação de biocombustíveis na aviação comercial brasileira. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 10, N<sup>o</sup>. 1, pp. 45-55.

### 1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos a indústria consumidora de combustíveis fósseis vem crescendo exponencialmente, acompanhada pela preocupação a respeito das mudanças climáticas causadas principalmente pelo aquecimento global, que possui como seu maior cúmplice, o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE), grande parte causada pela queima de combustíveis fósseis. A aviação é um bom exemplo de consumidor destes combustíveis prejudiciais ao meio ambiente, o setor de transporte aéreo é responsável atualmente por 2% das emissões globais de CO<sub>2</sub> e cresce a uma taxa de 5 a 10% a.a. podendo atingir 3% em 2030 (VELASQUEZ; KUBOTANI; GONZÁLEZ, 2012).

O mercado global de combustíveis para jato em 2011 foi de 5,3 milhões de barris por dia, com expectativa de alcançar 6,4 milhões de em 2020 e 7,5 milhões em 2030 (FAVELA, 2012). Se o consumo de combustível fóssil continuar a crescer nessa velocidade, em 2050, as emissões de CO<sub>2</sub> geradas pela aviação serão seis vezes maiores (FAPESP, 2013).

De acordo com a Agência Nacional de Aviação Civil, (BRASIL) 2013, a demanda doméstica do transporte aéreo de passageiros mais do que duplicou nos últimos dez anos, quando obteve alta de 133% entre os anos de 2006 e 2015 com crescimento médio de 9,8% ao ano, a vista disso, a demanda de querosene tende a aumentar cada vez mais e como o petróleo, que é a matéria prima para a fabricação do querosene, é uma fonte esgotável, começou-se a pensar em fontes energéticas alternativas que suprissem o uso do mesmo.

Muitos Países assinaram um acordo na 21<sup>o</sup> conferência das partes (COP21) da UNFCCC em 2015 em Paris com o objetivo central de fortalecer a resposta global a ameaça da mudança climática que pode ser catastrófica em um futuro não tão distante, O Brasil como país participante comprometeu-se a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005 até 2025 (BRASIL, 2015).

Com o comprometimento do Brasil em reduzir os níveis de emissão de dióxido de carbono, as companhias aéreas Brasileiras, que participam na emissão deste composto químico maléfico ao meio ambiente, passam a ter um grande desafio

pela frente buscando tecnologias para redução deste gás. Felizmente podemos perceber a movimentação das empresas aéreas em busca de soluções.

Durante a conferência RIO+20 em 2012, duas empresas aéreas Brasileiras fizeram voos demonstrativos usando biocombustíveis, a Azul linhas aéreas voou um EMBRAER E-195 utilizando um combustível renovável drop-in<sup>1</sup>, no mesmo dia a Gol linhas aéreas voou um Boeing 737-800 utilizando QAV misturado com biocombustível derivado de óleo de milho não comestível e óleo de cozinha usado, ambas empresas mostraram ao mundo neste dia o futuro da aviação comercial.

Estudos sobre biocombustíveis para aviação vem crescendo significativamente no Brasil, como por exemplo a criação da Aliança Brasileira para Biocombustíveis de Aviação (ABRABA) criada em 2010 pelas maiores companhias aéreas Brasileiras, a fabricante de aeronaves EMBRAER, a união da indústria de cana de açúcar (UNICA) e a Associação Brasileira dos Produtores de Pinhão Manso (ABPPM), a aliança tem como objetivo promover iniciativas públicas e privadas que busquem o desenvolvimento e a certificação de biocombustíveis sustentáveis para a aviação.

O Brasil atualmente é um exemplo para outros países na questão de estudos de energias renováveis e reconhecido internacionalmente por sua grande experiência no uso de biomassa para fins energéticos a partir de madeira, etanol de cana de açúcar e biodiesel. A bioenergia moderna representa cerca de 30% da matriz energética brasileira (CORTEZ et al., 2014).

Está experiência Brasileira em energias renováveis, facilita a introdução de biocombustíveis na aviação comercial Nacional, além dos benefícios para o meio ambiente o Brasil poderá se beneficiar economicamente tanto com a geração de milhares de empregos assim como a venda de matéria prima, já que o Brasil possui grande área territorial para plantação/produção destes biocombustíveis.

Segundo o gerente de relações externas da Embraer, Daniel Bassani durante uma audiência pública em dezembro de 2016 afirmou que o Brasil tem vantagens como; uma variedade muito grande de matérias-primas, o que permite várias soluções regionais.

Segundo o coordenador sênior de pesquisa de biocombustíveis da Boeing, Onofre Andrade, na mesma audiência pública relatou que a indústria da aviação ainda tem potencial para crescer e, para isso, terá de investir nessa alternativa sustentável. Ele ainda acrescenta “As opções que temos para a redução de emissões na indústria são poucas, e os biocombustíveis representam a melhor opção” (JUSBRASIL, 2017).

## 2 EMISSÃO DE CO<sub>2</sub> E BIOCOMBUSTÍVEIS NA AVIAÇÃO

Dióxido de carbono, também conhecido como gás carbônico é um composto químico constituído por dois átomos de oxigênio e um de carbono, é um gás essencial para a vida na terra, visto que é um dos compostos fundamentais para a realização da fotossíntese, sua liberação pode ocorrer por diversas maneiras, como, por exemplo, no processo de respiração dos seres humanos, queima de combustíveis fósseis (gasolina, diesel, querosene, carvão mineral, carvão vegetal), degradação de matéria orgânica, entre outros (BUENO et al., 1994).

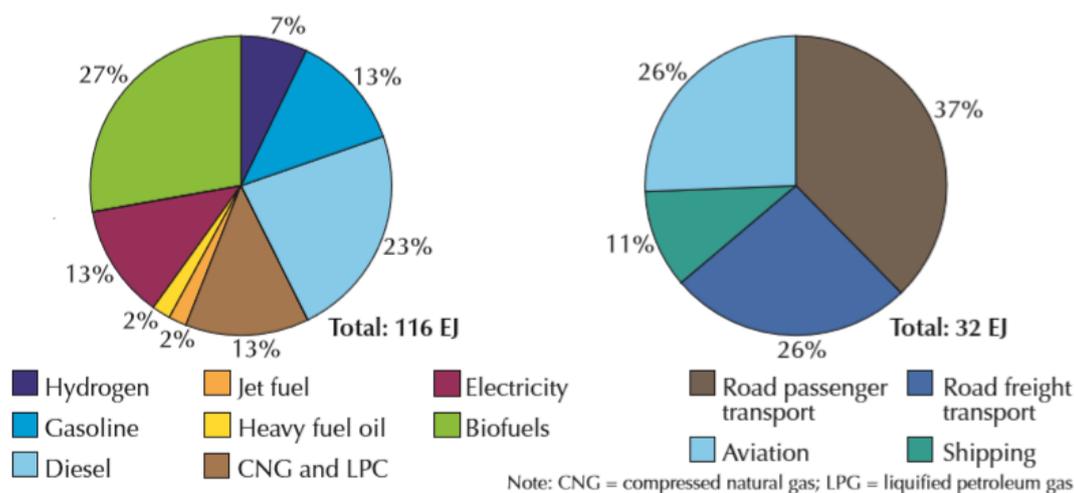
O aumento expressivo da utilização de combustíveis fósseis na indústria e nos transportes ao passar dos anos tem provocado um grande acréscimo de gás carbônico na atmosfera, como sabemos o CO<sub>2</sub> é um dos principais compostos químicos responsáveis pela intensificação do efeito estufa, o que tem preocupado o mundo inteiro. Segundo pesquisadores do Global Carbon Project as emissões de CO<sub>2</sub> crescerão cerca de 2,7% em 2018 atingindo 37,1 giga toneladas – um recorde na história da humanidade (EL PAÍS, 2018).

Tais preocupações a respeito das mudanças climáticas globais, assim como os altos preços e a incerteza da existência de petróleo no futuro, levaram a uma crescente demanda por tecnologias de energia renovável e processos mais eficientes de conversão de energia que reduzam a utilização de combustíveis fósseis.

A biomassa é uma das fontes para produção de energia com maior potencial de crescimento nos próximos anos. É considerada uma das principais alternativas para a diversificação da matriz energética e a consequente redução da dependência dos combustíveis fósseis (BRASIL, 2008).

A figura abaixo apresenta o estudo da IEA (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY) estimando que em 2050 os biocombustíveis podem representar 27% da demanda global de energia em transportes. Prevê-se que os biocombustíveis contribuam para todos os modos de transporte, mas o transporte rodoviário (63%) e aéreo (26%) devem ter a quota mais relevante (IEA, 2010).

<sup>3</sup> Biocombustíveis “drop-in”, são biocombustíveis que quando misturados com combustíveis para jatos convencionais até a proporção definida por uma especificação de combustível, pode usar a mesma infraestrutura de fornecimento e não exigem adaptação de aeronaves ou motores (FAPESP, 2013, p.19)



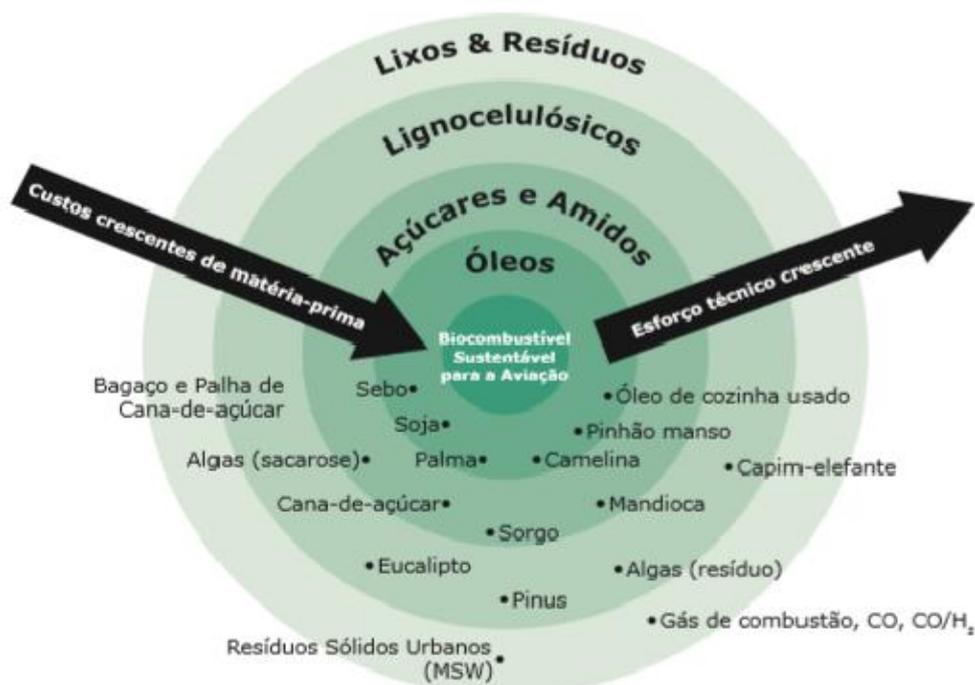
**Figura 1** - Uso global de energia no setor de transporte (à esquerda) e uso de biocombustíveis em diferentes modos de transporte (à direita) em 2050  
Fonte: (IEA, 2010, p.14)

A aviação como parte do grupo de emissores de dióxido de carbono, também está lutando para que haja diminuição nos índices de CO<sub>2</sub> na atmosfera, empresas aéreas associadas à International Air Transport Association (IATA) estão comprometidas em aperfeiçoar a eficiência na utilização de combustível em 1,5% por ano até 2020, não aumentar a emissão de CO<sub>2</sub> até 2020 e reduzir em 50% as emissões até 2050, comparativamente a 2005 (ATAG, 2009).

## 2.1 PRINCIPAIS ROTAS PARA PRODUÇÃO DE BioQAV

Segundo Cortez et al, (2014) um grande número de matérias-primas pode ser utilizado na produção de biocombustíveis para a aviação, no entanto, requisitos importantes como: capacidade de melhorar a produção, baixas emissões diretas e indiretas, alta eficiência no uso da terra, impactos sociais e econômicos positivos, baixo custo de refinamento e alto poder energético também precisam ser cumpridos. Abaixo estão listadas as principais matérias primas:

- Sacarose e amido (ex.: cana-de-açúcar, milho, sorgo doce)
- Óleo (ex: soja, jatrofa, camelina, algas)
- Fibra (ex: eucalipto, bagaço de cana)
- Resíduos industriais



**Figura 2** - Matérias-primas e sua posição relativa segundo custos e esforços técnicos para serem convertidas em biocombustível para a aviação.

Fonte: (FAPESP, 2013 p.33)

Para converter estas matérias primas, consideradas biomassa, em biocombustíveis para aviação, existem alguns processos industriais, que estão listados abaixo:

- Hydroprocessed esters and fatty acids (HEFA)

É baseado em triglicerídeos e ácidos graxos que se originam de óleos vegetais, algas e óleos microbianos e é aprovado para uma mistura de 50% pela American Society for Testing and Materials (ASTM). A demanda de hidrogênio para diferentes qualidades de matérias-primas varia, resultando em custo de conversão diferente para diversas matérias-primas como óleo de palma, gordura animal, camelina, jatrofa etc.

Neste processo após a remoção de oxigênio e saturação com hidrogênio, é necessário catalisar as moléculas com hidrogênio. O custo de investimento é baixo, mas o custo de matérias-primas pode representar 70% do custo total, e atualmente é muito alto para competir com o combustível de aviação convencional. No Processo HEFA, 1 Litro de óleo gera aproximadamente 1 Litro de Bioquerosene. Esse é o processo mais promissor no Brasil. (CORTEZ et al., 2014).

- Fischer Tropsch Synthetic Paraffinic Kerosene

O Fischer-Tropsch Synthetic Paraffinic Kerosene (*FT-SPK*) é um querosene parafínico sintético produzido a partir de uma matéria-prima proveniente da gaseificação, seguido de um processo de síntese por Fischer-Tropsch (KINDER; RAHMES, 2009).

A matéria-prima (carvão, gás natural ou biomassa) é gaseificada, e o monóxido de carbono e o hidrogênio produzidos são combinados para formar uma mistura de produtos no processo de síntese Fischer-Tropsch. Esses produtos são polimerizados ou tratados posteriormente pela reação com catalisador e hidrogênio, processos conhecidos como hidroprocessamento. O passo final é seu fracionamento para produzir um SPK com propriedades adequadas para ser utilizado em motores a reação.

- Hydrogenated Pyrolysis Oil Kerosene (HPO)

É baseado em óleos de pirólise da biomassa lignocelulósica. Os óleos de pirólise podem ser hidrotratados em instalações dedicadas ou coprocessados com óleos de petróleo em refinarias. Hoje, o óleo de pirólise está no limite da pesquisa em direção ao nível de demonstração. Espera-se que a modernização dos óleos de pirólise use a infraestrutura de refino existente, o que o tornaria mais competitivo do que o “Fischer tropsch”.

- Alcohol to jet (ATJ)

Neste tipo de refinamento os hidrocarbonetos são produzidos a partir de álcoois. É tecnicamente viável, mas, começando com um produto comercial, o preço final é alto. A hidrólise de materiais celulósicos da cana-de-açúcar e outras culturas ou resíduos pode melhorar a economia, bem como outros processos de conversão de resíduos em álcoois. (AIREG, 2018).

### 3 VIABILIDADE DE BIOCMBUSTÍVEIS NA AVIAÇÃO BRASILEIRA

Em comparação com biocombustíveis convencionais, aqueles utilizados em automóveis, os empregados na aviação encaram condições mais desafiadoras, especialmente devido aos altos requisitos de padrões de qualidade que são de grandíssima importância, no entanto, tais exigências não estão a limitar o uso destes.

Os requisitos técnicos para biocombustíveis de aviação devem assegurar tais características: alta densidade energética, resistir a uma série de condições operacionais, volatilidade adequada, baixo ponto de congelamento, não conter água em solução, quimicamente estável, apresentar baixa corrosividade e claro substituir diretamente o combustível tradicional (ATAG, 2009).

Para atingir uma viabilidade técnica efetiva e condições adequadas para fomentar um mercado internacional, os biocombustíveis de aviação terão que apresentar bons indicadores de sustentabilidade ambiental e alcançar níveis mínimos de competitividade econômica. Com relação aos aspectos de sustentabilidade, reconhece-se que “nem toda bioenergia é energia sustentável” (MCFARLANE, 2015). O principal desafio dos pesquisadores é achar uma forma de produção de matéria prima em alta escala sem que isso afete a produção de alimentos, o meio ambiente e a biodiversidade.

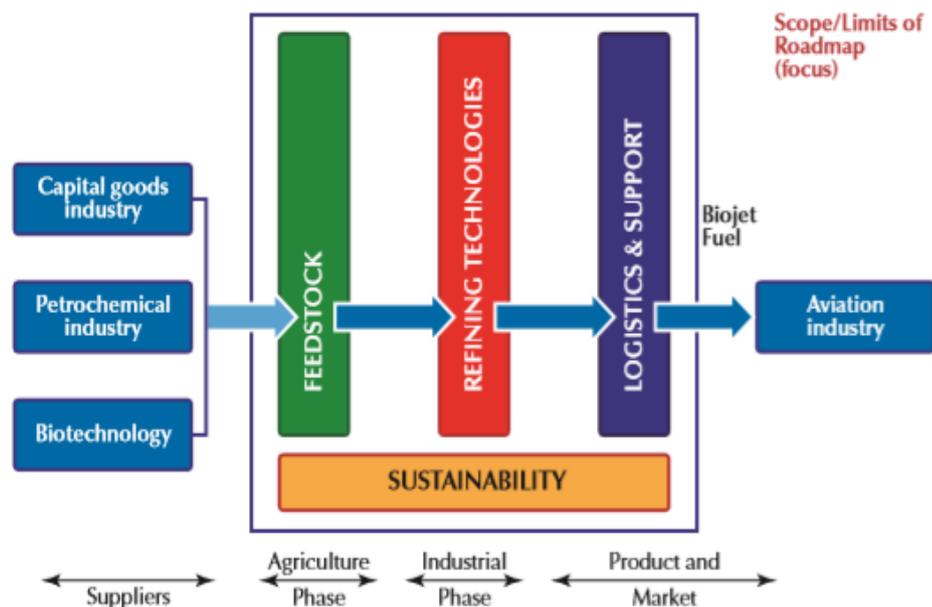
Segundo Mcfarlane (2015), o setor de aviação precisa priorizar biocombustíveis de segunda e terceira geração que atendam a rigorosos critérios de sustentabilidade. Ele acrescentou: "Não reinvente a roda - use os critérios de sustentabilidade já desenvolvidos" p.13. A América Latina em especial o Brasil tem um potencial enorme para ser referência mundial em produção de bioquerosene – BioQAV, já que apresenta geografia favorável, está localizado em uma região tropical, com altas taxas de luminosidade e temperaturas médias anuais.

Associada a disponibilidade hídrica e regularidade de chuvas, torna-se o País com maior potencial para produção de energia renovável. Segundo Maria Isaura Pereira de Oliveira e Napoleão Esberard de Macedo Beltrão (2008), pesquisadores da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) mostram em seu artigo: Oleaginosas e seus Óleos: Vantagens e Desvantagens para Produção de Biodiesel, que o potencial brasileiro para produção de biocombustíveis se expande para o nordeste, onde, além da cana-de-açúcar, é possível cultivar mamona, amendoim, gergelim, babaçu, entre outras oleaginosas.

Outro grande desafio da introdução de biocombustíveis na aviação é tornar-se competitivo. Além da questão do custo, existe a necessidade de maior oferta. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) criou um projeto “biocombustíveis sustentáveis para a aviação no Brasil” que possui como principal meta, criar uma base para o

estabelecimento de uma indústria de biocombustíveis para aviação Nacional e assim ajudar a identificar lacunas científicas e tecnológicas nesta área, com a identificação das barreiras em relação a produção e desenvolvimento tecnológico para produzir em larga escala, será possível reduzir o preço final deste produto e assim competir igualmente com o querosene fóssil, desenvolvendo uma nova era energética no Brasil e no mundo.

A figura abaixo mostra os principais componentes deste trabalho, são estes: matéria-prima, tecnologias de refino e logística, incluindo a sustentabilidade como base do processo, por ser considerada uma questão crítica e por ser o foco principal da introdução de uma indústria bioenergética que forneça biocombustíveis de qualidade para a aviação Nacional.



**Figura 3** - Limites, componentes e principais fornecedores de biocombustíveis para a indústria da aviação

Fonte: (CORTEZ et al., 2014, p. 33)

A perspectiva de introduzir biocombustíveis na aviação Brasileira, gera oportunidades para a nova bioindústria que surgirá para responder os requisitos da indústria da aviação. A infraestrutura, produção e logística existente de energia renovável no Brasil é praticamente para produção e comercialização de etanol de cana-de-açúcar e biodiesel de diferentes fontes, principalmente, soja, banha e outras sementes oleaginosas (CORTEZ et al., 2014).

O desafio da implementação de BioQAV no Brasil envolve uma série de novas medidas para desenvolvimento de tecnologias, implementação de logística, disponibilidade de recursos financeiros e esforços de pesquisa constante e de longo prazo para melhorar continuamente os níveis econômicos e de qualidade dos biocombustíveis para aviação.

Embora seja notável o potencial Brasileiro em questões como: matéria prima, mão de obra e tecnologia, isso provavelmente é insuficiente, considerando a grandeza dos problemas envolvendo este combustível renovável para aviação, ou seja, será necessário muito investimento para que o Brasil consiga implementar esta nova era de biocombustíveis na aviação Nacional, segundo o senador Fernando Bezerra Coelho (PSB-PE) em uma comissão no Senado Federal em 2016, o mesmo advertiu para a urgência que a questão envolve. Para ele, o Brasil deve encarar essas metas como oportunidade, relatando “Ou o Brasil adota as medidas que precisam ser adotadas para fomentar biocombustível ou nós vamos comprar essa tecnologia em algum outro lugar” (JUSBRASIL, 2017).

#### 4 SUSTENTABILIDADE X EFICIÊNCIA

Historicamente, ganhos significativos na eficiência dos combustíveis tem sido alcançados por melhorias operacionais como: maiores fatores de carga, utilização de aeronaves maiores e por progressos técnicos como: motores mais eficientes, aerodinâmica mais desenvolvida e fuselagens mais leves, no entanto mesmo com estas melhorias de eficiência significativas, prevê-se que as emissões de CO<sub>2</sub> causadas pela aviação mais que triplicarão até 2050 (COMMISSION, 2011).

A sustentabilidade dos biocombustíveis se dá principalmente pelo fato de eles serem utilizados como uma fonte renovável através da queima da biomassa a partir de produtos agrícolas, como cana-de-açúcar, mamona, soja, canola, babaçu, mandioca, milho, beterraba ou algas. Além de ser menos poluente, os BioQAV significam a possibilidade de reaproveitamento de resíduos cuja energia já é usada pelo próprio ecossistema para a sua manutenção.

Mesmo causando uma quantidade muito menor de impactos ambientais em comparação com os combustíveis fósseis, o emprego desta fonte energética renovável, em larga escala também é capaz de criar impactos negativos ao meio ambiente devido à má utilização da terra para o plantio de matérias primas, por isso todo processo de produção precisa ser regulamentado e utilizado de forma sustentável.

Pontos a serem considerados na sustentabilidade envolvem: eficiência no uso da terra, promoção do desenvolvimento rural regional, baixo uso de água, dano zero à qualidade do ar, manutenção ou melhoria da fertilidade do solo, falta de disputa com biodiversidade, segurança alimentar e progresso social positivo. Alguns especialistas simplesmente resumem os aspectos de sustentabilidade a serem considerados na produção de biocombustíveis em três aspectos: ambiental, social e econômico (CORTEZ et al., 2014).

- Aspecto ambiental: Produzir biocombustíveis para aviação de maneira ambientalmente sustentável, observando todas as fazes de produção do mesmo.
- Aspecto social: Gerar impacto positivo no desenvolvimento regional rural, onde as matérias primas são produzidas.
- Aspecto econômico: Reduzir ao máximo os custos de produção, mantendo a qualidade e os requisitos mencionados anteriormente, para então competir com o combustível de origem fóssil.

De acordo com a USP (2013), para diminuir os danos da atividade aérea é necessária a utilização de biocombustíveis drop-in, produzidos a partir de biomassas sustentáveis. Este tipo de combustível renovável não contribui para o desflorestamento, exibindo um balanço positivo de emissão de CO<sub>2</sub> em comparação com combustíveis fósseis.

Segundo Cortez et al (2014), o setor de aviação provavelmente exigirá uma certificação de sustentabilidade para a produção de biocombustíveis, incluindo a produção de matérias-primas, com o objetivo de garantir que tais combustíveis sejam produzidos em conformidade com os requisitos ambientais e sociais determinados por um processo com múltiplas partes interessadas. Estas certificações de sustentabilidade estão focadas principalmente na redução de emissão de gases do efeito estufa (GEE), impactos ambientais como; (distribuição hídrica e biodiversidade) e minimização de impactos socioeconômicos.

#### 4.1 RESOLUÇÕES ANP

No Brasil a agência que regula a comercialização e produção de combustíveis para aviação é a Agência Nacional do Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis (ANP), particularmente pela resolução número 37/2009. As especificações Brasileiras estão alinhadas com os requisitos da American Society for Testing and Materials (ASTM), que é um órgão estadunidense de normalização, que desenvolve e publica normas técnicas para uma ampla gama de matérias, produtos, sistemas e serviços.

Atendendo às normas internacionais de uso de biocombustíveis de aviação, no Brasil atualmente o mesmo, pode ser utilizado voluntariamente em mistura, preestabelecida, com o querosene de aviação fóssil, porém já existem projetos para que essa mistura seja obrigatória para voos nacionais, seguindo os parâmetros e percentuais estabelecidos em resoluções da ANP, o que ajudaria muito o desenvolvimento e implementação de biocombustíveis na aviação nacional.

Atualmente, a ASTM utiliza critérios rigorosos para a aprovação de misturas de biocombustíveis com o querosene de aviação (QAV) de origem fóssil. Estes critérios buscam assegurar a qualidade do combustível antes e após a mistura com o BioQAV, para que não seja necessária nenhuma alteração nos equipamentos e sejam atendidos os mesmos parâmetros de segurança e eficiência durante a utilização em aeronaves comerciais de grande porte (ANP, 2014).

A resolução ANP 63/2014, explica algumas especificações a respeito da mistura e uso de BioQAV. Os querosenes de aviação alternativos abrangidos por esta resolução são o Querosene Parafínico Sintetizado por Fischer-Tropsch (SPK-FT), Querosene Parafínico Sintetizado por Ácidos Graxos e Ésteres Hidroprocessados (SPK-HEFA) e Iso-Parafinas Sintetizadas (SIP). Segundo a ANP (2014), o Querosene de Aviação Alternativo poderá ser adicionado ao Querosene de Aviação (QAV-1) para o consumo em motores de aeronaves nas seguintes condições:

I - até o limite máximo de cinquenta por cento em volume no caso do SPK- FT e SPK-HEFA.

II - até o limite máximo de dez por cento no caso do SIP.

III - Fica proibida a adição de mais de um tipo de Querosene de Aviação Alternativo ao Querosene de Aviação (QAV-1).

A ANP realizou no dia seis de fevereiro de 2018 no Rio de Janeiro uma reunião para tratar de algumas mudanças nas regras sobre bioquerosene e querosene fóssil de aviação. Conforme o diretor da ANP Aurélio Amaral, o propósito da Agência é revisar as Resoluções ANP nº 37/2009 e 63/2014, que cuidam das especificações e regras de controle da qualidade do querosene de aviação fóssil e alternativo, como o bioquerosene, de forma a padronizá-las ao movimento mundial de redução das metas de emissões de dióxido de carbono (ANP, 2018).

A partir das recentes revisões feitas a respeito da especificação internacional de biocombustíveis, junto com a inclusão de dois novos BioQAV no rol de querosenes alternativos possíveis de serem misturados ao querosene fóssil, aumenta a possibilidade de investimentos, indo ao encontro do RenovaBio, programa do Governo Federal de incentivo ao uso de biocombustíveis na matriz energética brasileira, instituída pela lei nº 13.576/2017, que possui como principais objetivos:

– Apresentar uma importante contribuição para o cumprimento dos tratados definidos pelo Brasil no âmbito do Acordo de Paris.

– Impulsionar a apropriada expansão dos biocombustíveis na matriz energética, com foco na regularidade do abastecimento de combustíveis.

– Estudar o futuro do mercado de combustíveis, induzindo ganhos de eficiência energética e de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa, comercialização e uso de biocombustíveis.

Segundo Pedro Scorza diretor de biocombustíveis para aviação, da União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene (UBRABIO), o RenovaBio vem como um degrau viabilizador para a indústria Brasileira de bioquerosene com expectativa de

uma modelagem de normas e políticas viabilizadoras, que possibilitam a mudança de patamar tecnológico para uma escala industrial, suficiente para atingir os ganhos de otimização de custos e aumento de tamanho de mercado necessários (CEISE, 2017).

#### 4.2 VOOS DEMONSTRATIVOS

Em 1982 o então chamado “querosene vegetal”, conhecido como prosene, para aviões a jato, após alguns testes de qualidade, foi considerado apto e assim teve início aos testes em motores em bancada no Centro Técnico Aeroespacial (CTA) em São José dos Campos. No dia 23 de outubro de 1983, Dia do Aviador, um turbo-hélice “Bandeirante”, abastecido com o prosene, decolou de São José dos Campos e sobrevoou Brasília, comprovando pioneiramente a possibilidade de utilizar biocombustíveis em modernos propulsores (KHALED et al., 2010).

Testes muito rigorosos realizados tanto no ar quanto no solo tem mostrado que os biocombustíveis são capazes de oferecer desempenho igual ou até melhor que o combustível fóssil atual. Estudos mostram que biocombustíveis sustentáveis para a aviação emitem ao longo de seu ciclo de vida uma quantidade menor de carbono, de 50% a 80% inferior, do que o combustível de aviação fóssil.

Internacionalmente, muitas companhias aéreas tem demonstrado voos utilizando biocombustíveis principalmente a partir de 2009, no Brasil no que diz respeito a testes, em abril de 2010 a TAM anunciou que ainda naquele ano pretendia fazer o primeiro voo na América Latina com BioQAV, produto obtido através de óleo de pinhão manso em mistura de 50% com o QAV 1. A empresa não apresentou valores sobre o custo dessa iniciativa, porém conseguiu avaliar os benefícios na questão de sustentabilidade, mostrando que o pinhão manso emite entre 65% e 80% menos gases de efeito estufa do que o querosene convencional, este foi o primeiro passo, porém sua adoção em grande escala levará mais tempo (BIODIESELBR, 2010).

Recentemente a Qantas airlines fez o primeiro voo transatlântico abastecido com biocombustível, o voo teve duração de 15 horas e carregava 24 toneladas de biocombustível combinado - isso deve levar a uma redução de 18 toneladas da emissão de carbono do Boeing 787-9 Dreamliner, aeronave responsável pelo trajeto. O novo combustível pode levar, de acordo com companhia, uma redução de até 80% das emissões de carbono em comparação com o combustível atual utilizado para jatos comerciais e baseado no petróleo.

Voando a 40.000ft no deserto da Califórnia em 2013, pesquisadores da NASA subiram ao céu com um DC-8 e outras aeronaves, para estudar os efeitos das emissões de gases poluentes durante a queima de combustíveis alternativos em motores a reação. A missão conhecida como ACCESS II, utilizou a mistura de 50-50 de jp-8, que é um combustível convencional, com um combustível alternativo feito a partir de óleo de camelina.

As pesquisas comprovaram redução de 52% nas emissões de fuligem contendo partículas de CO<sub>2</sub>, comparando com a queima do jp-8 puro, a partir deste teste foi comprovado que biocombustíveis para aviação são realmente mais sustentáveis e se utilizado mundialmente, será possível cumprir as metas de redução de emissão de dióxido de carbono.



**Figura 4** - Consumo e produção de combustível de aviação no Brasil

Fonte: (FAPESP 2013, p.34)

Como dito anteriormente, o petróleo que é a matéria prima para fabricação de querosene, é uma fonte esgotável, e como podemos ver no gráfico acima a tendência de aumento da necessidade supera a produção brasileira e em um futuro não tão distante a competição por petróleo será muito alta e isso causará um aumento no preço do barril de petróleo, o que impacta diretamente na economia das empresas aéreas.

Por mais que se tenha dados positivos comprovando, a qualidade, segurança e sustentabilidade dos biocombustíveis, ainda existem algumas barreiras, para que haja a implementação 100% desta energia renovável, um delas é o fator econômico que por enquanto perde para o querosene convencional, porém tecnologias e necessidades do futuro tendem a inverter estes dados.

## 5 AÇÕES VIABILIZADORAS

Assim como outras tecnologias inovadoras, o desenvolvimento de BioQAV depende fortemente de mecanismos de apoio à pesquisa e políticas públicas apropriadas para que o Brasil se insira o quanto antes (e de forma planejada), nas cadeias de valores globais de bioquerosene, eliminando a médio e longo prazo, a necessidade de importação de querosene de aviação e criando a possibilidade de exportação do novo combustível e/ou biomassa sustentável. (CORTEZ et al., 2014).

Políticas públicas são de extrema importância para otimizar a tecnologia agroindustrial de biocombustíveis para aviação, será necessário implementar também, medidas regulatórias e financeiras para apoiar a produção e o uso do mesmo. Tais políticas públicas também deveriam incentivar pequenos agricultores e/ou comunidades locais para a produção de matéria prima fazendo com que estes também possam se beneficiar desta nova indústria (FAPESP, 2013).

Segundo o artigo publicado pelo Ministério do Meio Ambiente, “Combustíveis Sustentáveis de Aviação (SAFs) Bioquerosene”. Brasil (2017), algumas ações contribuiriam para a implementação de biocombustíveis na aviação nacional, como:

- Tributação diferenciada sobre a cadeia produtiva.

Com o objetivo de incentivar o desenvolvimento das diversas cadeias produtivas que geram os combustíveis sustentáveis de aviação, a atribuição de faixa tributária diferenciada a Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) existente e a diferenciação de carga tributária para o combustível renovável, que aumentariam a competitividade com o combustível de origem fóssil, se fazem necessárias.

- Pesquisa e desenvolvimento

Linhas de financiamento para entidades públicas e privadas com o objetivo de desenvolver, adequar, incrementar e homologar tecnologias pertinentes para o desenvolvimento e a implementação dos combustíveis sustentáveis na aviação comercial brasileira de forma planejada, rentável, tornado este produto atrativo para as empresas aéreas.

- Logística de distribuição e armazenamento

Trabalho conjunto entre todos os agentes da cadeia de produção e comercialização e o regulador que no Brasil é a ANP, com o objetivo principal de elaborar um esquema de produção, distribuição e armazenamento que otimize o produto tornando-o economicamente atraente.

A troca do petróleo na aviação representa um nicho muito importante para biocombustíveis sustentáveis. O Brasil tem a grande oportunidade de se tornar um exemplo global nessa área. Existem importantes desafios a serem superados para criar a base dessa nova indústria emergente. O Brasil não pode perder essa oportunidade (FAPESP, 2013).

Infelizmente, nos dias de hoje o Brasil por mais que tenha todas as ferramentas para ser um país líder no movimento de substituição do combustível fóssil por combustível renovável, se encontra parado e atrás de países da Europa e América do Norte em questão de tecnologia e uso destes combustíveis. A principal barreira apresentada pelo setor aéreo brasileiro é o preço. Atualmente o QAV 1 responde por 28,8% dos custos das companhias, segundo a Associação Brasileira das Empresas Aéreas (ABEAR).

A produção Brasileira e fornecimento contínuos de querosene sustentável é quase inexistente, o que gera preços elevados. O problema é considerado “mercadológico” o preço final do BioQAV não é competitivo já que a diferença de preço chega a 25%. Segundo o presidente da Ubrabrio, Pedro Scorza, as companhias aéreas são muito sensíveis ao custo. Qualquer variação de preço pode impactar os resultados das empresas e por isso não vão aceitar um custo diferente do combustível fóssil.

Segundo Amanda Gondim coordenadora da rede Brasileira de bioquerosene de aviação (RBQAV), em uma resposta a reportagem realizada pela Gazeta do Povo afirmou: "Ainda temos poucos pesquisadores em bioquerosene. Estamos tentando incentivar a entrada de novos pesquisadores porque na hora que a coisa começar para valer, vão aparecer os gargalos técnicos".

Devido à situação econômica, o País não tem condições de promover subsídios específicos para o mercado de bioquerosene. Para acelerar este processo sem subsídios o governo lançou em 2017, como dito anteriormente no artigo, o RenovaBio que é um programa que visa a expandir a produção de biocombustíveis por meio de metas anuais de redução dos gases do efeito estufa. Essas metas serão quantificadas pelas CBIOS, que são unidades de Créditos de Descarbonização, e as distribuidoras de combustíveis fósseis deverão adquiri-las para bater os objetivos. (RIBEIRO, 2019).

A produção e uso de biocombustíveis engloba necessariamente vários ministérios, Como: (Agricultura, Energia, Meio Ambiente, Ciência, Tecnologia, Inovação, comunicação e Defesa.) O BioQAV certamente inclui outros grupos de agências e

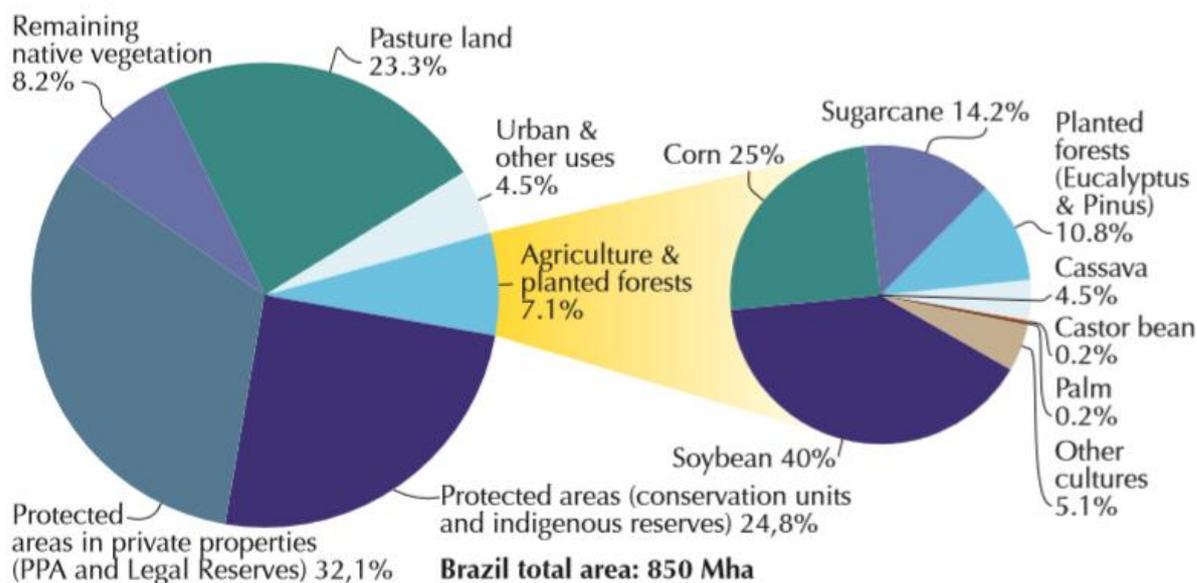
questões, sendo assim, todas as partes interessadas e tomadores de decisões deveriam ser incluídos na discussão e avaliação de alternativas e metas para o futuro, visando criar uma indústria nacional voltada a energias renováveis com uma base forte e promissora.

## 6 OPORTUNIDADE BRASILEIRA

O Brasil tem uma combinação única de disponibilidade significativa de terras já desmatadas para a agricultura, um setor agrícola dinâmico apresentando forte crescimento de produtividade, Essa notável combinação coloca o Brasil, em uma perspectiva de oferta de matéria-prima, em uma ótima posição, se as políticas forem implementadas, para desenvolver um programa de biocombustível para a aviação em conformidade com os princípios de responsabilidade e requisitos de sustentabilidade o Brasil poderá se beneficiar muito economicamente através da exportação de matéria prima e até mesmo o próprio BioQAV. (CORTEZ et al., 2014).

A imagem abaixo pode nos mostrar o potencial Brasileiro para expandir a plantação de matéria prima para produção de bioquerosene e outro combustíveis renováveis sem prejudicar a plantação de alimentos e áreas de proteção ambiental, o que pode ser muito difícil para outros países, visto o tamanho e localização territorial destes.

Como dito anteriormente no artigo, a grande área territorial Brasileira não é motivo para descartar a fiscalização e regulamentação durante toda a fase de produção dos biocombustíveis, incluído a fase de plantação, para assim garantir a sustentabilidade, que é o objetivo principal da implementação de combustíveis renováveis na aviação.



**Figura 5** - Uso da terra e área plantada com algumas matérias-primas de biocombustível no Brasil e potencial de expansão.

Fonte: (CORTEZ et al., 2014, p.55)

Como se vê, o Brasil tem experiência, capacidade e diversidade biológica inigualável para se destacar na nascente bioeconomia. Requer apenas que a infraestrutura de pesquisa e inovação, o ambiente regulatório e os investimentos privados sejam estimulados para que o país alcance o papel de destaque que lhe cabe, ser o maior produtor e exportador de biocombustíveis em nível mundial (LOPES, 2014).

Outro ponto positivo a respeito dos biocombustíveis é o desenvolvimento da bioindústria e conseqüentemente a economia Brasileira. De acordo com um levantamento da International Renewable Energy Agency (IRENA) os combustíveis alterativos, ocupam a segunda posição no ranking de energias sustentáveis que mais empregam no mundo. Segundo a IRENA o Brasil é o país que mais proporciona empregos na indústria mundial de biocombustíveis, com 783 mil vagas geradas em 2016 (IRENA, 2017).

Segundo Santos (2013), as vantagens econômicas geradas pelos biocombustíveis são particularmente perceptíveis no nível regional da economia. A ampliação dos biocombustíveis apresentou-se como uma importante política de desenvolvimento regional e setorial, sendo observada no aumento do PIB e do nível de emprego da maioria dos estados das regiões Norte e Nordeste, especialmente nos setores agrícolas. “Em outras palavras, a política dos biocombustíveis tem impacto positivo na criação de empregos no campo”, desenvolvendo assim as regiões mais carentes de nosso país.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dada a projeção de crescimento do setor aéreo, junto com as metas impostas de redução de emissão de dióxido de carbono e a volatilidade dos preços do petróleo, pode-se concluir que a utilização de biocombustível na aviação, é a melhor opção para o futuro. Podemos observar em estudos apresentados no artigo, que os combustíveis aeronáuticos renováveis podem reduzir a emissão de gases de efeito estufa em até 80%.

A partir do que fora analisado e discutido, observou-se que o Brasil é referência mundial em energias renováveis, devido a sua experiência e capacidade de produção de fontes energéticas “limpas”. Com a crescente busca da indústria mundial da aviação por soluções que possam reduzir a emissão de dióxido de carbono o artigo mostra a grande oportunidade socioeconômica que o Brasil possui.

A produção de biocombustíveis ambientalmente sustentáveis é uma tarefa árdua pois adquirir a sustentabilidade vai além de uma qualificação social, é um processo que depende de critérios Internacionais, Nacionais e Regionais, porém, adequar-se a esses critérios é extremamente importante. O termo sustentabilidade apresenta um peso de valor para a sociedade e agrega apelo ao produto comercializado.

Além dos benefícios de sustentabilidade, a implementação de biocombustíveis na aviação comercial Brasileira, pode desenvolver economicamente cidades com potencial de produção de matéria prima, criando diversos empregos na área e lucrando com a venda dos mesmos. O Brasil possuindo grande área territorial poderá ser o maior produtor e fornecedor desta energia renovável que é considerada a energia do Futuro.

Como dissertado no artigo, para que o Brasil realmente implemente BioQAV no setor aéreo, será necessário investimentos por parte do governo, através de políticas públicas, para que se desenvolva tecnologias de refino, logística de distribuição e produção em larga escala. As tecnologias de refino identificadas como promissoras para atender o desenvolvimento do novo paradigma, exigem um longo prazo até possuir um “preço” oportuno para produção em grande escala e competir igualmente em questão econômica com o combustível fóssil.

Novas pesquisas são necessárias para tornar o processo viável economicamente, além de um maior interesse por parte do governo e empresas. Acredita-se que, após resolvidos os obstáculos iniciais e os problemas identificados, os biocombustíveis tem grande potencial de serem introduzidos gradativamente no mercado. Entende-se que não há como se afirmar se existe um único tipo de biocombustível viável. Todos podem ser viáveis, dependendo da região de cultivo e da correta integração entre todos os fatores científicos, tecnológicos, sociais, ambientais e econômicos.

## REFERÊNCIAS

- AIREG (Alemanha). **CLIMATE PROTECTION AND SUSTENTABILITY**. 2018. TRADUÇÃO NOSSA. Disponível em: <<http://aireg.de/en/home-en/>>. Acesso em: 26 maio 2019.
- ANP. **ANP N° 63/2014: RESOLUÇÃO ANP N° 63, DE 5.12.2014**. São Paulo: Anp, 2014. 8 p. Disponível em: <[http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg%2Fresolucoes\\_anp%2F2014%2Fdezembro%2Ffranp%2063%20-%202014.xml](http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg%2Fresolucoes_anp%2F2014%2Fdezembro%2Ffranp%2063%20-%202014.xml)>. Acesso em: 06 abr. 2019.
- ANP. Anp (Org.). **ANP debate mudanças nas regras de combustíveis de aviação**. 2018. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/noticias/4300-anp-debate-mudancas-nas-regras-de-combustiveis-de-aviacao>>. Acesso em: 23 abr. 2019.
- ATAG (Montreal). **Beginner’s guide to aviation biofuels**. 2009. TRADUÇÃO NOSSA. Disponível em: <<https://www.atag.org/>>. Acesso em: 11 abr. 2019.
- BELTRÃO, Napoleão Esberard de Macêdo; OLIVEIRA, Maria Isaura Pereira de. **Oleaginosas e seus Óleos: Vantagens e Desvantagens para Produção de Biodiesel**. Campina Grande: Embrapa, 2008. 30 p. (DOCUMENTOS 201). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/276836/1/DOC201.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2019.
- BIODISELBR (Org.). **Voo experimental da TAM com Bioquerosene é bem sucedido**. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/noticias/em-foco/voo-experimental-tam-bioquerosene-bem-sucedido-231110>>. Acesso em: 23 nov. 2010.
- BUENO, Marco A. F., HELENE, Maria Elisa Marcondes, NUNES, Edelci, GUIMARAES, Regina, PACHECO, Maria Raquel. **POLUENTES ATMOSFÉRICOS**. [s.i]: Scipione, 1994. 63 p. (PONTO DE APOIO).
- BRASIL, Agência Nacional de Aviação Civil (Df). **Brazil’s Action Plan on the reduction of Greenhouse Gas Emissions from aviation**. Brasília: Anac, 2013. 43 p. Disponível em: <[http://www.anac.gov.br/publicacoes/brazil\\_actionplan.pdf](http://www.anac.gov.br/publicacoes/brazil_actionplan.pdf)>. Acesso em: 01 jun. 2019.
- BRASIL. Aneel. Agência Nacional de Energia Elétrica (Org.). **ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL**. 3. ed. Brasília: Tda, 2008. 236 p.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente (Org.). **ACORDO DE PARIS**. [2015]. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acesso em: 16 abr. 2019.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente (Org.). **Combustíveis Sustentáveis de Aviação (SAFs) Bioquerosene**. 26. ed. Brasília: MMA, 2017. 10 p. 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;jsessionid=80DD49E2B66A6D0FC56ECF8C527F12AA.srv154>>. Acesso em: 25 maio 2019.
- CGEE, (Brasília). Centro de gestão e estudos estratégicos, **Biocombustíveis aeronáuticos: Progressos e desafios**. 8. ed. Brasília: CGEE, 2010. 55 p. (DOCUMENTOS TÉCNICOS).
- CEISE. **Combustível renovável ganha espaço na aviação nacional**. 2017. Disponível em: <<http://www.ceisebr.com/conteudo/combustivel-renovavel-ganha-espaco-na-aviacao-nacional-qqtqkn.html>>. Acesso em: 01 jun. 2019.
- COMMISSION, European. **2 million tons per year: a performing biofuels supply chain for EU aviation**. Brussels: Ec, 2011. 37 p. Disponível em: <[https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/20130911\\_a\\_performing\\_biofuels\\_supply\\_chain.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/20130911_a_performing_biofuels_supply_chain.pdf)>. Acesso em: 05 maio 2019.
- CORTEZ, Luis Augusto Barbosa, NIGRO, Francisco Emílio Baccaro, NASSAR, André M., CANTARELLA, Heitor, NOGUEIRA, Luiz Augusto horta, LEAL, Rodrigo Lima Verde, FRANCO, Telma Teixeira, **ROADMAP FOR SUSTAINABLE AVIATION BIOFUELS FOR BRAZIL: A Flightpath to Aviation Biofuels in Brazil**. São Paulo: Edgard Blücher, 2014. 272 p. TRADUÇÃO NOSSA.
- EL PAÍS. **EMISSÕES GLOBAIS DE CO2 CRECEM E BATEM NOVO RECORDE: O dióxido de carbono procedente dos combustíveis e da indústria aumentou 2,7% este ano**. [Madri]: El País, 05 dez. 2018. Disponível em:<[https://brasil.elpais.com/brasil/2018/12/05/internacional/1544012893\\_919349.html](https://brasil.elpais.com/brasil/2018/12/05/internacional/1544012893_919349.html)>. Acesso em: 06 abr. 2019.
- FAPESP (São Paulo) (Ed.). **PLANO DE VOO PARA BIOCMBUSTÍVEIS DE AVIAÇÃO NO BRASIL: PLANO DE AÇÃ**. 5. ed. São Paulo: Fapesp, 2013. 60 p. Disponível em: <file:///C:/Users/jovfr/Desktop/plano-de-voo-biocombustiveis-brasil-pt.pdf>. Acesso em: 09 maio 2019.
- FAVELA. **International Market – Production and Demand for Aviation Fuels**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE COMBUSTÍVEIS DE AVIAÇÃO, 6. 2012, Rio de Janeiro. Proceedings.... Rio de Janeiro: Anp, 2012. p. 1 - 13. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=60724>>. Acesso em: 23 abr. 2019.
- IATA (Montreal). Iata (Org.). **IATA Guidance Material for Sustainable Aviation Fuel Management**. 2. ed. Geneva: Iata, 2015. 37 p. TRADUÇÃO NOSSA. Disponível em: <<https://www.iata.org/whatwedo/environment/Documents/IATA%20Guidance%20Material%20for%20SAF.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2019.
- IEA (París) (Org.) ... **Technology roadmap: biofuels for transport**. França: International Energy Agency, 2010. 56 p. Disponível em: <<https://www.iea.org/publications/freepublications/>>. Acesso em: 28 maio 2019.
- IRENA (Org.). **Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2017**. Masdar City: International Renewable Energy Agency, 2017. 24 p. TRADUÇÃO NOSSA.
- JUSBRASIL. **Brasil precisa investir em bioquerosene para aviação, dizem especialistas**. [2017]. Disponível em: <<https://cd.jusbrasil.com.br/noticias/413375649/brasil-precisa-investir-em-bioquerosene-para-aviacao-dizem-especialistas>>. Acesso em: 25 abr. 2019.
- KINDER, James D.; RAHMES, Timothy. **Evaluation of Bio-Derived Synthetic Paraffinic Kerosenes (Bio-SPK)**. [s.i]: Safug, 2009. 16 p. (Sustainable Biofuels Research & Technology Program). TRADUÇÃO NOSSA. Disponível em: <<http://www.safug.org/assets/docs/biofuel-testing-summary.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2019.
- LOPES, Maurício Antônio (Org.). **O FUTURO É BIO**. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/3428325/o-futuro-e-bio>>. Acesso em: 16 abr. 2019.
- MCFARLANE. **Toward sustainable aviation fuels**. 2015. TRADUÇÃO NOSSA. Disponível em:<[https://www.climatesolutions.org/sites/default/files/uploads/toward\\_sustainable\\_aviation\\_fuels\\_report-web.pdf](https://www.climatesolutions.org/sites/default/files/uploads/toward_sustainable_aviation_fuels_report-web.pdf)>. Acesso em: 6 abr. 2019.
- RIBEIRO, Gustavo. **Brasil é apenas um espectador no avanço dos biocombustíveis para aviões**. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/noticias/biocombustivel/bioqav/brasil-e-apanas-um-espectador-no-avanco-dos-biocombustiveis-para-avioes-280319>>. Acesso em: 06 maio 2019.
- USP (Brasil). **Biocombustíveis para aviação**. 2013. Disponível em: <Biocombustíveis para aviação>. Acesso em: 9 maio 2019.
- VELÁZQUEZ, Ramón Stortini González; KUBOTANI, Rafael Toshimi; VELÁZQUEZ, Sílvia Maria Stortini González. **NOVOS COMBUSTÍVEIS PARA A AVIAÇÃO: UM ESTUDO DE CASO**. 2012. 93 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Upm, São Paulo, 2012. Disponível em: <file:///C:/Users/jovfr/Desktop/4269-20895-1-PB.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- ....