



A SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS DE AVIAÇÃO NO BRASIL

DOI:10.19177/rgsa.v7e2201867-104

Rafael Borne Garbin¹
Jairo Afonso Henkes²

RESUMO

Este trabalho de pesquisa teve como objetivo geral analisar as diferentes matérias-primas e processos de refino para identificar alternativas sustentáveis para o desenvolvimento e produção de biocombustíveis para aviação no Brasil. Trata-se de uma pesquisa exploratória, com procedimentos bibliográficos e documentais, utilizando-se livros, artigos de jornais e revistas, publicações eletrônicas, leis e regulamentos. Foi feita uma abordagem qualitativa e quantitativa. A análise dos dados se deu por meio de resumos e fichamentos, avaliados de acordo com a sua relevância para o objetivo da pesquisa e atualidade do tema. Após análise dos dados da pesquisa, verificou-se que o Brasil possui as condições para ser um dos países líderes mundiais no desenvolvimento e produção de biocombustíveis sustentáveis para aviação. Como a indústria da aviação não se utilizará de apenas uma fonte energética, mas de várias e diferentes matérias-primas, diversos processos de refino poderão ser utilizados, dando-se preferência às culturas não alimentares, assim como aquelas produzidas de maneira sustentável. Recomenda-se a produção de matérias-primas que melhor se adaptem ao clima e solo de cada região, ou seja, diferentes matérias-primas deverão ser cultivadas em diferentes regiões climáticas do Brasil. As dificuldades que foram identificadas na logística do biocombustível de aviação, não são consideradas intransponíveis e poderão ser superadas com maiores investimentos em pesquisa e desenvolvimento.

Palavras-chave: Biocombustível. Aviação. Sustentável. Matéria-prima. Processo de Refino.

¹ Acadêmico do Curso de Ciências Aeronáuticas – UnisulVirtual. E-mail: rafael.garbin@unisul.br

² Engenheiro Agrônomo, UDESC (1986). Especialista em Administração Rural pela UNOESC (1996) e Mestre em Agroecossistemas/UFSC(2006). Professor e Coordenador do CST em Gestão Ambiental, e do CST em Gestão do Agronegócio na Unisul. E-mail: jairo.henkes@unisul.br

1 INTRODUÇÃO

A preocupação global com as mudanças climáticas e suas consequências adversas, levam Governos, Organizações, Agências e outras instituições a estabelecerem medidas para a mitigação e controles sobre as emissões dos gases de efeito estufa (GEE), produzidos pela ação do homem nos mais distintos segmentos da economia. Estes gases, uma vez emitidos, permanecem na atmosfera por décadas ou séculos e acabam criando uma espécie de cobertura ao redor da Terra, de maneira a reter o calor que seria dissipado no espaço sideral. Os GEE ocorrem natural e antropicamente, sendo considerados como principais GEE produzidos pela ação humana: o dióxido de carbono (CO₂), metano, óxido nitroso (N₂O) e o clorofluorcarbono. Segundo a Agência de Proteção Ambiental Americana (*Environmental Protection Agency*), destes o CO₂ e o N₂O são produzidos pelos motores de aeronaves (EPA, 2016).

No ano de 2012, segundo a Associação Internacional de Transporte Aéreo, o transporte aéreo contribuiu com aproximadamente 2% das emissões globais de CO₂ e projeções indicam um nível de 3% até 2030. A indústria da aviação, desejando participar do esforço global para a mitigação de GEE, adotou uma série de desafios ambiciosos para a redução de emissões de CO₂ das aeronaves: um crescimento neutro em carbono até 2020 e reduzir em 50% as emissões de CO₂ (dos níveis de 2005) até 2050. Uma das estratégias recomendadas para atingir tais metas é a melhora da tecnologia, incluindo-se aí o desenvolvimento de combustíveis sustentáveis de baixa emissão de carbono (IATA, 2013).

O Brasil já possui vasta experiência na produção e uso de combustíveis alternativos, desde o programa PROÁLCOOL criado em 1975, produzindo etanol a partir da cana-de-açúcar, e com a Embraer, desde 2005, produzindo o avião agrícola Ipanema, preparado e homologado para ser abastecido com etanol hidratado. Entretanto, para uso nas aeronaves a jato, o biocombustível de aviação deve atender a requisitos de desempenho mais rígidos e específicos, além da necessidade de serem desenvolvidos sob os critérios de sustentabilidade.

De acordo com o “*Air Transport Action Group*”, os biocombustíveis produzidos de forma sustentável e que não impactam negativamente em valiosos

recursos de alimentos, terra e água são chamados de ‘segunda geração’ ou ‘avançados’ (ATAG, 2011). A partir destas considerações é que se concentram as pesquisas e desenvolvimento de biocombustíveis atualmente.

“A história da aviação está marcada por pessoas realizando coisas extraordinárias, apesar do bom senso da época dizer que não poderiam ser feitas” (AIR TRANSPORT ACTION GROUP, 2011).

No Brasil foi criada, em 2010, a Aliança Brasileira para Biocombustíveis de Aviação (ABRABA), reunindo companhias brasileiras, “para promover iniciativas públicas e privadas que busquem o desenvolvimento e a certificação de biocombustíveis sustentáveis para a aviação” (ABRABA, 2010).

Um esforço conjunto da Boeing, Embraer e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), com a colaboração da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), produziu, em 2013, um extenso relatório denominado ‘Plano de Voo para Biocombustíveis de Aviação no Brasil: Plano de Ação’. O relatório estabelece as bases para uma nova indústria de biocombustíveis, em substituição aos atuais combustíveis fósseis utilizados na aviação. O grande desafio está em produzir combustíveis que atendam as necessidades técnicas da aviação e de maneira sustentável. “O uso de biocombustíveis na aviação deverá ser eficaz, eficiente e vantajoso dos pontos de vista ambiental, social e econômico” (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013, p. 11).

Em agosto de 2013 foi criada a Plataforma Brasileira de Bioquerosene, ou *Brazilian Biojetfuel Platform* como ficou mais conhecida em inglês, com o propósito de juntar partes interessadas em promover as ações necessárias para implementar uma cadeia de valor de bioquerosene, baseados em diferentes matérias-primas e diferentes processos. Esta Plataforma irá trabalhar para a resolução dos gargalos identificados no estudo promovido pela Boeing, Embraer e Fapesp (*BRAZILIAN BIOJETFUEL PLATFORM*, 2013).

A Embraer e a Boeing firmaram parceria em 2014 para a criação do Centro Conjunto de Pesquisa na área de Biocombustíveis, “com o objetivo de desenvolver e amadurecer o conhecimento e as tecnologias que possibilitem o estabelecimento da cadeia de biocombustíveis sustentáveis para a aviação” (EMBRAER, 2014). Este Centro foi inaugurado em janeiro de 2015, no Parque Tecnológico de São José dos Campos.

O Brasil tem o potencial para ser um dos líderes mundiais na pesquisa, desenvolvimento e produção de biocombustíveis sustentáveis de segunda geração. Os *pathways*, ou caminhos, que podem ser seguidos são vários e ainda estão em fase de pesquisa e desenvolvimento, eles envolvem a matéria-prima a ser utilizada e uma tecnologia de refino.

Este trabalho de pesquisa pretende abordar os aspectos de sustentabilidade que foram levados em consideração para definir as alternativas de produção de biocombustíveis de aviação, investigar os componentes (*pathways*), tais como a pesquisa de novas matérias-primas e novos processos de refino, que estão sendo pesquisados à nível mundial, para propor alternativas e novas opções para o desenvolvimento e produção destes no Brasil.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Quais as melhores opções, para o desenvolvimento e produção de biocombustíveis sustentáveis para a aviação no Brasil?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar as matérias-primas e os diferentes processos de refino e produção de biocombustíveis de aviação, identificando as pesquisas mais atualizadas, para identificar alternativas sustentáveis, para o desenvolvimento e produção no Brasil.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Descrever as especificações técnicas requeridas para o querosene de aviação.
- Identificar os critérios de sustentabilidade usados para a determinação dos considerados biocombustíveis sustentáveis ou de segunda geração.

- Identificar as matérias-primas que estão sendo consideradas em nível mundial, para o desenvolvimento e produção de biocombustíveis de aviação.
- Descrever, sucintamente, as principais técnicas de refino que podem ser utilizadas para a produção de biocombustíveis.
- Verificar o funcionamento da logística do biocombustível de aviação no Brasil e seus principais desafios.
- Analisar e propor alternativas de estratégias para pesquisa de matérias-primas e de técnicas de refino, indicadas para o desenvolvimento e produção sustentáveis de biocombustíveis de aviação no Brasil.

1.3 JUSTIFICATIVA

Quando se pensa na indústria da aviação, como um todo, tem-se em mente tecnologias de ponta e inovadoras. Desde os seus primórdios a aviação procurou estar adiante do seu tempo, trabalhando e focando no desenvolvimento de novos produtos para poder enfrentar os constantes desafios de transportar de maneira segura, eficiente e econômica, passageiros e cargas pelo mundo inteiro.

Atualmente a aviação se depara com um novo desafio, que é o de dar sua contribuição, para a redução das emissões dos gases de efeito estufa (GEE), produzidos através da queima de combustíveis fósseis pelos motores das aeronaves.

Apesar destas emissões serem consideradas pequenas, apenas 0,5% do total de GEE emitidos no Brasil em 2012, elas crescem em um volume maior que outros setores da nossa economia (ANAC, 2013).

A Associação Internacional de Transporte Aéreo (IATA) adotou em 2012, metas ambiciosas para a redução dos GEE, e a Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO), da qual o Brasil é membro signatário, irá endossar e definir novas metas, ainda mais rigorosas para a indústria, na sua 39ª Assembléia programada para setembro de 2016.

A redução das emissões de GEE pelas aeronaves passa por medidas como: maior eficiência na operação das aeronaves, melhoras na infraestrutura, avanços tecnológicos no desenvolvimento de novas aeronaves e motores e a

utilização de combustíveis sustentáveis com baixa emissão de carbono (IATA, 2012).

Este trabalho foca no desenvolvimento dos biocombustíveis de segunda geração, ou aqueles que “podem ser fabricados sem nenhum impacto adverso para a segurança alimentar” (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013, p. 32).

A experiência brasileira em conciliar o uso de biomassa como combustível, a segurança alimentar e ao desenvolvimento rural, coloca o Brasil em uma situação privilegiada para o desenvolvimento de biocombustíveis sustentáveis para uso na aviação.

“O Brasil é um dos melhores exemplos mundiais do potencial de conciliar a produção sustentável de biocombustível com a segurança alimentar” (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013, p. 43).

Este trabalho tem a finalidade de investigar as principais matérias-primas que estão sendo consideradas para a produção de biocombustíveis no Brasil, se a sua produção não irá afetar a segurança alimentar, se estão dentro dos requisitos de sustentabilidade e dos princípios de responsabilidade, e por fim indicar as matérias-primas recomendadas para o desenvolvimento e produção de biocombustíveis que levem em conta todos os aspectos descritos.

Esta pesquisa justifica-se, principalmente, pela sua relevância estratégica e social ao procurar alertar e conscientizar todos aqueles participantes, envolvidos ou de alguma forma afetados, na produção de matérias-primas que irão suprir o fornecimento de uma promissora indústria de biocombustíveis sustentáveis no Brasil.

1.4 METODOLOGIA

1.4.1 Natureza da pesquisa e tipo de pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como exploratória, com procedimento bibliográfico e documental e com abordagem tanto qualitativa, quanto quantitativa.

Segundo Lakatos e Marconi (2003, p. 188), a pesquisa exploratória se caracteriza por “aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno, para a realização de uma pesquisa futura mais precisa ou modificar e classificar conceitos”.

1.4.2 Materiais e métodos

Os materiais analisados para a pesquisa bibliográfica foram: livros, artigos científicos, manuais, sites e outros meios eletrônicos, preferencialmente, publicados após 2011, que discorram sobre o que existe de mais atual nos temas: sustentabilidade, biocombustíveis para aviação, metas para a redução de emissões de CO₂, e projetos em desenvolvimento no Brasil na área de biocombustíveis. Além disso foram consultados documentos diversos sobre a legislação que rege os procedimentos sobre o tema proposto, bem como publicações periódicas, impressas ou eletrônicas sobre o assunto.

1.4.3 Procedimentos de coleta de dados

Os procedimentos de coleta de dados utilizados se deram através de revisão bibliográfica e documental. Os dados relevantes foram coletados e registrados por meio de resumos e fichamentos.

1.4.4 Procedimento de análise dos dados

Os dados foram analisados por meio da análise de conteúdo. Segundo Moraes (1999), este método interpreta e descreve os textos e documentos utilizados na pesquisa, ajudando a reinterpretar as mensagens e a atingir uma compreensão de seus significados num nível que vai além de uma leitura comum. “Quando se utiliza a análise de conteúdo, uma clara explicitação de objetivos ajuda a delimitar os dados efetivamente significativos para uma determinada pesquisa” (MORAES, 1999, p. 7).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 EVOLUÇÃO E ESPECIFICAÇÃO DO COMBUSTÍVEL DE AVIAÇÃO

Os propulsores das primeiras aeronaves eram motores de automóveis ou motocicletas, consumindo gasolina ou produtos semelhantes. Com o advento da Primeira Guerra Mundial e a conseqüente evolução tecnológica de equipamentos bélicos e dos aviões, foi necessária a formulação de gasolina mais especializada para os motores aeronáuticos, diferenciada da gasolina automotiva, segundo o

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. “Assim foram sendo adotadas especificações progressivamente sofisticadas, considerando as crescentes exigências do mercado aeronáutico e impondo em muitos casos o uso de aditivos” (CGEE, 2010, p. 9).

Após a Segunda Guerra Mundial ocorreu o desenvolvimento e aperfeiçoamento dos motores a reação, com o advento das turbinas, nestes motores passa a ser utilizado um novo combustível, o querosene de aviação (QAV). Este combustível precisa atender à características específicas, tais como: “Deve permanecer líquido e homogêneo até a zona de combustão das aeronaves e apresentar resistência química e física às variações de temperatura e pressão, possuindo boas características lubrificantes” (FIGUEIREDO, 2013).

Segundo o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (2010), de um modo geral os combustíveis aeronáuticos devem atender a algumas características desejáveis:

Apresentar alta densidade energética: visando dispor de um combustível com peso e volume reduzidos por unidade de energia é importante que o poder calorífico e a densidade sejam elevados.

Permitir potências elevadas: além da densidade energética, no caso dos motores a pistão, a potência fornecida depende da taxa de compressão do motor e da mistura ar/combustível adotada, [...]. A taxa de compressão é limitada pela octanagem da gasolina, que pode ser aumentada mediante o uso de aditivos.

Apresentar volatilidade adequada: para ser queimado corretamente, o combustível deve estar na forma de vapor, impondo que ele seja facilmente vaporizado. [...]. Para assegurar a volatilidade correta, os combustíveis aeronáuticos convencionais, derivados de petróleo, são compostos de misturas de hidrocarbonetos com diferentes temperaturas de ebulição e apresentam uma curva de destilação característica, geralmente iniciando sua vaporização em 30°C e terminando em níveis ao redor a 170°C.

Apresentar baixo ponto de congelamento: para evitar a formação de cristais nos tubos de alimentação e filtros de combustível devido às temperaturas de dezenas de graus abaixo de zero que as aeronaves se expõem (principalmente os tanques de combustível localizados nas asas) quando operam em elevadas altitudes..

Não conter água em solução: na medida em que podem ocorrer separações de fase (água/combustível) quando a temperatura é reduzida, a presença de água deve ser acompanhada e mantida em níveis mínimos. [...].

Ser quimicamente estável e apresentar baixa corrosividade: os combustíveis aeronáuticos eventualmente são armazenados por longos períodos de tempo, devendo manter sua especificação, o que implica em evitar os processos naturais de oxidação e formação de depósitos (CGEE, 2010, p.10).

Devido às características internacionais da aviação as especificações adotadas devem ser similares para todos os países. No Brasil existe um intenso

tráfego aéreo internacional, com aeronaves procedentes de diferentes países sendo abastecidas nos aeroportos brasileiros.

Nesse sentido, é importante observar que a eventual adoção de um combustível aeronáutico com uma especificação diferente no Brasil, de forma generalizada e especialmente no caso do QAV, mesmo que seja em termos de teores e tipos de aditivos, causa preocupação e requer cautela, na medida em que deve ser exaustivamente comprovado não apenas o desempenho adequado do novo combustível nas aeronaves, como também sua efetiva compatibilidade em misturas com o combustível em uso, já que alguma mescla sempre deverá ocorrer nos tanques das aeronaves que vierem de outros países e sejam reabastecidas em aeroportos nacionais (CGEE, 2010. p. 12).

Pode-se observar, portanto, a importância do controle da especificação e qualidade do combustível. No Brasil, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) é a responsável pela especificação do QAV-1, sendo compatível com os requisitos da *American Society for Testing and Materials* (ASTM), uma organização internacional que define as normas e propriedades dos combustíveis, para o JET A e A1. O JET A, usado na América do Norte, e o JET A1, utilizado internacionalmente, são os combustíveis de aviação mais comumente usados pelas aeronaves a jato.

2.2 QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS E GASES DE EFEITO ESTUFA

De acordo com o Fundo Mundial para a Natureza (WWF, 2016), a queima de combustíveis fósseis (derivados do petróleo, carvão mineral e gás natural) para geração de energia, está entre as principais atividades humanas que causam aquecimento global e conseqüentemente mudanças climáticas. “Aquecimento global é o aumento da temperatura média dos oceanos e da camada de ar próxima da superfície da Terra que pode ser conseqüência de causas naturais e atividades humanas” (WWF-BRASIL, 2016).

Os combustíveis fósseis são, hoje em dia, as principais fontes de energias para os meios de transportes em geral e para a aviação em particular. Estes combustíveis contêm alta quantidade de carbono, e ao serem queimados liberam dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, contribuindo para o efeito estufa.

O efeito estufa corresponde a uma camada de gases que cobre a superfície da terra, essa camada composta principalmente por gás carbônico (CO₂), metano (CH₄), N₂O (óxido nitroso) e vapor d'água, é um fenômeno natural fundamental para manutenção da vida na Terra, pois sem ela o planeta poderia se tornar muito frio, inviabilizando a sobrevivência de diversas espécies (WWF-BRASIL, 2016).

O problema não é o fenômeno natural, mas o seu agravamento pela ação do homem. Com o aumento das atividades humanas que emitem os gases de efeito estufa (GEE), esta camada acaba ficando cada vez mais espessa, retendo calor na Terra que seria dissipado no espaço sideral. Estes gases, uma vez emitidos, permanecem na atmosfera por décadas ou séculos (EPA, 2016).

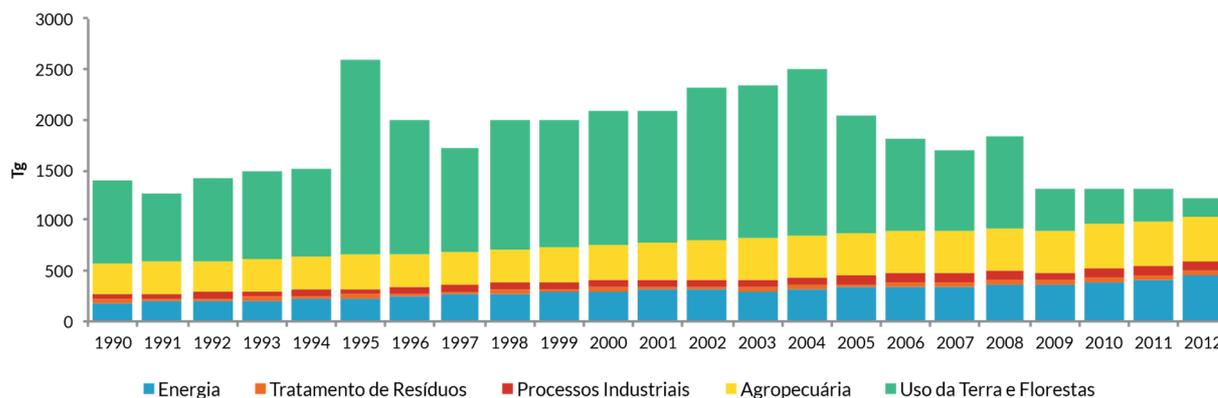
Segundo a Organização das Nações Unidas, ONU, (2016), as pessoas estão experimentando os impactos das mudanças climáticas, incluindo fenômenos climáticos mais extremos, aumento do nível do mar e mudanças nos padrões climáticos. As emissões de gases de efeito estufa, provenientes das atividades humanas estão conduzindo as mudanças climáticas e continuam a aumentar. Apesar de atingir a todos, as pessoas mais pobres e mais vulneráveis são as que estão sendo mais afetadas.

Várias reuniões e acordos já foram realizados pelos países membros da ONU com o propósito de propor soluções para o problema, o último encontro foi em Paris em dezembro de 2015, o COP21. Neste evento ficou decidido que as nações deverão tomar medidas para reduzir suas emissões de gases de efeito estufa a fim de conter o aquecimento global a bem menos de 2°C até o final do século (ONU, 2016). No dia 11 de agosto de 2016 o Senado brasileiro aprovou o Acordo de Paris.

Como contribuição ao acordo, o Brasil se comprometeu a reduzir suas emissões em 37% até 2025, com indicação de chegar a 43% até 2030, na comparação com os valores de 2005. Para atingir a meta, se propôs a zerar o desmatamento ilegal na Amazônia até 2030, a recuperar 12 milhões de hectares de áreas desmatadas e aumentar a fatia de fontes renováveis na matriz energética (ESTADÃO, 2016).

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação publicou, em 2014, relatório sobre as Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil. Na figura 1, observamos que as emissões totais vem diminuindo desde 2004, porém a contribuição do setor de energia vem aumentando de forma gradativa e constante.

Figura 1 - Emissões brasileiras de gases de efeito estufa (GEE), período 1990 – 2012, (Tg = milhões de toneladas) em CO₂eq



Fonte: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (2014, p. 16).

Dos gases que compõem os GEE, o dióxido de carbono (CO₂) e o óxido nitroso (N₂O) são emitidos pelos motores das aeronaves. Em 2014, as aeronaves permanecem como o maior meio de transporte, ainda não sujeito aos padrões de emissões de GEE (EPA, 2016).

2.3 METAS PARA A REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE CO₂ PELAS AERONAVES

O Acordo de Paris de 2015, não faz nenhuma referência à aviação internacional, isto significa que os países membros da Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO), continuam a trabalhar nas bases dos instrumentos acordados pela ICAO, em particular a Resolução da Assembleia A38-18, de outubro de 2013 (ICAO, 2016).

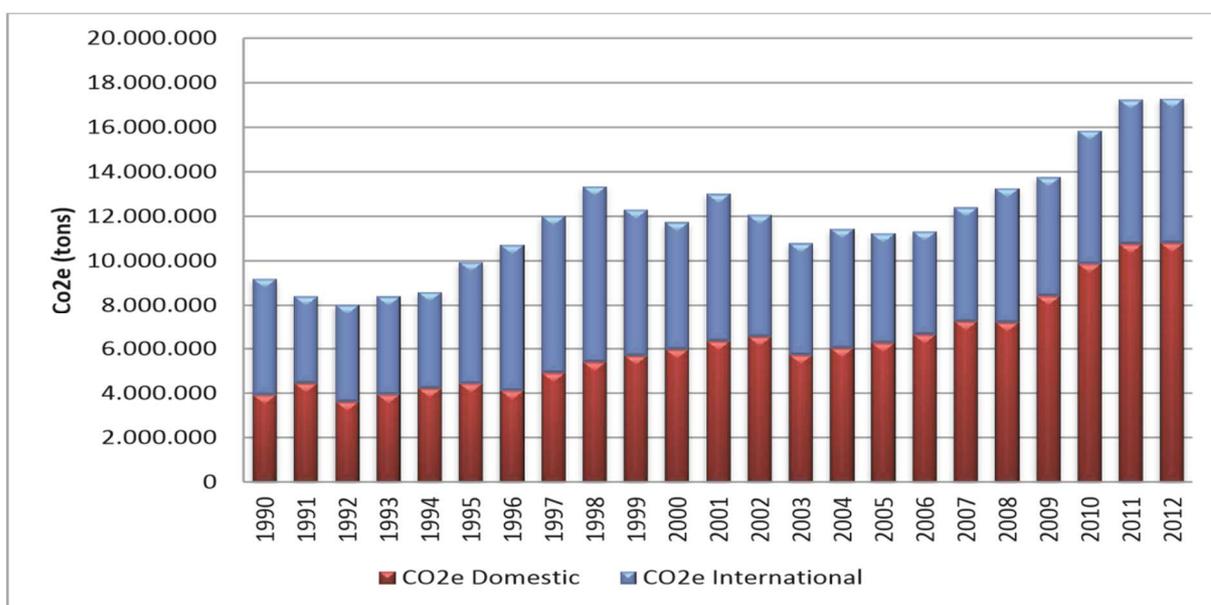
O tratamento das emissões de GEE da aviação internacional requer o ativo engajamento e cooperação dos Estados e da indústria [...] para continuamente melhorar a eficiência de CO₂ em uma média de 1,5% ao ano desde 2009 até 2020, para alcançar um crescimento neutro em carbono a partir de 2020 e para reduzir as emissões de carbono em 50% até 2050, comparado com os níveis de 2005 (ICAO, 2013).

Para alcançar estas metas ambiciosas a IATA (2013), propõe algumas medidas: operações mais eficientes das aeronaves, melhoras da infraestrutura, incluindo sistemas mais modernos de controle de tráfego aéreo, melhora na tecnologia, incluindo o desenvolvimento de combustíveis sustentáveis de baixa emissão de carbono. “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” (IATA, 2013).

Ainda, segundo Boeing, Embraer e Fapesp (2013), para se alcançar as metas propostas de redução de emissões de carbono para a indústria, serão necessários novos biocombustíveis, produzidos de maneira sustentável e que atendam às necessidades técnicas da aviação.

A Agência Nacional da Aviação Civil (ANAC), produziu, em 2013, o relatório denominado: Plano de Ação do Brasil na redução das emissões dos GEE da aviação. Neste, faz um levantamento das emissões de CO₂ nos voos domésticos e internacionais, como se observa na figura 2, e propõe medidas mitigadoras.

Figura 2 - Emissões de CO₂, voos domésticos e internacionais



Fonte: ANAC (2013, p. 16)

Segundo a ANAC (2013), apesar do setor da aviação ser responsável por apenas 0,5% do total das emissões de GEE no Brasil, as emissões do setor tem crescido mais rapidamente que os outros setores da nossa economia. Melhoras na engenharia aeronáutica, e avanços tecnológicos e operacionais, deverão contribuir para uma redução do consumo de combustível e diminuir as emissões de carbono. Porém, estes avanços não serão suficientes para compensar o aumento das emissões em consequência do aumento do tráfego aéreo. “Biocombustíveis produzidos a partir de óleos de biomassa renováveis, oferecem o potencial para reduzir o ciclo de vida dos gases de efeito estufa, e portanto, diminuir a contribuição da aviação para as mudanças climáticas” (ANAC, 2013, pg. 24).

2.4 BIOCOMBUSTÍVEIS DE SEGUNDA GERAÇÃO

A produção de biocombustíveis de primeira geração, derivados de safras de alimentos tais como cana-de-açúcar e milho, trouxe algumas questões importantes: mudanças no uso de terras produtivas, o efeito no preço de alimentos e o impacto da irrigação, pesticidas e fertilizantes no meio ambiente local (ATAG, 2011).

Além disso, estes biocombustíveis não produzem o desempenho e os atributos de segurança necessários, para serem usados nos modernos motores a jato e geralmente provêm de matéria-prima não sustentável (ATAG, 2011). A indústria da aviação passou a focar no desenvolvimento de novos biocombustíveis, chamados de 'segunda geração'.

Combustíveis bioderivados, provenientes de óleos de plantas [...], ou de outras fontes tais como resíduos urbanos, podem ser processados e queimados diretamente ou convertidos por processos químicos para produzirem combustíveis de alta qualidade. Estes são conhecidos como biocombustíveis de segunda-geração e podem ser usados na aviação, eles também são, principalmente, provenientes de matéria-prima sustentável (ATAG, 2011, pg. 2).

Segundo a Boeing, Embraer e Fapesp (2013, pg. 32), uma outra característica dos biocombustíveis de segunda geração é a de que eles possam “ser fabricados sem nenhum impacto na segurança alimentar”.

Ou seja, os biocombustíveis que serão utilizados futuramente na aviação deverão ser necessariamente sustentáveis e a produção de matéria-prima não deverá competir com a produção de alimentos e por terras produtivas. “Esta nova geração de biocombustíveis pode ser derivada de fontes não-alimentícias. Biocombustíveis de segunda geração também podem ser cultivados em uma variedade de lugares, incluindo desertos e água salgada” (ATAG, 2011, pg. 4).

2.5 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

O desenvolvimento de uma nova indústria de combustíveis alternativos traz novos riscos e desafios. A questão primordial entre eles está a sustentabilidade, e como um dos principais motivos para a adoção de combustíveis alternativos são os benefícios ao meio ambiente, os desafios da sustentabilidade ambiental dos combustíveis alternativos encontram-se sob minuciosa avaliação. Enquanto o setor da aviação procura se adaptar às mudanças no cenário energético, no sentido de facilitar o desenvolvimento e uso de combustíveis de aviação alternativos, a indústria precisará garantir que os novos combustíveis nos quais investe capital político e

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 67-104, abr./jun. 2018.

econômico irão trazer os esperados benefícios ambientais, econômicos e sociais (CAAFI, 2016).

O setor de aviação assumiu o compromisso de utilizar combustíveis desenvolvidos sob fortes critérios de sustentabilidade. O projeto Biocombustíveis Sustentáveis para a Aviação no Brasil, se baseou em princípios de sustentabilidade propostos por organizações reconhecidas internacionalmente, como a Bonsucro e a Roundtable on Sustainable Biomaterials (RSB). Estas são companhias certificadoras e garantir seu 'selo' de sustentabilidade é muito importante para conquistar o acesso aos mercados internacionais. Registre-se que este é um aspecto fundamental para a produção e uso de biocombustíveis no Brasil.

Tem havido muito ceticismo, em especial quanto à agricultura, com respeito a práticas que, no contexto do mercado de biocombustíveis, seriam consideradas não sustentáveis com respeito a questões sociais e ambientais. Ademais, há uma pressão crescente, especialmente do mercado europeu, pela adoção de práticas mais sustentáveis em operações de biocombustíveis (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013, pg. 34).

Ao cumprirem as normas internacionais em relação à sustentabilidade, como as da Roundtable on Sustainable Biomaterials (RSB), os produtores demonstram a toda a sua cadeia de abastecimento que estão usando boas práticas, alcançando uma vantagem competitiva e garantindo ao mercado comprador de biocombustíveis de aviação, que seu produto é sustentável (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013).

A RSB, considerada referência mundial em biomateriais sustentáveis, é uma coalizão global e independente de vários investidores, com base na Suíça, tem em seu sistema de certificação, o mais reconhecido da sua categoria. O padrão de certificação da RSB está baseado em quatro aspectos principais:

O Legal, garante o cumprimento da legislação, incluindo os direitos tradicionais sobre a terra e a água.

O Social, garante os direitos humanos e trabalhistas, desenvolvimento rural e social em regiões pobres, e a segurança alimentar.

O Ambiental, garante a preservação dos valores de conservação, da qualidade do solo e da água e de sua disponibilidade, mitigação das mudanças climáticas, assim como controle da poluição do ar.

O Gerencial, garante a redução dos riscos e melhoras constantes através de um método gerencial efetivo (RSB, 2016, pg. 4).

2.6 MUDANÇAS NO USO DA TERRA

Outra questão importante e que ultimamente tem gerado muita discussão em relação à produção de biocombustíveis, é a da Mudança no Uso da Terra, mudança direta e indireta. Cujas siglas em inglês são: LUC (Land Use Change) e

ILUC (Indirect Land Use Change). Estes dois conceitos são usados para estimar as emissões de CO₂ provenientes da mudança do uso da terra (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013).

O efeito direto é menos preocupante, já que é visível e mensurável, o antes e o depois do uso da terra, no curto ou médio prazo. Já em relação ao uso indireto, ILUC, a preocupação é a de que o aumento na produção de biocombustíveis, em um determinado país, pode levar à redução da sua área de produção de alimentos. “Em consequência, como a demanda pelo produto original se mantém, outra área com uso não agrícola é convertida para a agricultura” (GAZZONI, 2014, pg. 11).

Isto ainda pode levar um ou outro país a desmatar a sua floresta, para produzir os alimentos que deixaram de ser produzidos no país que passou a produzir biocombustíveis, e assim equilibrar a oferta e a demanda (GAZZONI, 2014).

No momento não há uma metodologia amplamente aceita e não há dados suficientes para calcular as ILUC de maneira consistente. Na Europa e nos Estados Unidos existem regulamentos relativos às emissões de biocombustíveis na mudança indireta da terra, porém somente nos Estados Unidos existe uma metodologia para medir as ILUC (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013).

Existe uma preocupação global em relação ao Brasil, de que a expansão da produção de matérias-primas, baseadas na agricultura, para serem transformadas em biocombustíveis de aviação possa promover mudanças no uso da terra e impactos nos mercados de alimentos. Porém, em vista das características da agricultura brasileira, as evidências sugerem que se forem tomadas as precauções adequadas, os efeitos indiretos da expansão dos biocombustíveis, tanto em termos das emissões associadas às mudanças no uso da terra, nos preços dos alimentos e na segurança alimentar, podem ser enfrentadas (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013).

[...] as mudanças indiretas no uso da terra (ILUC, na sigla em inglês) e a competição com alimentos podem ter relevância crescente no futuro, especialmente quando o processo de intensificação e conversão de terras menos produtivas (em especial, pastagens) tiver atingido seu potencial. Assim, uma opção a ser considerada é o desenvolvimento de instrumentos e políticas para assegurar que a expansão da produção de matérias-primas para biocombustíveis seja feita de maneira sustentável (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013, pg. 30).

Ainda de acordo com Boeing, Embraer, Fapesp (2013), as mudanças no uso indireto da terra e a questão dos alimentos versus combustível são duas das

maiores preocupações no debate sobre biocombustíveis. No Brasil, evidências indicam que a expansão de biocombustíveis não prejudicou a produção de alimentos. Estas mesmas evidências nos mostram que os receios entre a expansão de biocombustíveis e a conversão de terras nativas não são corroboradas pela realidade, pelo contrário, os níveis de desflorestamento vem caindo desde 2004.

2.7 MÁTERIAS-PRIMAS

Segundo relatório da Boeing, Embraer e Fapesp (2013, p. 12), “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”.

Existem atualmente várias iniciativas em nível global de pesquisa e desenvolvimento de diferentes matérias-primas para a produção de biocombustíveis sustentáveis. Temos, por exemplo, a camelina (*Camelina sativa*), planta rústica, resistente à seca e aos solos fracos e produzindo frutos com alto conteúdo oleaginoso (EMBRAPA, 2015). Alguns biocombustíveis produzidos a partir da camelina já foram testados em voos nos Estados Unidos, Canadá e Europa (ATAG, 2011).

O pinhão manso (*Jatropha curcas*) é outra planta que se adapta bem a climas secos e solos fracos e pode apresentar boa produtividade de sementes oleaginosas com teor de óleo entre 30 a 40% (EMBRAPA, 2011). A companhia aérea TAM, em 2010 (ANAC, 2013), a chinesa Air China, em 2011 (ATAG, 2011), entre outras, também realizaram voos experimentais com biocombustível à base de pinhão manso.

A macaúba, uma palmeira nativa do Brasil, é grande produtora de óleos e pode ser utilizada de diversas formas no mercado de bioenergia, uma delas é na produção de bioquerosene de aviação. O seu potencial de rendimento é alto, cerca de 4.000 quilos de óleo por hectare, comparado aos 500 kg/ha da soja (EMBRAPA, 2012).

As algas são consideradas como as potencialmente mais promissoras, para a produção de grandes quantidades de biocombustíveis sustentáveis de aviação. Elas podem crescer em águas poluídas ou salgadas, em desertos ou áreas

inóspitas. Uma das vantagens do uso das algas como matéria-prima é a velocidade com que elas crescem. Estima-se que as algas produzem até 15 vezes mais óleo por quilômetro quadrado do que outras fontes de biocombustíveis (ATAG, 2011). A empresa de biotecnologia Solazyme Bunge por sua vez, iniciou em 2014 a produção de óleo de microalgas na sua planta em Orindiúva, SP. A empresa pretende atingir a capacidade de produção de 100.000 toneladas/ano, colocando o Brasil “na vanguarda da comercialização de uma das fontes de óleo mais sustentáveis e de melhor desempenho do planeta” (ESTADO DE SÃO PAULO, 2014).

Resíduos urbanos e industriais, também são fontes promissoras de biocombustíveis sustentáveis, assim como subprodutos florestais e resíduos vegetais provenientes do cultivo das lavouras (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013). Nesse sentido a cidade de Londres, Inglaterra, em parceria com a companhia aérea British Airways e a Solena, iniciaram em 2009 um projeto para a produção de biocombustível a partir do processamento do lixo municipal. Até a presente data, vários voos experimentais já foram realizados com a conversão da biomassa de lixo em combustível sustentável (ATAG, 2011).

Em relação ao Brasil, a Boeing, Embraer e Fapesp (2013, p. 29), indicam que:

“as matérias-primas mais promissoras para o desenvolvimento inicial de biocombustíveis [...] são plantas que contêm açúcares e amidos; a longo prazo as culturas oleaginosas e as que produzem materiais lignocelulósicos e, por último, resíduos urbanos e industriais”.

O Brasil sendo o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, o segundo maior de soja e com o custo de produção mais baixo do eucalipto, coloca essas três culturas como candidatas para começar uma indústria de biocombustíveis de aviação (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2011).

A empresa americana de biotecnologia Amyris está desenvolvendo na sua planta em Brotas, SP, um biocombustível renovável com base na cana-de-açúcar. A empresa aérea Azul realizou um voo experimental em junho de 2012, utilizando 50% deste biocombustível em relação ao combustível convencional (ANAC, 2013).

A Plataforma Brasileira de Bioquerosene (2013), pretende em seu estágio inicial, trabalhar com as seguintes cadeias de suprimentos: gordura animal, óleo de cozinha usado, e óleos de macaúba, pinhão manso (*jatropha*) e camelina.

Outras matérias-primas com bastante potencial para serem utilizadas no Brasil são os resíduos vegetais, como a palha, o bagaço de cana e os subprodutos florestais. Resíduos urbanos, sebo e óleo de cozinha usado, são também opções para a produção de biocombustível no Brasil. Resíduos industriais, tais como os da indústria siderúrgica brasileira, também poderão ser utilizados, são geralmente pouco valiosos, não competem com alimentos e nem afetam o uso da terra (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013).

Como observamos, existem muitas matérias-primas promissoras para serem usadas na produção de biocombustíveis sustentáveis de aviação. Muito provavelmente a indústria não irá depender de apenas um tipo de matéria-prima, algumas são mais adequadas para certos climas e locais que outras. Portanto, é esperado que haja uma variedade de fontes de biocombustível assim como uma variedade de cadeias de suprimentos regionais (ATAG, 2011).

Tão importante quanto à escolha da matéria-prima, é a definição do processo de conversão e refino, que podem ser vários.

2.8 PROCESSOS DE CONVERSÃO E DE REFINO

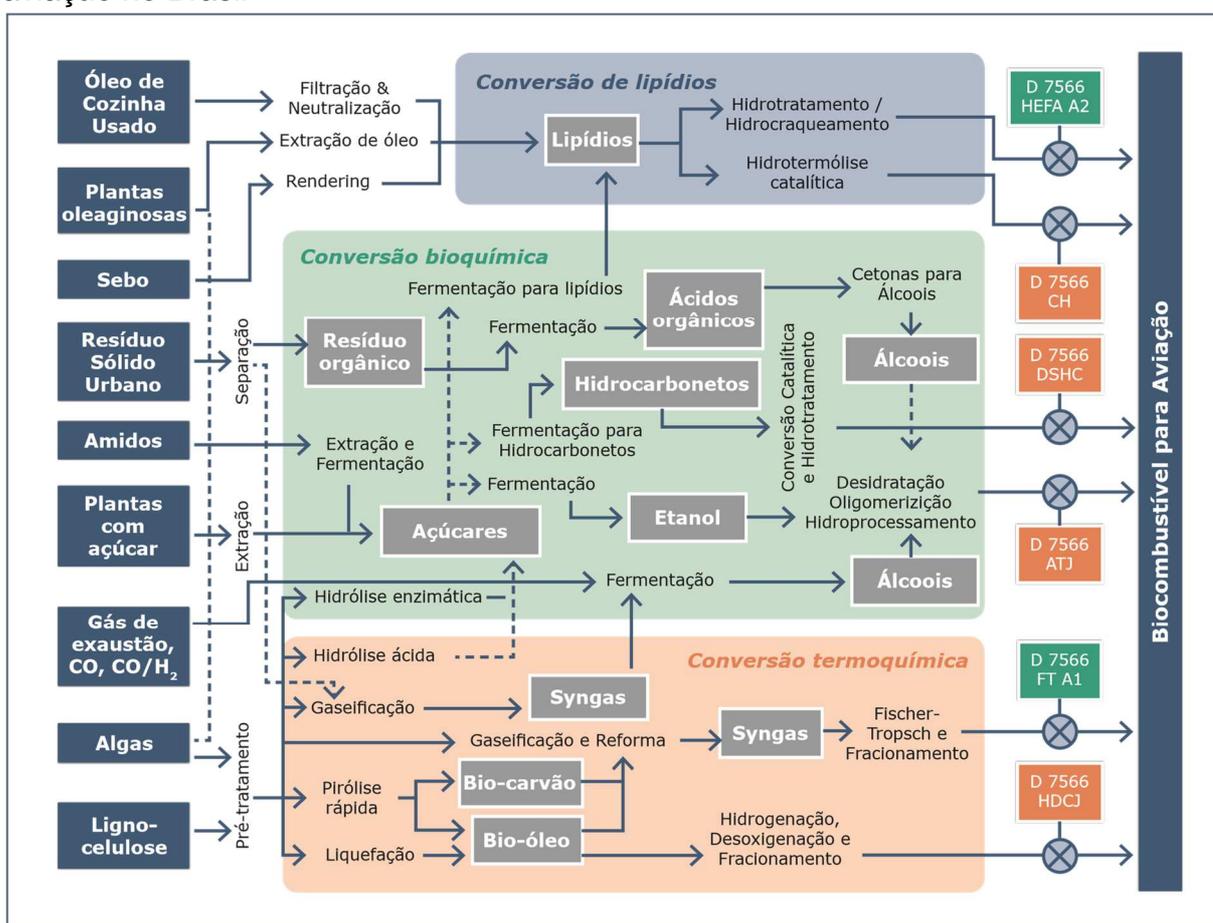
Segundo o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2010, p. 20), os processos para a obtenção de biocombustíveis aeronáuticos podem ser:

- a) químicos, como a transesterificação e o hidrocrackeamento catalítico, em ambos os casos, utilizando como matéria-prima óleos vegetais ou gorduras animais, b) termoquímicos, utilizando em geral biomassa lignocelulósica, inicialmente gaseificada, com posterior produção de hidrocarbonetos líquidos, e c) bioquímicos, empregando leveduras ou bactérias modificadas, capazes de processar açúcares e produzir hidrocarbonetos.

Esses três processos (químico, termoquímico e bioquímico), se subdividem em um leque de tecnologias de conversão e refino tais como, gaseificação, pirólise rápida, liquefação, hidrólise, hidroprocessamento de ésteres e ácidos graxos (HEFA), fermentação de açúcares e resíduos para hidrocarbonetos (DSHC) e outros. A cada uma dessas tecnologias geralmente se associa uma diferente matéria-prima. A esses diferentes caminhos que as matérias-primas passam até serem transformadas em biocombustível, chamamos de *pathways* (rotas). Por vezes uma mesma matéria-prima pode usar diferentes *pathways* (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013).

A figura 3, a seguir, apresenta os *pathways* identificados pertinentes ao Brasil, incluindo a denominação e o status do processo de aprovação da ASTM. Entre eles registram-se: HEFA – Ésteres e Ácidos graxos hidroprocessados; CH – hidrotermólise Catalítica; DSHC – Fermentação direta de Açúcares para hidrocarbonetos; ATJ – Álcool para combustível de aviação; FT – querosene parafínico sintetizado hidroprocessado Fischer-Tropsch; HDCJ – Celulósico despolimerizado hidrotratado, para combustível de aviação.

Figura 3 - *Pathways* identificados para a produção de biocombustível sustentável de aviação no Brasil



Fonte: Boeing, Embraer, FAPESP (2013, p. 40).

Em 2013, apenas dois tipos de biocombustíveis estavam aprovados pela ASTM, como observamos pelo box verde na figura acima. O estabelecido há mais tempo é o produzido pelo processo de conversão de lipídios, como o HEFA – ésteres e ácidos graxos hidroprocessados, utilizando plantas oleaginosas, sebo e óleo de cozinha usado como matérias-primas (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013).

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 67-104, abr./jun. 2018.

O outro *pathway* aprovado é o do processo termoquímico, denominado de Fischer-Tropsch (FT), utilizando material lignocelulósico que pode ser proveniente do bagaço de cana-de-açúcar, madeira ou resíduos florestais. A lignocelulose “está disponível em quantidades suficientes para substituir todos os combustíveis líquidos convencionais” (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013, p. 42).

Em junho de 2014 a ASTM Internacional certificou o biocombustível da Amyris, em parceria com a Total, produzido no Brasil através do processo DSHC – fermentação direta de açúcares para hidrocarbonetos. Este biocombustível denominado ‘Farnesano’ é obtido através da transformação bioquímica do açúcar de cana. Em dezembro de 2014 a ANP aprovou o uso de 10% de ‘Farnesano’ misturado ao combustível de aviação (TOTAL, 2016).

Mais recentemente a ASTM Internacional aprovou para uso um biocombustível que se utiliza do *pathway* ATJ – álcool para combustível de aviação. Este é feito de um álcool denominado isobutanol, que por sua vez provém de açúcares, milho e resíduos florestais. Este biocombustível pode ser misturado ao combustível de aviação até um máximo de 30% (*EUROPEAN BIOFUELS TECHNOLOGY PLATFORM*, EBTP, 2016).

“Os requisitos de certificação para o uso em aviação comercial são estabelecidos internacionalmente segundo a ASTM D7566, que contém um anexo especial para cada processo de produção de combustível de aviação alternativo aprovado” (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013, p. 39).

Segundo a *European Biofuels Technology Platform* até a presente data, cinco biocombustíveis de aviação já foram aprovados e considerados dentro dos padrões exigidos pela ASTM (EBTP, 2016).

Vários outros processos estão ainda sob análise e aguardando aprovação de agências reguladoras. Todavia mais investimentos em pesquisa e desenvolvimento ainda precisam ser feitos para tornarem futuros *pathways*, técnica e comercialmente viáveis.

2.9 LOGÍSTICA DO BIOCMBUSTÍVEL DE AVIAÇÃO NO BRASIL

Tão importante quanto à escolha da matéria-prima e o método de processamento e refino, é a definição da maneira como o biocombustível chegará até os pontos de fornecimentos. Nesse sentido a indústria da aviação decidiu

trabalhar com combustível denominado de “drop-in”, que “são biocombustíveis que podem ser misturados com combustível para aviação convencional [...], que podem usar a mesma infraestrutura de abastecimento e que não requerem adaptação de avião ou turbinas” (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013, p. 17).

Os biocombustíveis atualmente aprovados para uso na aviação podem ser misturados ao combustível convencional em misturas de 50, 30 ou 10%, dependendo do tipo e, com o potencial de substituir em 100% futuramente.

Ao estabelecer o conceito “drop-in” a indústria garante a segurança dos biocombustíveis, que têm que ter as mesmas qualidades e características dos combustíveis tradicionais, Jet A e Jet A1. Também não é preciso modificar os motores e os tanques de combustíveis das aeronaves e os fornecedores de combustíveis e os aeroportos não precisam desenvolver novos sistemas de abastecimento e armazenamento (ATAG, 2011).

Segundo relatório da Boeing, Embraer e Fapesp (2013, p. 38-39), a logística do QAV convencional no Brasil é bastante organizada e o consumo está concentrado nos grandes aeroportos internacionais, que ficam próximos de refinarias de petróleo. Indica também que “a melhor alternativa para o acabamento do biocombustível, preparação da mistura e emissão do certificado de qualidade para o lote de biocombustível para aviação, está num terminal que esteja próximo a aeroportos e fornecedores”.

Como o processamento inicial das matérias-primas agrícolas deverá ser feito próximo do campo, a logística de produção para cada matéria-prima e processo aplicado merece um estudo detalhado para se maximizar os benefícios econômicos (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013).

O relatório da ANAC (2013), intitulado Plano de Ação para a redução de CO₂, apresentado na 38ª Assembleia da ICAO, propõem que a logística do biocombustível no Brasil seja estruturada em duas cadeias de distribuição:

- 1) No Norte/Nordeste um centro para a distribuição do óleo de pinhão manso (*jatropha*), baseado na produção da Fazenda Tiracanga, MA, e futura produção de assentamento rural ao redor de Piracuruca, PI. A logística dependerá de navios tanques para a exportação através do Porto de Pecem, CE.

- 2) Logística para a cadeia de distribuição baseada na produção do biocombustível farnesano, da Amyris, em sua planta em Brotas, SP.

Para poder superar barreiras e tornar a produção do biocombustível competitiva, o Brasil deverá atender a importantes gargalos em logística e as necessidades de transporte de matérias-primas e biocombustível. Estes não parecem ser obstáculos intransponíveis, entretanto investimentos em instalações de armazenamento e mistura, serão necessários. O processo de certificação da ASTM Internacional e o conceito “drop-in” associado, reduzem barreiras para a introdução de biocombustíveis e deverão ser levados estritamente em conta (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013).

3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS REQUERIDAS DO QUEROSENE DE AVIAÇÃO

Diferentemente de outros modais de transporte, a indústria da aviação, atualmente, não possui nenhuma outra tecnologia capaz de substituir os combustíveis líquidos a base de hidrocarbonetos. Nesse sentido, o uso de biocombustíveis sustentáveis, apresentam uma solução à curto prazo, de combustíveis com menor impacto ambiental do que os combustíveis fósseis.

Entretanto, os biocombustíveis devem ser capazes de atender às rigorosas especificações técnicas do querosene de aviação. Segundo a ATAG (2011), os biocombustíveis de aviação devem possuir alto desempenho e serem capazes de operar sob uma variada gama de condições operacionais. Além disso, devem poder substituir diretamente os combustíveis convencionais de aviação e terem as mesmas qualidades e características.

Devido à característica internacional da aviação, com aeronaves sendo abastecidas em diversos aeroportos pelo mundo, é essencial a adoção de especificações e controle de qualidade para garantir aos operadores a uniformidade do combustível utilizado.

A ASTM Internacional é uma agência certificadora das especificações dos combustíveis e tida como referência na indústria. Ganhar o certificado de aprovação da ASTM é fundamental para que um novo biocombustível seja autorizado para uso na aviação. Devido aos estritos padrões de segurança da aviação, os testes são

rigorosos e todo o processo é demorado, até que um novo biocombustível seja reconhecido como seguro para uso pelas aeronaves comerciais(ATAG, 2011).

No Brasil, a ANP é a agência reguladora com a competência de estabelecer as especificações dos combustíveis. “As normas da ASTM para combustíveis de aviação estão atualmente em processo de revisão pela ANP, [...], para incluir os combustíveis aprovados segundo os critérios da ASTM” (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013, p. 25).

O querosene de aviação no Brasil é denominado de QAV-1, sendo compatível com o Jet A-1, utilizado internacionalmente.

[...], o querosene de aviação, conhecido internacionalmente JET A-1, é denominado QAV-1 no Brasil, devendo apresentar, entre outras propriedades, um teor máximo de 1 mg/litro de partículas contaminantes, 10% dos produtos destilados até 205°C, ponto final de ebulição de 300°C, ponto de congelamento de -47°C, com a definição de teores máximos para os aditivos antioxidante, desativadores de metal, dissipador de cargas elétricas, inibidor de formação de gelo, detector de vazamento e melhorador de lubrificidade (CGEE, 2010, p. 12).

Além de serem capazes de garantir ou superar as especificações técnicas necessárias, os biocombustíveis de aviação devem cumprir com os critérios de sustentabilidade estabelecidos durante todo o seu ciclo de vida.

3.2 CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE DO BIOCOMBUSTÍVEL DE AVIAÇÃO

A indústria da aviação está comprometida com o desenvolvimento de combustíveis que possam ser produzidos em massa, a baixo custo, com alto rendimento e mínimo impacto ambiental. Estes biocombustíveis devem ser produzidos de forma sustentável e que não coloque a segurança alimentar em risco ao competir com terra e água das plantações de alimentos (ATAG, 2011).

Como a principal motivação para o uso dos biocombustíveis é a redução das emissões dos GEE pelas aeronaves, de forma a cumprirem com as metas propostas pela IATA (2013), é importante também assegurar que durante todo o seu ciclo de vida os biocombustíveis sustentáveis diminuam as emissões dos gases de efeito estufa. Para tanto existem várias organizações investigando maneiras de certificar e emitir as credencias de sustentabilidade aos suprimentos de biocombustíveis (ATAG, 2011).

A avaliação de sustentabilidade na produção de matérias-primas no Brasil é realizada de acordo com os princípios e critérios das normas internacionais de sustentabilidade atualmente disponíveis e mais bem conhecidas para a produção de biocombustíveis, a saber, Bonsucro, Roundtable on

Os princípios e critérios usados por estas organizações devem ser bem discutidos, já que as normas e processos de certificação são complexos e requerem adaptações de toda a cadeia produtiva. Porém é importante conquistar uma certificação de sustentabilidade de uma organização reconhecida, pois isto se tornará cada vez mais, um requisito para o acesso a mercados (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013).

Outra questão que vem sendo discutida é a da mudança no uso da terra, direta e indireta, LUC e ILUC nas siglas em inglês. Estes são conceitos usados para estimar as emissões de CO₂ derivadas da mudança do uso da terra. Segundo as teorias que suportam esses conceitos, a produção de matérias-primas para biocombustíveis deslocaria as culturas previamente plantadas para outras áreas e, ao invés de eliminar as emissões nos volumes previamente estabelecidos, apenas transferiria as mesmas (GAZZONI, 2014).

O efeito direto é mais facilmente mensurável, o antes e o depois da mudança no uso da terra, e por isso menos preocupante. Já a teoria do ILUC diz que o aumento da produção de biocombustíveis, em um determinado país, pode levar à redução da sua área de produção de alimentos. Em consequência, como a demanda pelo produto original se mantém, outra área com uso não agrícola é convertida para a agricultura. “De acordo com os defensores da tese, os conceitos de LUC e ILUC, e suas influências nas políticas públicas, são a melhor forma de evitar desmatamentos associados à produção de biocombustíveis, mesmo que induzidos à longa distância” (GAZZONI, 2014, p. 11-12).

Outro tópico que suscita muito debate na sustentabilidade da produção dos biocombustíveis é o do ‘alimento versus biocombustível’. Neste aspecto a indústria da aviação se propôs trabalhar com os chamados ‘biocombustíveis de segunda geração’, que são aqueles que podem ser fabricados sem nenhum impacto adverso na segurança alimentar (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013).

Em relação ao Brasil, o relatório da Boeing, Embraer e Fapesp (2013, p. 31), nos indica que:

ILUC e alimento versus combustível são os dois aspectos mais relevantes levantados como preocupações no debate sobre biocombustíveis. Várias evidências indicam que a expansão de biocombustíveis no Brasil não prejudicou a produção de alimentos. As mesmas evidências mostram também que os receios relativos a uma relação causal direta entre

expansão de biocombustíveis e a conversão de terras nativas não são corroboradas pela realidade.

Pode se perceber, portanto, a importância de se utilizar esquemas de certificação de organizações reconhecidas internacionalmente, para garantirmos que todo o processo de produção de biocombustíveis está de acordo com as normas de sustentabilidade estabelecidas. Uma destas organizações é a *Roundtable on Sustainable Biomaterials* (RSB), considerada referência mundial em biomateriais sustentáveis. O seus princípios e critérios estão baseados em quatro elementos principais. O legal, que assegura o cumprimento das leis, incluindo o direito tradicional a terra e água. O social, garantindo os direitos humanos e trabalhistas, o desenvolvimento rural e social em regiões pobres e a segurança alimentar. O ambiental, preservando os valores de conservação, qualidade do solo, disponibilidade e qualidade da água, mitigação das mudanças climáticas e controle da poluição do ar. E o gerencial, reduzindo os riscos e assegurando melhoras constantes através de métodos gerenciais efetivos (RSB, 2016).

As matérias-primas escolhidas para serem produtoras de biocombustíveis sustentáveis deverão estar dentro das normas de sustentabilidade propostas durante todo o seu ciclo de vida.

3.3 MATÉRIAS-PRIMAS

Existem várias matérias-primas que estão sendo consideradas atualmente para a produção de biocombustíveis sustentáveis. O mais provável é que a indústria não dependa de apenas uma. Algumas matérias-primas são mais indicadas para certos climas e lugares do que outras e a cultura mais apropriada, será desenvolvida no local mais adequado. Provavelmente as aeronaves serão abastecidas com uma mistura de biocombustível de diferentes matérias-primas e querosene de aviação (ATAG, 2011).

A primeira geração de biocombustíveis utilizou matérias-primas provenientes de culturas de alimentos, como o milho e a colza. Entretanto estas matérias-primas podem ser usadas como comida para humanos e animais, levantando dúvidas sobre a sua sustentabilidade. Em resposta a estas preocupações, a indústria da aviação está agora focada na pesquisa e desenvolvimento de fontes de biocombustíveis avançados que sejam realmente sustentáveis (ATAG, 2011).

Nesse sentido um estudo do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2010, p. 16) nos indica que:

Além das matérias-primas que vêm sendo utilizadas de forma ampla na produção de biodiesel no Brasil e no exterior, como soja, colza, palma e sebo, que dispensam descrição, outras fontes de óleo vegetal têm sido propostas nos estudos e testes em curso, em especial para a produção dos biocombustíveis destinados ao uso em turbinas aeronáuticas, como pinhão manso, babaçu, falso linho ou camelina e algas. Os principais fatores que justificam o interesse nessas culturas são a produtividade potencial e a possibilidade de cultivo em terras marginais, bem como a composição em termos de óleos graxos.

O Brasil sendo o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, o segundo maior de soja e tendo o custo de produção mais baixo do eucalipto, aposta nestas três culturas como candidatas naturais para iniciar uma indústria de biocombustíveis de aviação. A longo prazo as culturas oleaginosas e as que produzem materiais lignocelulósicos, e, por último, resíduos urbanos e industriais, sebo e óleo de cozinha usado, se colocam como matérias-primas promissoras para serem usadas no Brasil (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013).

Outras boas alternativas para o Brasil são os resíduos vegetais como a palha, bagaço de cana e os subprodutos florestais, tanto do campo quanto da indústria. Existe um suprimento abundante destas matérias prima, porém, o custo de coleta e transporte e o cuidado para que as quantidades removidas do campo não prejudiquem o solo, são barreiras a serem superadas.

A Plataforma Brasileira de Bioquerosene (2013), pretende utilizar uma abordagem regional, baseada na biodiversidade brasileira, disponibilidade de terras, clima e mão de obra, para o suprimento de matérias-primas. A Plataforma propõem o cultivo das seguintes culturas que forneçam as seguintes matérias-primas por região: a) Pinhão manso (*Jatropha*), plantada entre safras de outras culturas alimentares no Piauí. b) Camelina, introduzida como “safrinha” de inverno no Paraná. c) Óleo de cozinha usado, no Vale do Paraíba. d) Cana-de-açúcar para suprir as fábricas da Amyris e Solazyme em São Paulo. e) Macaúba em Minas Gerais. f) Algas no Maranhão e Piauí. g) Babaçu como biomassa de florestas naturais do Piauí, Maranhão e Pará. h) Sebo e gordura de galinha no Piauí e São Paulo (ANAC, 2013).

Existe uma diversidade de matérias-primas disponíveis para diferentes condições de cultivo no Brasil. A experiência passada mostra que espécies que podem suprir matérias-primas para aplicações diversas como alimentos,

combustível, polpa celulósica, entre outras, têm maior chance de sucesso no Brasil (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013).

Além da escolha da matéria-prima, tem de se pensar qual o melhor processo de conversão e refino que deve se utilizar. Atualmente já existem várias tecnologias diferentes disponíveis e todas com potencial para serem consideradas na produção de biocombustíveis de aviação.

3.4 PROCESSOS DE CONVERSÃO E REFINO

Atualmente já existem cinco processos de conversão e refino de matérias-primas para biocombustíveis de aviação, aprovados pela ASTM Internacional, e de acordo com a *European Biofuels Technology Platform* (2016), estes biocombustíveis são:

- a) Querosene parafínico sintetizado de álcool para combustível de aviação (ATJ-SPK): criado do isobutanol derivado de matérias-primas como açúcar e milho .
- b) Iso-parafinas sintetizadas (SIP), farneseno derivado de cana-de-açúcar produzido pela Total e Amyris.
- c) Querosene parafínico sintetizado de ésteres e ácidos graxos hidroprocessados (HEFA-SPK), produzido a partir de matérias-primas que contém óleos vegetais.
- d) Querosene parafínico sintetizado pelo processo Fischer-Tropsch (FT-SPK).
- e) Querosene sintetizado com aromáticos pelo processo Fischer-Tropsch.

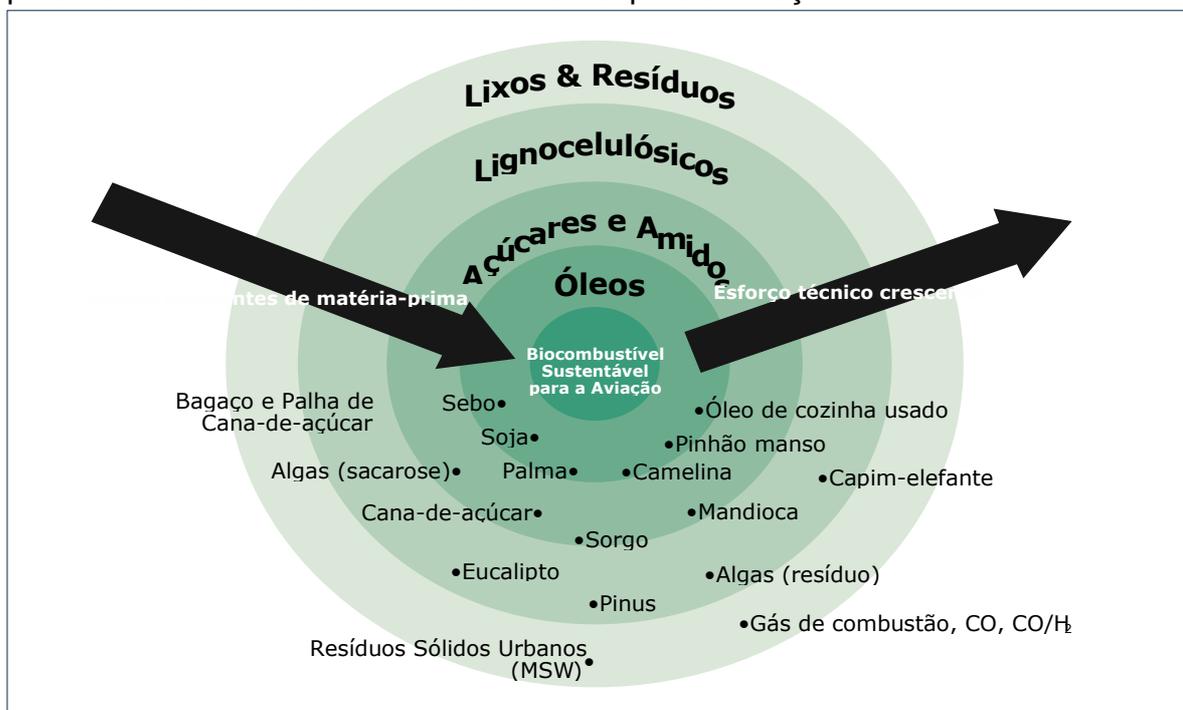
Destes processos a ANP, através da Resolução nº 63, de 05/12/2014, já aprovou três: o HEFA-SPK e FT-SPK poderão ser adicionados ao QAV-1 até um limite de 50% e o SIP até um máximo de 10%, para consumo em turbinas de aeronaves no Brasil (ANP, 2014).

Todos os processos têm suas vantagens e desvantagens, tais como: disponibilidade da matéria-prima, custo da matéria-prima, redução das emissões de carbono e custo do processo. Alguns podem ser mais indicados em certas áreas do que outros, mas todos têm o potencial de ajudar o setor da aviação a reduzir sua pegada de carbono de forma significativa (ATAG, 2013).

Um dos grandes desafios dos biocombustíveis de aviação é o de se tornarem competitivos em relação ao custo. Por vezes poderemos utilizar uma

matéria-prima barata porém o seu processo de conversão e refino pode ser caro, ou vice-versa, tornando o biocombustível comercialmente inviável. A figura 4 demonstra essa relação.

Figura 4 – Matéria-prima e sua posição relativa segundo custos e esforços técnicos para serem convertidas em biocombustível para a aviação.



Fonte: Boeing, Embraer, Fapesp (2013, p. 33).

A figura 4 nos mostra que a matéria-prima pode ser avaliada de acordo como o quão perto elas estão de serem convertidas em biocombustível sustentável para a aviação. Quanto mais perto estão do centro, mais cara é a matéria-prima, porém mais fácil ou menos cara é a tecnologia usada para a sua conversão (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013).

No Brasil já temos a fábrica da Amyris em Brotas, SP, produzindo biocombustível à base de cana-de-açúcar, que já está autorizado pela ANP para ser misturado ao querosene de aviação até um máximo de 10% (ANAC, 2013). Temos também a Solazyme Bunge em Orindiúva, SP, que começou em 2014 a produção de óleos de microalgas, considerado o mais sustentável que existe e, que vai servir de matéria-prima para o seu biocombustível de aviação Solajet (ESTADO DE SÃO PAULO, 2014).

A pesar dos esforços consideráveis do Brasil em pesquisa e desenvolvimento e, que tornaram a cana-de-açúcar e o eucalipto culturas

competitivas para biocombustíveis, “muito ainda é necessário para a competitividade de outras culturas e definições de novos *pathways*” (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013, p. 46).

Outra questão importante a ser considerada é a da logística de produção e distribuição do biocombustível de aviação no Brasil.

3.5 LOGÍSTICA E DESAFIOS

O suprimento de combustível para a indústria da aviação comercial se encontra em uma escala relativamente pequena e menos complexa do que para outras formas de transporte. Por essa razão, se espera que será mais fácil de implementar o uso de biocombustíveis sustentáveis na aviação do que em outros sistemas de transporte (ATAG, 2013).

Como a indústria da aviação resolveu trabalhar com biocombustíveis “drop-in”, que são aqueles que podem ser adicionados diretamente ao querosene de aviação, isto torna mais fácil o manuseio, armazenagem e suprimento, pois os distribuidores e aeroportos não precisarão desenvolver novos sistemas de abastecimento.

Segundo estudos e discussões das principais partes interessadas na cadeia de distribuição de QAV no Brasil, futuros produtores de biocombustíveis, associações internacionais de especificações e agências reguladoras brasileiras, as principais conclusões sobre logística são:

- a) a logística do QAV convencional no Brasil é bastante organizada e o consumo se concentra em grandes aeroportos internacionais, próximos de refinarias de petróleo.
- b) ao adotar o conceito “drop-in” as principais barreiras previstas para a logística de distribuição serão superadas.
- c) ainda existem algumas lacunas na comercialização, principalmente na logística do biocombustível antes do ponto de mistura e com os requisitos técnicos e legais que o “misturador” terá de cumprir.
- d) a melhor alternativa para o acabamento, preparação da mistura e emissão do certificado de qualidade para o lote de biocombustível está num terminal próximo a aeroportos e fornecedores.
- e) por razões econômicas, o processamento inicial de matérias-primas agrícolas deve ser feito próximo do campo. Portanto, a logística da produção do

biocombustível de aviação merece estudos detalhados para cada tipo de matéria-prima e processo aplicado para maximizar os benefícios econômicos (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013).

No Brasil o maior consumo de combustível de aviação se dá nos aeroportos situados na Região Sudeste, em cidades não muito distantes do litoral. No interior do país existem terras agrícolas abundantes e baratas, entretanto longe dos grandes centros de consumo. Se faz necessário portanto, a melhora da logística de matérias-primas e do biocombustível de aviação para a competitividade econômica dos vários *pathways* possíveis.

O Brasil deverá desenvolver estudos logísticos para o investimento em ferrovias e hidrovias levando em conta as matérias-primas para biocombustíveis em geral e para a aviação de forma específica. Deverá também tomar medidas para garantir que a diferença de custo do biocombustível para a aviação para o combustível convencional seja menor que em outros países, incentivando assim a exportação de biocombustíveis de aviação via voos internacionais para aumentar a competitividade da indústria nacional de biocombustíveis de aviação (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013).

Após analisar os aspectos de sustentabilidade requeridos, as diversas matérias-primas e processos de conversão e refino disponíveis e os desafios logísticos a serem superados, pode se propor algumas alternativas para a produção de biocombustíveis de aviação sustentáveis no Brasil.

3.6 PROPOSTAS PARA A PRODUÇÃO NO BRASIL

A criação do programa brasileiro do etanol, em 1975, ajudou o Brasil a reduzir sua dependência de combustíveis fósseis e modernizou a agricultura. Desde então o Brasil acumula experiência técnica em agricultura e indústria, capacidade institucional e aceitação popular. Além disso, o Brasil é considerado um dos melhores exemplos mundiais do potencial de conciliar a produção sustentável de biocombustível com a segurança alimentar. Tudo isso coloca o País em um ambiente propício para começar a nova indústria mundial de biocombustível para aviação (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013).

A indústria da aviação está comprometida com a pesquisa e desenvolvimento de novos biocombustíveis que sejam produzidos de maneira

sustentável e que não afetem a segurança alimentar. A indústria vem trabalhando conjuntamente com organizações certificadoras, como a RSB, para garantir que todo o processo de produção se encontra dentro dos princípios e critérios das normas internacionais de sustentabilidade. Foi também adotado o conceito de combustível “drop-in”, ou seja, todos os novos biocombustíveis deverão ser capazes de serem diretamente misturados ao querosene de aviação, sem necessidade de alterações nos motores das aeronaves. Para serem autorizados para uso nas aeronaves comerciais, os novos biocombustíveis de aviação deverão passar pelo estrito processo de certificação técnica da ASTM Internacional (ATAG, 2013).

Todos estes conceitos terão de ser levados em conta pela indústria brasileira para que o biocombustível de aviação aqui produzido possa ter aceitação internacional e seja comercialmente competitivo.

Segundo relatório da Boeing, Embraer e Fapesp (2013), o Brasil possui uma combinação única de terras já desmatadas para a agricultura, um setor agrícola dinâmico, grande quantidade de vegetação nativa protegida, estritas leis de conservação e regulamentos para a proteção da saúde e segurança do trabalhador rural. Essa combinação deixa o Brasil em ótima posição na “perspectiva de suprimentos de matérias-primas, [...], desde que sejam implementadas políticas para desenvolver um programa de biocombustível para a aviação, cumpridor dos princípios de responsabilidade e dos requisitos de sustentabilidade” (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013, p. 27).

O mesmo relatório nos diz que no Brasil, num curto prazo, as fontes de bioenergia mais produtivas, do ponto de vista de rendimento agrícola e balanço energético são a cana-de-açúcar e as floretas plantadas (eucalipto e pinus). A sacarose de etanol de cana-de-açúcar se coloca como a possibilidade mais promissora pelos baixos custos de produção e dos bons indicadores de sustentabilidade.

“Entretanto, no médio e no longo prazo, tudo indica que as matérias-primas celulósicas, como os produtos derivados de madeira e palha, além do bagaço de cana, terão melhores possibilidades competitivas em razão de seus altos valores de sustentabilidade” (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013, p. 45).

Outras opções de matérias-primas à serem consideradas no Brasil, são os resíduos urbanos e industriais, sebo e óleo de cozinha usado, não apenas para

reciclar esses materiais mas também porque evitariam preocupações com a segurança alimentar.

Além dessas matérias-primas, estudos dos mais diversos órgãos e associações, nacionais e internacionais, que lidam com a produção de biocombustíveis sustentáveis para a aviação, tais como, ABRABA, Plataforma Brasileira de Bioquerosene, ATAG e European Biofuels Technology Platform, entre outros, vem indicando o uso de matérias-primas inovadoras e não alimentares como o pinhão manso (*Jatropha curcas*), a camelina (*Camelina sativa*), halófitas e algas (ATAG, 2013).

A Plataforma Brasileira de Bioquerosene (2013), propõem ainda a utilização de plantas oleaginosas como a macaúba, nativa da região central do Brasil, e o babaçu, nativa da região entre a caatinga e a floresta amazônica.

Justifica-se o interesse nessas culturas inovadoras pela produtividade potencial e a possibilidade de cultivo em terras marginais, bem como sua composição em termos de óleos graxos (CGEE, 2010).

Diferentemente, da cana-de-açúcar e do eucalipto que "podem ser produzidos com uma redução significativa das emissões de CO₂, na análise do ciclo de vida, as culturas oleaginosas podem suscitar mais preocupações" (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013, p. 29).

As algas são potencialmente a matéria-prima mais promissora para a produção de grandes quantidades de biocombustíveis sustentável de aviação. Elas podem crescer em águas poluídas ou salgadas, desertos e outros lugares inóspitos. Uma das maiores vantagens das algas para a produção de óleo é a velocidade com que elas crescem. Foi estimado que as algas produzem até 15 vezes mais óleo por quilômetro quadrado do que outras culturas de biocombustível. Outra vantagem é que elas podem crescer em terras marginais e que não são usadas para a produção de alimentos, como a beira de desertos (ATAG, 2013).

A empresa Solazyme Bunge, na sua fábrica em Orindiúva, SP, já produz óleos de microalgas desde 2014. A empresa pretende atingir a produção de 100 mil toneladas/ano no Brasil. Segundo a empresa, o óleo de microalgas pode ser usado para a produção de biocombustíveis avançados (ESTADO DE SÃO PAULO, 2014).

Ainda no Brasil, temos a empresa Amyris que, em parceria com a Total, produz, desde 2013, o biocombustível de aviação avançado Biofene, que é o nome

comercial do composto Farneseno, feito a partir da cana-de-açúcar. A Amyris tem a produção baseada no seu complexo industrial de Brotas, SP. O biocombustível da Amyris e da Total, já está certificado e aprovado pela ASTM e ANP desde 2014. Várias companhias aéreas, a Gol entre elas, já usaram este biocombustível em seus voos comerciais (TOTAL, 2016).

Tudo indica que a indústria da aviação não irá depender de apenas uma ou duas, mas sim de várias matérias-primas diferentes para a produção de biocombustíveis sustentáveis. No Brasil não há nenhuma matéria-prima isolada perfeita, mas uma diversidade disponível para diferentes condições de cultivo.

O eucalipto pode usar terras com grandes declives. A cana-de-açúcar cresce em zonas tropicais e subtropicais enquanto outras culturas são adequadas para latitudes diferentes, como a palma no sul do Estado do Pará, plantas oleaginosas e amiláceas que podem ser cultivadas na maior parte do Brasil – estas incluem culturas não alimentícias como camelina e pinhão manso – e outras matérias-primas com futuros promissores, se houver um maior esforço de P&D (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013, p. 44).

É importante que, para preencher lacunas sociais e ambientais, as instituições brasileiras identifiquem maneiras práticas de usar a oportunidade de produzir matérias-primas para biocombustíveis de aviação, para promover uma cultura de sustentabilidade na agricultura como um todo. Mais iniciativas de pesquisa são fundamentais para melhorar o desempenho de indicadores de sustentabilidade através do desenvolvimento de novas tecnologias, tanto para baixar o custo de produção da matéria-prima como para reduzir impactos indesejados (BOEING, EMBRAER, FAPESP, 2013).

O projeto desenvolvido pela Boeing, Embraer e Fapesp (2013), nos indica que o Brasil se encontra em situação privilegiada para liderar a incipiente indústria de biocombustíveis para aviação. Entretanto, para superar as barreiras e lacunas institucionais, se faz necessário políticas públicas para desenvolver a tecnologia agroindustrial, assim como implantar medidas financeiras e regulatórias capazes de sustentar a produção e o uso de biocombustíveis para a aviação. Esta nova indústria deveria ser considerada estratégica, não só pelo potencial de começar uma nova cadeia produtiva em bioenergias sustentáveis, como também pelo fato de promover benefícios econômicos, ambientais e sociais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Partindo da crescente preocupação mundial com a redução das emissões dos gases de efeito estufa, a indústria da aviação se propôs metas ambiciosas para a mitigação das emissões de CO₂ provenientes dos motores das aeronaves. Para atingir tais metas será necessário à adoção de novos combustíveis sustentáveis de baixa emissão de carbono, os biocombustíveis.

Esta pesquisa teve o objetivo principal de identificar alternativas sustentáveis para a produção de biocombustíveis de aviação no Brasil. Verificou-se que os novos biocombustíveis que estão sendo desenvolvidos cumprem, ou por vezes superam, as estritas especificações técnicas requeridas para o querosene de aviação. Outra grande preocupação da indústria é com a sustentabilidade dos biocombustíveis. Questões como segurança alimentar, mudanças diretas e indiretas no uso da terra, direitos e proteção do trabalhador rural, entre outras, são analisadas por agências certificadoras para garantir que todo o processo de produção, desde a matéria-prima até a sua conversão em biocombustível, se encontra dentro das normas de sustentabilidade estabelecidas.

Em relação às matérias-primas e processos de conversão e refino, ficou claro que a indústria não irá depender de apenas um, mas de vários diferentes *pathways* para suprir a sua produção de biocombustíveis. Maiores investimentos em pesquisa e desenvolvimento se fazem necessários para tornar o biocombustível de aviação comercialmente atrativo, assim como para o surgimento de tecnologias que possibilitem o uso de novas e diferentes matérias-primas sustentáveis.

Os gargalos e barreiras que o Brasil possui para o transporte de matérias-primas e para o suprimento de biocombustível aos locais de abastecimento, apesar de serem significativos, podem ser superados com estudos detalhados da logística de produção de cada matéria-prima e processo aplicado. Investimentos em instalações de armazenagem e mistura se fazem necessários, assim como a utilização de soluções locais para superar as longas distâncias entre os locais de produção das matérias-primas e os de abastecimento. Tudo isto deverá ser feito para tornar o biocombustível de aviação competitivo economicamente.

O Brasil possui todas as condições para liderar a nova indústria mundial de biocombustível para aviação. A grande preocupação que existe entre a produção sustentável de biocombustível com a segurança alimentar, pode ser facilmente

conciliada no país devido à abundância de terras disponíveis e a produtividade das terras agrícolas existentes.

Durante esta pesquisa observou-se que, no Brasil, praticamente todas as matérias-primas que estão sendo consideradas pela indústria global de biocombustíveis de aviação, podem aqui ser cultivadas ou produzidas. No entanto as condições climáticas regionais deverão ser consideradas para explorar o potencial das matérias-primas mais adaptáveis à cada solo e local. Recomenda-se, portanto, cultivos diferentes para cada região geográfica do país, assim como o de culturas não alimentares. Se torna essencial que o biocombustível de aviação produzido no Brasil esteja em conformidade com critérios de sustentabilidade propostos por agências certificadoras internacionais para assim poder ser aceito mundialmente.

Neste sentido, mais iniciativas de pesquisa são fundamentais para melhorar os indicadores de sustentabilidade através do desenvolvimento de novas tecnologias, para procurar diminuir os custos de produção da matéria-prima e reduzir os impactos sociais e ambientais.

SUSTAINABILITY IN THE PRODUCTION OF AVIATION BIOFUELS IN BRAZIL

ABSTRACT

This work of research had the general objective of analyzing different feedstocks and refining processes to identify sustainable alternatives for the development and production of aviation biofuels in Brazil. It is an exploratory research, with bibliographic and documentary procedures, utilizing books, newspaper and magazine articles, internet sites, laws and regulations. The approach made was both qualitative and quantitative. The analysis of data was done thru resumes and filings, evaluated per their relevance to the objectives of the research and the actuality of the theme. After analyzing the research data, it was verified that Brazil possesses the conditions to be one of the world leaders in the development and production of sustainable aviation biofuels. As the aviation industry will not rely on just one energy source, but on many and different feedstocks, various refining processes could be used, giving preference to non-food cultures as well as those that can be produced in a sustainable way. It is recommended the production of feedstocks that better adapt to the climate and soil of each region, meaning that different feedstocks should be cultivated in different climatic regions of Brazil. The difficulties identified in the

logistics of aviation biofuels, are not considered unsurpassable and can be overcome with more investments in research and development.

Key words: Biofuel. Aviation. Sustainable. Feedstock. Refining Process.

REFERÊNCIAS

ABRABA, Aliança Brasileira para Biocombustíveis de Aviação. **Formada a Aliança Brasileira para Biocombustíveis de Aviação.** Disponível em: <<http://www.abraba.com.br/Documents/press-releases/048-Ins-VAC-Abraba-P-10.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2016.

ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil. **Brazil's Action Plan on the reduction of Greenhouse Gas Emissions from aviation.** Disponível em: <http://www.anac.gov.br/publicacoes/brazil_actionplan.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2016.

_____. **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil 2014.** Disponível em: <http://www.anac.gov.br/publicacoes/inventario_nacional_de_emissoes_atmosfericas_da_aviacao_civil.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2016.

ANP, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução ANP Nº 63 de 5.12.2014.** Disponível em: <[http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2014/dezembro/ranp%2063%20-%202014.xml?f=templates\\$fn=document-frame.htm\\$3.0\\$q=\\$x=\\$nc=9155](http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2014/dezembro/ranp%2063%20-%202014.xml?f=templates$fn=document-frame.htm$3.0$q=$x=$nc=9155)>. Acesso em: 1 out. 2016.

ATAG, Air Transport Action Group. **Powering the future of flight.** Disponível em: <<http://www.atag.org/our-activities/sustainable-aviation-biofuels.html>>. Acesso em: 12 ago. 2016.

_____. **Beginner's Guide to Aviation Biofuels.** Disponível em: <<http://www.atag.org/our-activities/sustainable-aviation-biofuels.html>>. Acesso em: 12 ago. 2016.

BOEING, EMBRAER, FAPESP. **Plano de Voo para Biocombustíveis de Aviação no Brasil: Plano de Ação.** Disponível em: <<http://www.fapesp.br/publicacoes/plano-de-voo-biocombustiveis-brasil-pt.pdf?x=2>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

BRASIL, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil. 2. ed.** Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0237/237619.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2016.

BRAZILIAN BIOJETFUEL PLATFORM. **The Brazilian Biojetfuel Platform.** Disponível em: <<http://cdieselbr.com.br/>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

CAAFI, Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative. **Environmental Sustainability Overview.** Disponível em: <<http://www.caafi.org/information/fuelreadinesstools.html#-EnvironmentalSustainability>>. Acesso em: 14 ago. 2016.

CGEE, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Biocombustíveis Aeronáuticos: progressos e desafios.** Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010.

EBTP, European Biofuels Technology Platform. **Standard for renewable jet fuels.** Disponível em: <<http://www.biofuelstp.eu/aviation-biofuels.html#standards>>. Acesso em: 10 set. 2016.

EMBRAER. **Embraer e Boeing assinam Memorando de Entendimentos para implantar centro de P&D em biocombustíveis sustentáveis no Brasil.** Disponível em: <<http://www.embraer.com/pt-BR/ImprensaEventos/Press-releases/noticias/Paginas/Embraer-e-Boeing-assinam-Memorando-de-Entendimentos-para-implantar-centro-de-PD.aspx>>. Acesso em: 27 ago. 2016.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **BRJATROPHA: pesquisa, desenvolvimento e inovação em pinhão-manso para produção de biodiesel.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/910690/brjatropha-pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao-em-pinhao-manso-para-producao-de-biodiesel>>. Acesso em: 10 set. 2016.

_____. **Matérias-primas oleaginosas para a produção de bioquerosene – oportunidades e desafios.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agroenergia/busca-de-noticias/-/noticia/3344909/artigo-materias-primas-oleaginosas-para-a-producao-de-bioquerosene--oportunidades-e-desafios>>. Acesso em: 10 set. 2016.

_____. **Macaúba no mercado de bioenergia.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/busca-de-noticias/-/noticia/1481706/macauba-no-mercado-de-bioenergia>>. Acesso em: 18 set. 2016.

ESTADO DE SÃO PAULO, Investe São Paulo. **Planta de Bioprodutos Renováveis da Solazyme Bunge inicia produção comercial no Brasil.** Disponível em: <<http://www.investe.sp.gov.br/noticia/planta-de-bioprodutos-renovaveis-da-solazyme-bunge-inicia-producao-comercial-no-brasil/>>. Acesso em: 16 set. 2016.

FIGUEIREDO, Luiz Alberto Gomes. Motores e Combustíveis de Aviação. **AERO Magazine**, São Paulo, jan. 2013. Disponível em: <http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/motores-e-combustiveis-de-aviacao_808.html>. Acesso em: 13 ago. 2016.

GAZZONI, Décio Luiz.. **O impacto do uso da terra na sustentabilidade dos biocombustíveis.** Londrina: Embrapa Soja, 2014.

GIRARDI, Giovana. Senado brasileiro aprova Acordo de Paris. **O Estadão**, São Paulo, 11 ago. 2016. Sustentabilidade. Disponível em:

<<http://sustentabilidade.estadao.com.br/blogs/ambiente-se/senado-brasileiro-aprova-acordo-de-paris/>>. Acesso em: 15 ago. 2016.

IATA, International Air Transport Association. **Responsibly Addressing Climate Change**. Disponível em: <<https://www.iata.org/whatwedo/environment/Documents/policy-climate-change.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2016.

ICAO, International Civil Aviation Organization. **Doc 10022, Assembly Resolutions in Force**, Doc 10022. Disponível em: <<http://www.icao.int/Meetings/GLADs-2015/Documents/A38-18.pdf#search=A38%2D18%2E>>. Acesso em: 15 ago. 2016.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 2003.

MORAES, Roque. Análise de Conteúdo. **Revista Educação**. Porto Alegre, v. 37, mar. 1999.

RSB, Roundtable on Sustainable Biomaterials. **Certification Guide**. Disponível em: <http://rsb.org/pdfs/documents_and_resources/RSB%20Certification%20Guide.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2016.

SOLOMON, B, editor, AILIS, R, editor. **Sustainable Development of Biofuels in Latin American and the Caribbean**. New York: Springer Science; Business Media, 2014.

TOTAL. **Bioquerosene da Total e Amyris, uma inovação eficiente e responsável**. Disponível em: <<http://br.total.com/pt-br/por-uma-energia-melhor/projetos-mundiais/o-bioquerosene-da-total-e-amyris-uma-inovacao-eficiente-e-responsavel>>. Acesso em: 15 set. 2016.

WWF-BRASIL, Fundo Mundial para a Natureza. **As Mudanças Climáticas**. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/clima/mudancas_climaticas2/>. Acesso em: 15 ago. 2016.