

# Bioquerosene para aviação: cenário atual e perspectivas futuras

Yoshinaga, Fabiana  
Santos, Ariane da Silva  
Moura, Bruno Fernandes Santana de  
Bortoleto, Gisele Gonçalves

## Resumo

O aumento da utilização de energias renováveis é um desafio crescente a cada ano, devido às altas emissões dos gases de efeito estufa, provenientes principalmente de derivados do petróleo. Neste cenário, o querosene é um combustível fóssil que pode ser substituído pelo bioquerosene, uma alternativa mais sustentável, feito a partir de biomassa, com propriedades físicas, químicas e eficiência energética semelhantes ao do querosene de origem fóssil. O presente estudo é uma pesquisa bibliográfica que visa discutir o cenário atual e as perspectivas futuras da produção de bioquerosene no Brasil, apresentando o panorama da matriz energética nacional e as oportunidades dos diversos materiais utilizados para produção de bioquerosene. A utilização do bioquerosene se mostrou uma opção viável no país, com possibilidade de alta redução na emissão de carbono, porém, essa substituição só será possível se houver vontade política, pesquisas e investimentos no setor.

**Palavras-chave:** biocombustíveis; bioquerosene; sustentabilidade; matriz energética.

## Abstract

The increase in the use of renewable energies is a growing challenge each year, due to the high emissions of greenhouse gases, mainly from oil products. In this scenario, kerosene is a fossil fuel that can be replaced by biokerosene, a more sustainable alternative, made from biomass, with physical, chemical and energy efficiency properties similar to that of kerosene of fossil origin. The present study is a bibliographic research that aims to discuss the current scenario and the future perspectives of the production of biokerosene in Brazil, presenting the panorama of the national energy matrix and the opportunities of the different materials used for the production of biokerosene. The use of biokerosene proved to be a viable option in the country, with the possibility of a high reduction in carbon emissions, however, this replacement will only be possible if there is political will, research and investments in the sector.

**Keywords:** biofuels; biokerosene; sustainability; energy matrix.

## Resumen

El aumento en el uso de energías renovables es un desafío creciente cada año, debido a las altas emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente de productos derivados del petróleo. En este escenario, el kerosene es un combustible fósil que puede ser reemplazado por biokerosene, una alternativa más sostenible, hecha de biomasa, con propiedades físicas, químicas y de eficiencia energética similares a las del queroseno de origen fósil. El presente estudio es una investigación bibliográfica que tiene como objetivo discutir el escenario actual y las perspectivas futuras de la producción de biokerosene en Brasil, presentando el panorama de la matriz energética nacional y las oportunidades de los diferentes materiales utilizados para

la producción de biokerosene. El uso de biokerosene demostró ser una opción viable en el país, con la posibilidad de una alta reducción en las emisiones de carbono, sin embargo, este reemplazo solo será posible si hay voluntad política, investigación e inversiones en el sector.

**Palabras-clave:** biocombustibles bioqueroseno; sostenibilidad; matriz energética.

## **INTRODUÇÃO**

O crescimento populacional e o desenvolvimento de novos hábitos proporcionados pelas tecnologias modernas provocam um aumento na demanda energética, hoje muito dependente de fontes fósseis como petróleo e carvão. A combustão dos combustíveis fósseis é responsável por enormes emissões de CO<sub>2</sub> (gás carbônico) na atmosfera, o qual retém grande parte do calor que deveria ser emitido para o espaço, aumentando a temperatura do planeta. Outros poluentes também são emitidos durante a combustão dos derivados de petróleo, como o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), precursor do trióxido de enxofre (SO<sub>3</sub>) e do H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, causadores da chuva ácida; do monóxido de carbono (CO) e dos óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), que são gases tóxicos e que formam o chamado “smog fotoquímico” (OLIVEIRA, SERRA e OLIVEIRA, 2014).

Para conter esse aquecimento global, diversos países vêm adotando limites para emissão dos gases causadores do efeito estufa, visando a diminuição da emissão desses poluentes no ambiente, em consonância com o Protocolo de Quioto, assinado em 1997 e mais recentemente com o Acordo de Paris, assinado em 2015.

Essa redução passa certamente por uma mudança na matriz energética de cada país, com a redução na utilização dos derivados de petróleo. Os derivados de petróleo representam cerca de 80% da matriz energética mundial. No Brasil a matriz é mais diversificada e sustentável, 45,3% da energia provém de fontes renováveis como hidrelétrica e biomassa (MOTA e MONTEIRO, 2013).

A diversificação da matriz energética brasileira é resultado do clima e relevo favoráveis à produção das mais diversas fontes de energias renováveis. Importante lembrar que o país foi pioneiro na utilização do etanol como combustível automotivo, e desde a década de 1970 tem adotado diversos programas para regularizar e incentivar o uso de biocombustíveis no país, como o Proálcool, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel e mais recentemente com a Política Nacional de Biocombustíveis, o RenovaBio.

Com relação ao bioquerosene, o Projeto de Lei Nº 9321/2017, que prevê a criação do Programa Nacional do Bioquerosene, ainda tramita no Congresso, já tendo um parecer de aprovação pela Comissão de Minas e Energia da Câmara dos Deputados. O texto estabelece o incentivo à pesquisa e o fomento da produção de energia à base de biomassas que não concorram com a produção de alimentos, visando à sustentabilidade da aviação brasileira, através de recursos e incentivos fiscais (BRASIL, 2019).

Para inserção no Programa Nacional do Bioquerosene é importante que haja compatibilidade do bioquerosene com as tecnologias de propulsão atuais, sem que seja necessário alterar motores, aeronaves e a infraestrutura existentes, além de não comprometer a segurança do

sistema de aviação.

Diante do exposto, o objetivo geral deste estudo é discutir o cenário atual e as perspectivas futuras da produção de bioquerosene no Brasil. Especificamente, apresentar o panorama da matriz energética nacional e as oportunidades dos diversos materiais utilizados para produção de fontes renováveis de bioquerosene.

Para isso, a metodologia empregada foi a pesquisa bibliográfica utilizando livros, sites e artigos científicos relacionados ao tema, tornando possível a compreensão e a formulação de reflexões importantes a respeito do assunto, dada a sua relevante importância.

## **DESENVOLVIMENTO**

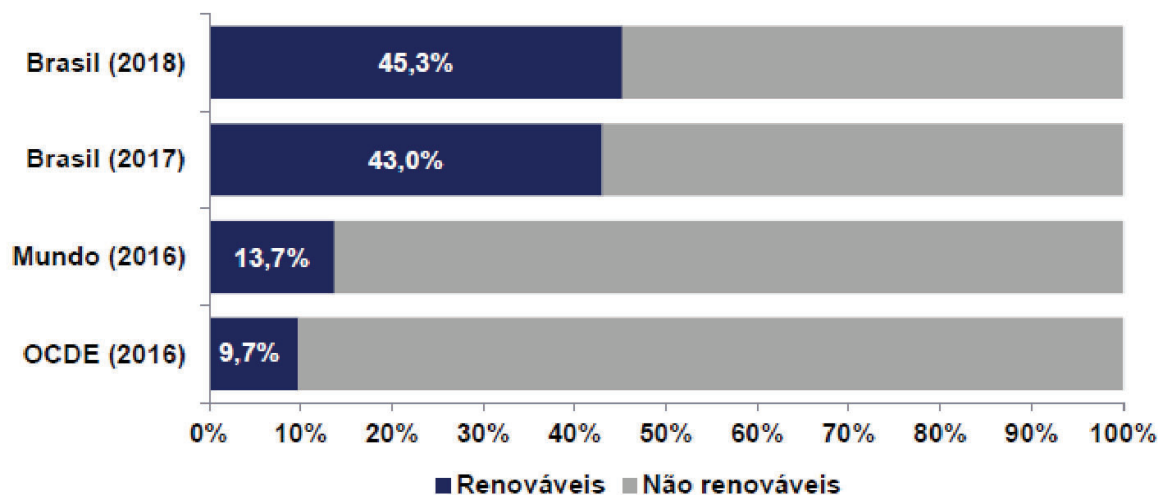
### **A Matriz Energética Nacional**

A produção de energia é essencial para o desenvolvimento de um país, estando o consumo desta energia relacionado com índices como expectativa de vida, mortalidade infantil e analfabetismo (GOLDEMBERG, 1998). As fontes de energia são utilizadas para aquecimento de residências, como combustíveis nos meios de transporte em geral, no aquecimento de caldeiras nas indústrias, e em muitas outras atividades do dia a dia da população.

O padrão de produção e consumo de energia tem impacto direto no meio ambiente. Enquanto a energia proveniente de fontes renováveis em geral produz baixos impactos no ambiente, a queima de combustíveis de origem fóssil para geração de energia é um dos maiores responsáveis pelas emissões de poluentes na atmosfera, causando o efeito estufa e as mudanças climáticas, colocando em risco os suprimentos do planeta (WWF, 2019).

Infelizmente, atualmente a maior parte da energia consumida no mundo é proveniente de fontes fósseis e não renováveis, tendo as energias renováveis ainda pouco espaço na matriz energética mundial. A figura 1 apresenta uma comparação da participação de energias renováveis na matriz energética no Brasil e no mundo.

Figura 1: Participação de Renováveis na matriz energética.



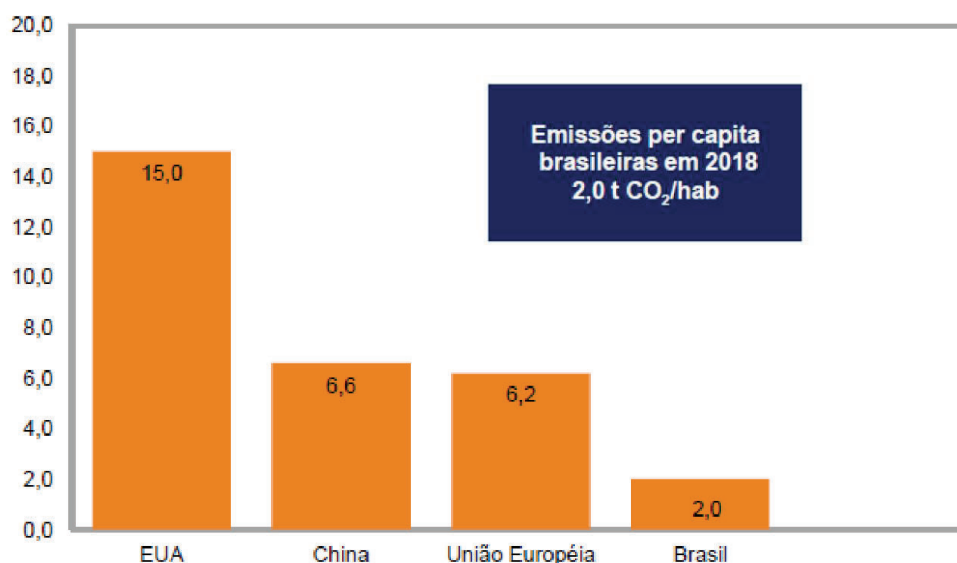
Fonte: EPE (2019).

Como se vê, no Brasil as energias renováveis estão ocupando um espaço considerável, correspondendo a 45,3% da matriz energética, bem diferente do resto do mundo ou dos países membros da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), nos quais as energias renováveis respondem por 13,7% e 9,7% respectivamente.

Foi o desenvolvimento econômico do Brasil nas últimas décadas que provocou um processo de mudanças na sua estrutura econômica e de produção de energia. Em 2006, o país inverteu a balança de importação de petróleo, e modificou a composição das fontes de fornecimento, aumentando a produção de biocombustíveis e outras energias renováveis, postando-se entre as nações pioneiras na geração de energia a partir das fontes alternativas, sustentáveis e com menores impactos ambientais frente às tradicionais (BRONZATTI e IAROSINSKI, 2008).

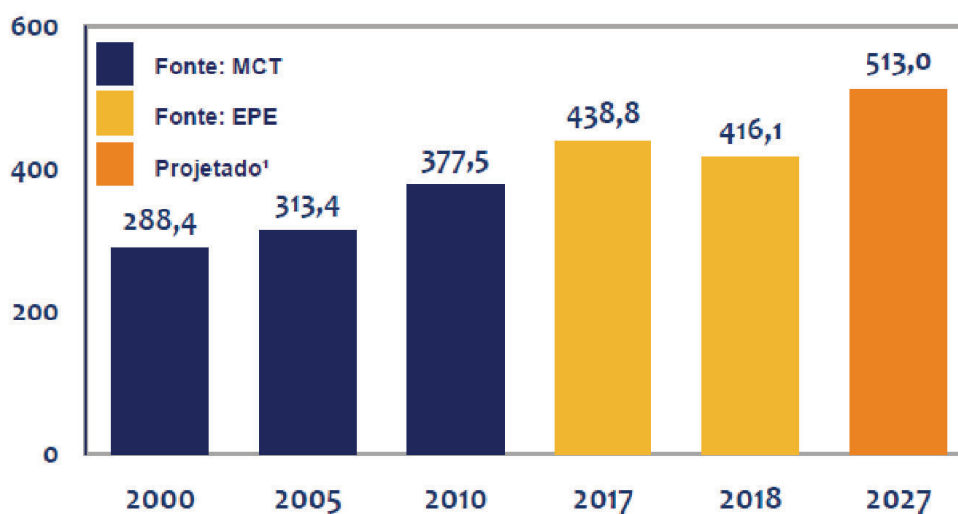
Devido à essa parcela considerável de energia proveniente de fontes renováveis, no Brasil as emissões de CO<sub>2</sub> são bem menores quando comparadas a outros países (figura 2). O Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional referente ao ano de 2018 (EPE, 2019) mostra que cada brasileiro emite em média, quase oito vezes menos do que um americano e pelo menos três vezes menos do que um chinês ou um europeu.

Figura 2: Emissões de CO<sub>2</sub> per capita (2016), em t CO<sub>2</sub>/hab.



As emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil em 2018 tiveram uma queda de cerca de 5,2% em comparação com 2017, como observado na figura 3. Essa redução se deve principalmente ao aumento na produção de energia hídrica e eólica, bem como pelo aumento na utilização de biocombustíveis no setor de transportes, setor que mais utiliza combustíveis fósseis e conseqüentemente emite maior quantidade de gás carbônico na atmosfera.

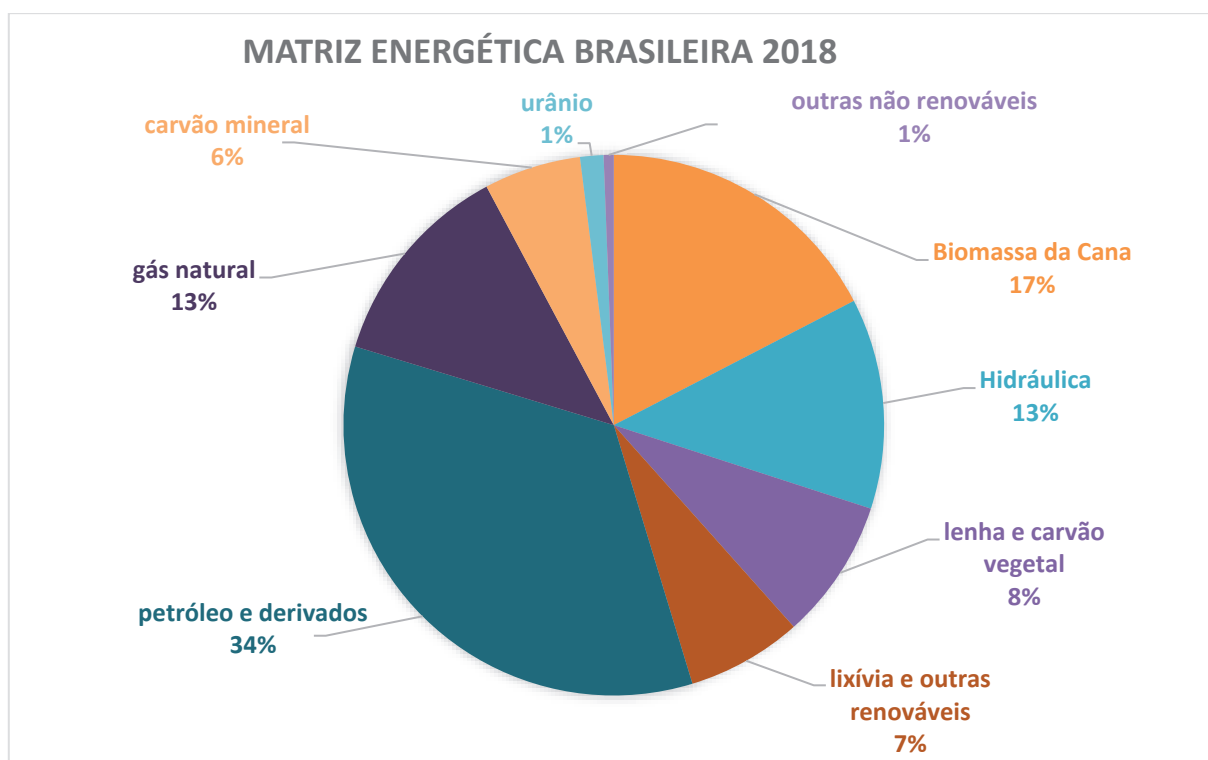
Figura 3: Evolução das emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil (evolução das emissões totais antrópicas associadas à matriz energética brasileira em MtCO<sub>2</sub> – eq).



Considerando os dados do Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional referente ao

ano de 2018 (EPE, 2019) foi possível construir um gráfico representando a composição da matriz energética brasileira para o ano citado (figura 4). Nessa matriz é possível observar a grande diversificação das fontes de energia no Brasil, mas ainda com um certo grau de dependência dos combustíveis de origem fóssil.

Figura 4: Matriz energética brasileira 2018



Fonte: EPE (2019), adaptado pelo autor.

Com a descoberta do pré sal houve um grande aumento nas reservas de petróleo brasileiras. No fim de 2018, as reservas totais de petróleo do Brasil foram contabilizadas em 24,3 bilhões de barris. Com isso, o país ocupou em 2018 a 15ª posição no ranking mundial de países com as maiores reservas provadas de petróleo. Cerca de 90% das reservas brasileiras se encontram na faixa litorânea em alto mar, o restante está localizado em campos terrestres no interior do continente (ANP, 2019).

O querosene, um dos derivados de petróleo, representou 1,3% da energia consumida no Brasil em 2018 (EPE, 2019). Como combustível de aeronaves, o querosene de aviação respondeu por 4% do consumo de energia do setor de transportes no país, correspondendo a 3.387 mil tep (tonelada equivalente de petróleo) de consumo no ano de 2018.

Com relação ao gás natural, as reservas totais brasileiras somam 570 bilhões de m<sup>3</sup>, e o estado do Rio de Janeiro responde por mais de 60% dessas reservas. No ranking mundial o país se encontra na 32ª colocação entre as maiores reservas provadas do mundo (ANP, 2019).

Além dos combustíveis fósseis, o Brasil produz uma grande quantidade de eletricidade através de usinas hidrelétricas. Em 2018, cerca de 66,6% da energia elétrica no país foi proveniente de usinas hidrelétricas, 8,5% de biomassa, 7,6% de usinas eólicas, 0,5% de usinas solares, 2,5% de usinas nucleares, 8,6% de gás natural, 2,4% de petróleo e derivados e 3,2% de carvão e derivados (EPE, 2019).

O Brasil também possui um grande potencial de exploração de urânio tendo a sétima maior reserva do mundo. Atualmente o governo brasileiro estuda formas de expandir a produção de energia nuclear, mas essa expansão envolve altos investimentos financeiros, além de riscos ambientais e à população, dividindo opiniões e dificultando o processo.

Em relação à energia eólica, o Brasil foi o oitavo maior gerador do mundo (ZAPAROLLI, 2019). Em 2018 gerou 48,5TWh, um aumento de 14,4% em relação ao ano anterior, e atingiu uma capacidade instalada de 14,4GW. Já a energia solar fotovoltaica, foram gerados 3,5TWh, um aumento de 316,1% quando comparado a 2017, com uma capacidade instalada de 1,8GW (EPE, 2019). Tanto a energia solar quanto a eólica ainda possuem um grande potencial a ser aproveitado, mas o alto custo inicial para a construção de plantas demanda estímulos governamentais, como incentivos fiscais e financiamentos subsidiados, dificultando a sua implantação.

A biomassa é uma das fontes de energia que mais tem crescido no país e no mundo, com utilização tanto na queima direta ou transformada em biocombustíveis (etanol, biodiesel e bioquerosene de aviação), em substituição aos derivados de petróleo. Em 2018, os derivados da cana (bagaço e etanol) responderam por cerca de 17% da oferta interna de energia do país. A lenha e o carvão vegetal responderam por aproximadamente 8% da energia do produzida (EPE, 2019).

É importante ressaltar que o Brasil tem grande potencial para aumentar a participação de renováveis em sua matriz energética uma vez que possui clima e relevo favoráveis a produção dessas fontes de energia. O mercado consumidor dessas energias tende a aumentar em todo o mundo em um futuro próximo, devido às legislações ambientais que obrigam o uso de biocombustíveis em meios de transporte, e à necessidade do cumprimento das metas assumidas no Acordo de Paris. Para atender essa demanda mundial, a produção no Brasil depende muito de políticas públicas favoráveis, seja concedendo incentivos fiscais à iniciativa privada, facilitando empréstimos ou criando projetos governamentais que favoreçam a ampliação do setor.

## **Os Biocombustíveis**

É inegável a importância da energia para o ser humano, seja para a realização das suas atividades econômicas, para o desenvolvimento de novas tecnologias ou simplesmente para a sua



sobrevivência. No entanto, a maior parte da energia consumida no planeta é proveniente da queima de combustíveis fósseis, principalmente petróleo, gás natural e carvão. Em 2018, cerca de 53% da energia utilizada no Brasil foi proveniente de combustíveis fósseis, e no restante do mundo o consumo foi de aproximadamente 80% (MME, 2019).

Uma vez que esse tipo de energia não é renovável, inevitavelmente se esgotará no futuro, tornando necessário a busca por novas fontes de energia, renováveis, como hidráulica, eólica ou biomassa, essa última podendo ser tanto para a queima direta como convertida em biocombustíveis (etanol, biodiesel, bioquerosene de aviação) (OLIVEIRA, SERRA e OLIVEIRA, 2014).

Os biocombustíveis são combustíveis produzidos a partir de matéria orgânica com alto valor estratégico, tanto na questão econômica, como em aspectos energéticos, de impacto ambiental e até de segurança alimentar.

Em termos de biocombustíveis, o etanol já é uma alternativa consolidada, principalmente devido a difusão dos veículos com motores flexfuel, que trabalham tanto com álcool como com gasolina. Com relação às matérias-primas para produção do etanol, a fabricação a partir da cana-de-açúcar é mais vantajosa, visto que o próprio bagaço pode ser utilizado para cogeração de energia elétrica para manutenção do funcionamento da usina. Já na produção a partir de outras culturas como milho ou beterraba os resíduos provenientes da colheita são utilizados em sua maioria para fertilização do solo e, portanto, há um gasto energético para o funcionamento da usina (MANOCHIO, 2014).

Com relação ao biodiesel, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), que prevê a adição do biodiesel ao diesel mineral tem elevado o consumo desse biocombustível no país, de 2017 para 2018 o aumento foi de mais de 25% (EPE, 2019). Atualmente a porcentagem de biodiesel no diesel está em 10% (B10), mas o Conselho Nacional de Política Energética já estabeleceu um cronograma para um aumento gradual, chegando em 15% até 2023 (CNPE, 2018). Com relação à produção, o biodiesel pode ser obtido de diversas fontes, como óleos vegetais virgens ou utilizados, e gorduras animais. No Brasil, a produção a partir do óleo de soja ainda é soberana, mas outros materiais como gordura bovina, de porco e até de frango têm sido utilizados (BORTOLETO et al., 2017).

Já o biogás tem a sua produção aumentando a cada ano, se mostrando como uma alternativa viável, principalmente para o setor agropecuário, por reduzir a quantidade de efluentes, a emissão de gases na atmosfera e a contaminação do solo. Uma das principais vantagens deste biocombustível é a proximidade entre a produção e a fonte de consumo, diminuindo as perdas na transmissão e distribuição de energia. O biogás pode ser convertido em energia térmica ou elétrica e a sua aplicação pode ser adaptada à demanda local. Também pode ser convertido em biometano

para utilização em automóveis, caminhões e máquinas agrícolas. Apesar de ter uma participação muito baixa na matriz energética brasileira, cerca de 1%, a capacidade instalada de biogás para geração elétrica cresceu mais de 100% entre 2013 e 2018 (FERNANDES e MARIANI, 2019).

O bioquerosene de aviação pode ser produzido a partir de óleos vegetais e matérias açucaradas. Atualmente a produção desse biocombustível no Brasil ainda é muito pequena e a um custo muito alto, o que inviabiliza o uso nas aeronaves no mercado nacional. Mas se o Brasil conseguir superar este problema do custo o mercado será muito promissor. Isso porque diversas empresas de aviação do mundo todo assumiram compromissos junto à Organização de Aviação Civil Internacional (ICAO) visando conter o aumento da temperatura do planeta. Com o RenovaBio a expectativa é que os produtores se sintam incentivados a aumentar a produção deste biocombustível (RIBEIRO, 2019).

## **O Bioquerosene**

O querosene, obtido do fracionamento do petróleo, tem como principal utilização o setor de transporte aéreo, como combustível na aviação civil e militar. Na indústria é muito utilizado como solvente, como agente de extração e na fabricação de outras substâncias. Também é utilizado em tintas, adesivos e na lavagem de peças metálicas, na mineração e na pelotização. No setor residencial é utilizado na iluminação e em produtos de limpeza.

De acordo com o Balanço Energético Nacional de 2018 (EPE, 2019), em termos de consumo, em 2018 foram consumidos  $4.127 \times 10^3 \text{ m}^3$  de querosene no país, dos quais  $4.125 \times 10^3 \text{ m}^3$  correspondem a utilização energética (sendo  $4.121 \times 10^3 \text{ m}^3$  de combustível para aeronaves e os demais para aquecimento e iluminação) e somente  $2 \times 10^3 \text{ m}^3$  tiveram utilização não energética do produto (outras utilizações que não a queima, como solvente, agente de extração, etc).

Diante desse grande consumo, o bioquerosene se mostra um importante substituto para o querosene, uma vez que apresenta o mesmo desempenho como combustível e as suas emissões são compensadas durante a sua produção.

O bioquerosene pode ser obtido a partir de diversas matérias-primas, como açúcares, amido, óleos, biomassa e materiais residuais. Algumas das plantas aptas a serem utilizadas são a cana-de-açúcar, soja, eucalipto, pinhão manso, babaçu e mamona. O ideal para a produção é que a matéria-prima esteja disponível em escala produtiva, sem ameaçar a biodiversidade ou interferir nos ecossistemas naturais, além de não requerer grandes quantidades de insumos agrícolas e não concorrer com o setor de alimentos.

Com o processo produtivo a matéria-prima resulta em hidrocarbonetos semelhantes aos

contidos no combustível fóssil. Com isso, o combustível produzido também gera CO<sub>2</sub> durante a queima, porém o dano é reduzido durante o ciclo produtivo, visto que em geral a matéria-prima empregada provém de plantas que absorvem o gás carbônico e assim compensam o carbono que é emitido para a atmosfera durante a queima (BETIOLO, ROCHA e MACHADO, 2009).

Sob o ponto de vista ambiental, econômico e social, o óleo de palma (*Elaeis guineensis*) é o que apresenta maior potencial para o Brasil, podendo ser produzido em larga escala para atender tanto ao mercado interno como externo.

Os processos produtivos mais utilizados são os processos químicos, através de transesterificação de oleaginosas vegetais e gorduras animais; bioquímicos, com a utilização de leveduras ou bactérias modificadas que metabolizam açúcares produzindo hidrocarbonetos; e termoquímicos, através de craqueamento catalítico ou gaseificação e síntese catalítica (BONASSA et al., 2014).

O processo químico envolve a transesterificação de óleos vegetais, gorduras animais ou de óleos residuais, utilizando-se um álcool, em geral metanol ou etanol, e catalisadores ácidos ou básicos, formando biodiesel. Na destilação do biodiesel são separadas duas frações, a mais leve corresponde ao bioquerosene e a mais pesada ao biodiesel. Essa é usualmente a rota mais utilizada, mas devido a necessidade de baixo teor de água na matéria-prima, bem como baixa acidez, etapas como filtração, extração líquido-líquido, branqueamento e desacidificação, acabam sendo necessárias, aumentando o custo do processo (CORRÊA et al., 2014).

Os processos bioquímicos envolvem a conversão de açúcares (carboidratos) em hidrocarbonetos através de leveduras *Saccharomyces cerevisiae* geneticamente modificadas. Os microorganismos consomem o açúcar e produzem isoprenoides ao invés de etanol. Os isoprenoides passam então por um processo de hidrogenação formando bioquerosene (NASTARI, 2017).

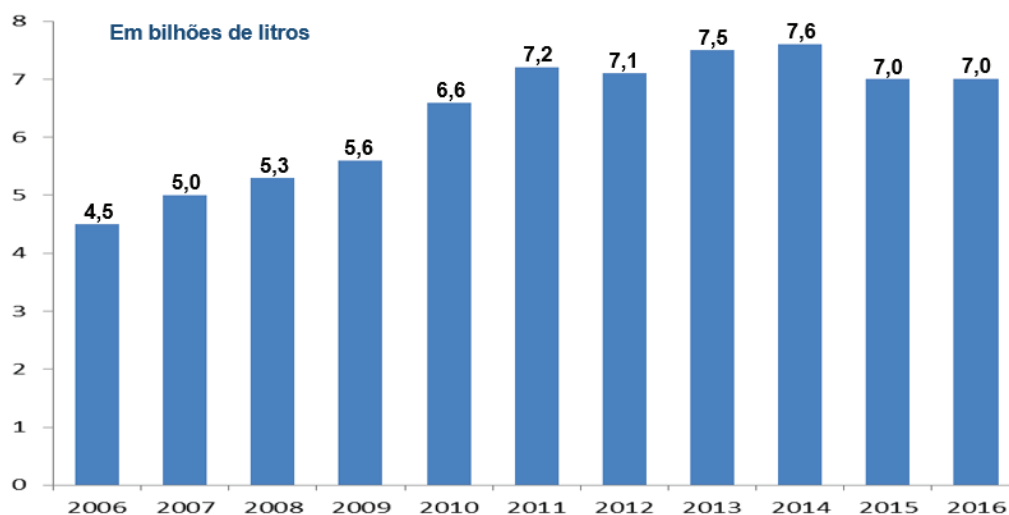
Na produção por craqueamento ocorre a decomposição térmica do óleo vegetal utilizando-se hidrogênio como catalisador. Após a retirada dos produtos oxigenados, o bioquerosene pode ser obtido por destilação, em frações semelhantes ao querosene de aviação.

### **As Oportunidades Surgidas para o Bioquerosene**

A aviação é, sem dúvida, de suma importância para o sistema econômico de qualquer país, o que tem favorecido o aumento na frota de aviões a cada ano, e com ele o impacto ambiental causado por essa modalidade de transporte. Os poluentes emitidos pelo setor de aviação são lançados diretamente na alta atmosfera criando uma espécie de cobertura ao redor da terra, que retém o calor que seria dissipado no espaço sideral.

Atualmente, cerca de 2% das emissões de CO<sub>2</sub> são devidas ao setor de aviação, e se nada for feito, até 2050 com a intensificação do tráfego aéreo o setor será responsável por cerca de 22% das emissões. A figura 5 apresenta o crescimento do consumo e demanda de querosene pela indústria da aviação no Brasil ao longo dos anos, acredita-se que esse consumo crescerá de 3 a 4 vezes até 2040, em comparação com os níveis de 2010. (SOARES e CENAMO, 2018).

**Figura 5: Consumo de querosene pela aviação ao longo dos anos no Brasil**



Fonte: Felix (2017), adaptado pelo autor.

Segundo Gomes, Faria e Dallemole (2010) cada m<sup>3</sup> de querosene de aviação consumido equivale a emissão de 2,52371262 toneladas de CO<sub>2</sub>. Considerando que em 2018 foram consumidos no Brasil 4.121 x10<sup>3</sup> m<sup>3</sup> de querosene de aviação, se apenas 20% desse querosene tivesse sido trocado por bioquerosene, seria o equivalente a uma redução na emissão de aproximadamente 2,08 x10<sup>6</sup> ton de CO<sub>2</sub>. Se a troca por bioquerosene chegar a 50% essa redução pode ser ainda maior, chegando a 5,20 x 10<sup>6</sup> ton de CO<sub>2</sub>.

Com o novo acordo climático global (Acordo de Paris), estabelecido em 2015, as nações foram convidadas a criar metas próprias, compatíveis com suas capacidades para reduzir as emissões dos gases causadores do efeito estufa. O setor de aviação foi o primeiro a criar metas próprias para a mitigação das mudanças do clima, com o estabelecimento pela Organização de Aviação Civil Internacional (ICAO) do Esquema de Compensação e Redução para a Aviação Internacional, o CORSIA.

A meta é atingir o Crescimento Neutro em Carbono (CNG) a partir de 2020 e reduzir em 50% as emissões líquidas de CO<sub>2</sub> sobre níveis de 2005 até 2050. Para isso, as medidas de mitigação incluem o desenvolvimento de tecnologias e novos padrões para as aeronaves, melhoria no controle de tráfego aéreo e das operações em solo para economia de combustível, estabelecimento

de mecanismos de mercado e compensações de emissões e o uso de biocombustíveis na aviação civil internacional.

O CORSIA será implementado em três etapas, as duas primeiras (entre 2021-2023 e depois entre 2024-2026) contam com a adesão voluntária de países e companhias aéreas e a última etapa, a partir de 2027 com metas e medidas que serão obrigatórias para todos os países, com exceções de países pouco desenvolvidos e que não atinjam um percentual mínimo de contribuição das emissões totais no setor (SOARES e CENAMO, 2018).

Assim, percebe-se que a indústria aeronáutica já está em busca de diversas melhorias, principalmente através do desenvolvimento de tecnologias que visem aumentar o desempenho ambiental de seus produtos e serviços, buscando soluções para que seja mantido o crescimento sustentável, visando assim garantir condições adequadas para as gerações futuras (BETIOLO, ROCHA E MACHADO, 2009).

Importante ressaltar que as aeronaves modernas já são altamente eficientes, de forma que as melhorias tecnológicas tendem a ser apenas incrementais, de forma que o uso de biocombustíveis se apresenta como uma solução mais eficiente para atingir o crescimento neutro de carbono (ROITMAN, 2018).

A criação de regulamentações, já é um passo importante, pois reconhece a capacidade dos biocombustíveis em contribuir para o alcance das metas de descarbonização. Nesse contexto, o bioquerosene surge como uma ótima alternativa para as empresas aéreas, que têm investido em pesquisas e testes, os quais mostraram a sua eficiência positiva tanto em seu rendimento como combustível como em relação a redução das emissões de dióxido de carbono (BEM, 2016).

No Brasil, os primeiros passos já foram dados, com a Resolução nº496 de 28 de novembro de 2018 que regulamenta o monitoramento, o reporte e a verificação de dados de emissão de CO<sub>2</sub> relativos ao transporte aéreo internacional e com a portaria nº4005 de 26 de dezembro de 2018 que estabelece os procedimentos para monitoramento e fornecimento dos dados de emissão de CO<sub>2</sub> pelos operadores aéreos nacionais relativos ao transporte aéreo internacional.

Para o Brasil o CORSIA é, sem dúvida, uma grande oportunidade para aumentar a produção de bioquerosene e explorar esse crescente mercado. Atualmente o país já conta com uma planta certificada para produção do biocombustível em Brotas, interior de São Paulo, além de outras plantas industriais que podem, com algumas adaptações se tornarem produtoras de bioquerosene (CEISE, 2019). Porém a adesão ao CORSIA pelo país ainda não foi concretizada, devendo ocorrer somente na fase obrigatória, dificultando os avanços e os investimentos no setor de bioquerosene de aviação. Espera-se que o RenovaBio venha mudar essa situação, alavancando a produção e comercialização deste biocombustível no país.

## **O PROGRAMA RENOVABIO**

No final de 2015, na 21<sup>a</sup> Conferência das Partes (COP21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC) foi elaborado um acordo mundial visando fortalecer a resposta global à ameaça da mudança climática e reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos das emissões de gases de efeito estufa. A partir desse acordo cada país se comprometeu a apresentar a sua contribuição, dentro das suas próprias capacidades, para redução das emissões dos gases causadores do efeito estufa.

Para atingir os objetivos desse acordo, em setembro de 2016 o Brasil formalizou a Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC), tornando as metas oficiais. Na NDC o país se comprometeu em reduzir as emissões dos gases de efeito estufa, estabelecendo uma redução de 37% em relação aos índices de 2005 até o ano de 2025, e de 43% até 2030. Para que esses índices sejam alcançados, o Brasil se comprometeu a alcançar uma participação de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética até 2030, com 18% da matriz energética correspondendo a participação de bioenergia, além de restaurar e florestar 12 milhões de hectares de florestas (MMA, 2019).

Nesse contexto, em 2017 o Ministério de Minas e Energia lançou o RenovaBio, uma política nacional de biocombustíveis com o objetivo principal de promover a adequada expansão dos biocombustíveis na matriz energética, a fim de alcançar o cumprimento dos compromissos assumidos no Acordo de Paris.

O RenovaBio conta com metas de descarbonização, definidas para um período de dez anos, as quais se desdobram em metas individuais compulsórias anuais para os distribuidores de combustíveis fósseis. Cada produtor e importador credenciado receberá uma nota, inversamente proporcional à intensidade de carbono do biocombustível produzido. Essas notas serão convertidas em unidades de CBIOS (Créditos de Descarbonização), as quais poderão ser comercializadas na bolsa de valores, e as distribuidoras de combustíveis fósseis poderão adquiri-las para alcançar as metas individuais compulsórias (EPE, 2017).

Além do benefício direto do aumento na produção e comercialização de biocombustíveis no país, com consequente diminuição nas emissões de carbono, a política do RenovaBio tende a estimular os produtores de biocombustíveis a adotarem práticas mais sustentáveis para buscarem notas mais altas de certificações, que se traduzirá em mais créditos para comercialização. Essa nota maior pode ser obtida, por exemplo, aproveitando-se ao máximo os resíduos gerados para cogeração de energia, reduzindo assim os custos operacionais do próprio produtor, fortalecendo o setor. Com isso espera-se que o país diminua a importação de combustíveis e assim possa gerar

mais postos de trabalho.

## **Desafios Técnicos e Econômicos**

Para que a expansão do setor de bioquerosene aconteça será necessário superar diversos desafios, sem deixar de atender os pilares fundamentais da sustentabilidade: ambiental, econômico e social.

O combustível gerado para ser adequado à aviação deve ser *drop-in*, ou seja, deve ser compatível e miscível com o combustível tradicional, sem ensejar a troca ou adaptação dos motores já em uso ou adaptações nas aeronaves, além de atender à todas as especificações técnicas. Vale ressaltar que cada aeronave tem uma vida útil de 35 a 50 anos e o valor de produção de cada aeronave é muito elevado, de forma que se torna inviável a substituição de toda a frota para utilização do biocombustível, o que justifica a necessidade da compatibilidade do bioquerosene produzido com os motores atualmente utilizados (AIAB, 2012).

Outro ponto a ser considerado é que atualmente existem poucos processos para a produção do bioquerosene (GUTERRES, 2019), sendo necessários investimentos na pesquisa de matérias-primas adequadas e no desenvolvimento de novas rotas tecnológica, termoquímica ou bioquímica.

Além disso, as matérias-primas para produção devem ser sustentáveis, sendo necessário inclusive a criação da sua cadeia de suprimentos, o que demanda altos custos e investimentos, principalmente no estágio inicial de desenvolvimento da indústria.

Há que se considerar ainda que os combustíveis podem representar mais de 21% dos custos operacionais das companhias aéreas e, portanto, se o custo do bioquerosene for demasiadamente elevado impactará diretamente nos resultados financeiros das companhias (ROITMAN, 2018). No Brasil a carga tributária no bioquerosene é maior que a do querosene de origem fóssil, tornando a sua produção pouco atrativa. Assim é imprescindível que sejam estabelecidas políticas públicas que favoreçam a produção e incentivem o produtor a optar pela produção de bioquerosene.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este trabalho teve como objetivo abordar o cenário atual e as perspectivas para o futuro da produção de bioquerosene no Brasil. No cenário atual, com as crescentes preocupações mundiais a respeito do clima, o CORSIA e o RenovaBio são excelentes oportunidade para o país explorar o seu setor agrícola e se tornar um dos maiores produtores de bioquerosene para aviação no mundo. A diversidade climática do país permite a obtenção das mais variadas matérias-primas vegetais

renováveis, e seu setor agrícola com grandes reservas de terras permitem planejar a demanda dos biocombustíveis para o futuro.

Vários fatores indicam que o bioquerosene é uma alternativa viável, pois trata-se de um processo muito mais limpo, que gera poucos resíduos, não agride o solo, e que apresenta compensação de carbono durante o processo produtivo. Se considerarmos os dados de consumo no Brasil de 2018, a simples troca de 20% do querosene de aviação por bioquerosene, por exemplo, pode gerar o equivalente a uma redução na emissão de aproximadamente  $2,08 \times 10^6$  ton. de CO<sub>2</sub>.

Além disso, o querosene, por ser de origem fóssil, tende a ter seus preços elevados conforme as reservas de petróleo forem se esgotando, provocando aumento nas passagens aéreas bem como nos produtos importados, evidenciando mais uma necessidade da utilização do bioquerosene.

No entanto, esse biocombustível só se tornará esse substituto se forem realizadas várias pesquisas e investimentos. Nesse ponto o Brasil ainda tem muito que avançar, há necessidade de muitos recursos para alavancar a indústria nacional no setor. O RenovaBio tem tudo para facilitar esse desenvolvimento, mas ainda falta vontade política para aderir ao CORSIA na fase voluntária, para aprovar uma política específica do bioquerosene, bem como incentivos fiscais para tornar o bioquerosene mais atrativo. Além disso, sem reais investimentos em pesquisa o país estará fadado a ficar apenas observando o resto do mundo avançar na produção do bioquerosene.

## REFERÊNCIAS

AIAB. ASSOCIAÇÃO DAS INDÚSTRIAS AEROESPACIAIS DO BRASIL. Inserção do Brasil nos biocombustíveis aeronáuticos. *Parcerias Estratégicas*, v. 16, n. 32, p. 59-64, 2012.

ANP. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS. *Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2019*. [2019]. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/publicacoes/anuario-estatistico/5237-anuario-estatistico-2019#Se%C3%A7%C3%A3o%204>. Acesso em: 25 jul. 2019.

BEM, A. A. P. C. *Uso de energia sustentável na aviação*. 2016. 23 f. Monografia (Ciências Aeronáuticas) - Universidade do Sul de Santa Catarina - Unisul Virtual, Palhoça, 2016.

BETIOLO, C. R.; ROCHA, G. C.; MACHADO, P. R de C. Iniciativas da aviação para redução das emissões de CO<sub>2</sub>. *Simpósio de Transporte Aéreo*, v. 8, n. 2009, p. 401-409, 2009.

BONASSA, G. et al. Bioquerosene: Um Estudo de Caso. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v. 3, p. 97-106, 2014.

BORTOLETO, G. G. Bona. Produção de biodiesel a partir de resíduos gordurosos de frango. *Bioenergia em Revista: Diálogos*, ano 7, n. 2, p. 77-97, jul/dez. 2017.

BRASIL. CÂMARA DOS DEPUTADOS. PL9321/2017. Estabelece o Programa Nacional do



**Bioenergia em Revista: Diálogos, ano/vol. 10, n. 1, p. 73-91, jan./jun. 2020.**

Yoshinaga, F.; Santos, A. S.; Moura, B. F. S.; Bortoleto, G. G.;

*Bioquerosene para aviação: cenário atual e perspectivas futuras*

Bioquerosene para o incentivo à pesquisa e o fomento da produção de energia à base de biomassas, visando à sustentabilidade da aviação brasileira. Disponível em:

<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2165988>. Acesso em 22 de julho de 2019.

BRONZATTI, F. L.; IAROSZINSKI NETO, A. Matrizes energéticas no Brasil: cenário 2010-2030. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, v. 28, p. 13-16, 2008.

CEISE. CENTRO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS DO SETOR SUCROENERGÉTICO E BIOCOMBUSTÍVEIS. *Combustível renovável ganha espaço na aviação nacional*. 06 de julho de 2017. Disponível em: <http://www.ceisebr.com/conteudo/combustivel-renovavel-ganha-espaco-na-aviacao-nacional-qqtqkn.html>. Acesso em 22 jul. 2019.

CNPE. CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA. Resolução n. 16 de 29 de outubro de 2018. Dispõe sobre a evolução da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, n.15, 8 nov. 2018. Disponível em:

<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=08/11/2018&jornal=515&pagina=2&totalArquivos=181>. Acesso em 26 jul. 2019.

CORRÊA, O. A. et al. Estudo da Produção de Bioquerosene via Craqueamento Térmico Catalítico de Material Lipídico de Caixas de Gordura do RU-UFPA. In: *Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química*, Florianópolis. 2014.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, RenovaBio: Biocombustíveis 2030. *Nota Técnica: Sustentabilidade*. Rio de Janeiro, fev. 2017.

\_\_\_\_\_. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, Balanço Energético Nacional 2019.

*Relatório Síntese/ Ano Base 2018*. Rio de Janeiro, maio/2019. Disponível em:

<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2019>. Acesso em 23 jul. 2019.

FÉLIX, M. Bioquerosene e oportunidades. Painel Biocombustíveis na Aviação: Solução de Baixo Carbono. *Ethanol Summit*, 2017.

FERNANDES, G.; MARIANI, L. O alto potencial de produção e uso fará do biogás a próxima fronteira da energia renovável no Brasil? *Boletim Energético*. FGV *Energia*. p. 4-11, mar. 2019.

GOLDEMBERG, J. Dossiê Recursos Naturais - Energia e desenvolvimento. *Estudos Avançados*. vol.12, n. 33, pp.7-15, 1998.

GOMES, V. M.; FARIA, A. M. M.; DALLEMOLE, D. Estimativa de gás carbônico derivado do consumo de combustíveis no Brasil e Mato Grosso entre 2000 e 2008: identificando contenção de externalidades negativas e tendências de ajustamento a uma economia de baixo carbono. *V ENANPPAS ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS*, Florianópolis, 2010. Disponível em: <http://www.anppas.org.br/encontro5/cd/artigos/GT7-468-640-20100903161203.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2020.

GUTERRES, G. *Embrapa apresenta pesquisas com matérias-primas para a produção de bioquerosene no Brasil*. 04 jun. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs/busca-de-noticias/-/noticia/43857499/embrapa-apresenta-pesquisas-com-materias-primas-para-a-producao-de-bioquerosene-no-brasil>. Acesso em 29 jul. 2019.

MANOCHIO, C. *Produção de bioetanol de cana de açúcar, milho e beterraba: uma comparação dos indicadores tecnológicos, ambientais e econômicos*. 2014. 35 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Química) – Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2014.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Acordo de Paris*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>. Acesso em: 28 mai. 2019.

MME. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Oferta e Demanda de Energia. Instalações energéticas. Energia no mundo. *Resenha Energética Brasileira*. Exercício 2018. mai. 2019. Disponível em:

<http://www.mme.gov.br/documents/1138787/1732840/Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+-+edi%C3%A7%C3%A3o+2019+v2.pdf/66a837a8-4164-4b37-be4a-59a5ad270c50?version=1.0>. Acesso em: 26 jul. 2019.

MOTA, C. J. A.; MONTEIRO, R. S. Química e sustentabilidade: novas fronteiras em biocombustíveis. *Química Nova*, v. 36, n. 10, p. 1483-1490, 2013.

NASTARI, P. M. Oportunidade de novas diretrizes no setor. *AgroANALYSIS*, v. 37, n. 2, p. 24-25, 2017.

OLIVEIRA, L. M.; SERRA, J. C. V.; OLIVEIRA, K. B. M. Balanços energéticos da produção de etanol para diferentes matérias primas. *Geoambiente On-line*, n. 22, 2014.

RIBEIRO, G. Brasil é apenas um espectador no avanço dos biocombustíveis para aviões. *Gazeta do Povo*. 27 mar. 2019. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/economia/brasil-e- apenas-um-espectador-no-avanco-dos-biocombustiveis-para-avioes-1u4ee5hd6dx6x5s6a4brzc1oe/>. Acesso em 26 jul. 2019.

ROITMAN, T. *Perspectivas e propostas de inserção de bioquerosene de aviação no transporte aéreo de passageiros no Brasil*. 2018. 158 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, 2018.

SOARES, P.; CENAMO, M. C. *Esquema de redução de emissões da Aviação Civil Internacional (CORSLA/ICO): desafios e oportunidades*. São Paulo: IDESAM, 2018.

WWF. WORLD WIDE FUND FOR NATURE. *As mudanças climáticas*. Disponível em: [https://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/reducao\\_de\\_impactos2/clima/mudancas\\_climaticas2/](https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/clima/mudancas_climaticas2/). Acesso: 16 jul. 2019.

ZAPAROLLI, D. Ventos promissores a caminho. *Pesquisa Fapesp*, n. 275, p. 78-83, jan. 2019.

1 YOSHINAGA, Fabiana. [fyoshinaga@gmail.com](mailto:fyoshinaga@gmail.com) Bacharel em Química pela Universidade Estadual de Campinas (2001) e Mestre em Química pela Universidade Estadual de Campinas (2003). Experiência nas áreas: ressonância magnética nuclear (RMN), infravermelho (IV), cromatografia gasosa (CG), cálculos teóricos, análise conformacional, recuperação melhorada de petróleo (EOR), biocombustíveis e metodologias ativas de aprendizagem. Atualmente sou Diretora Acadêmica na Fatec de Itatiba.

2 SANTOS, Ariane da Silva. [ariiane.dsantos@gmail.com](mailto:ariiane.dsantos@gmail.com). Tecnóloga em Biocombustíveis pela FATEC Piracicaba Dep. “Roque Trevisan”.

3 MOURA, Bruno Fernandes Santana de. [budico\\_st@hotmail.com](mailto:budico_st@hotmail.com). Tecnólogo em Biocombustíveis pela FATEC Piracicaba Dep. “Roque Trevisan”.

4 BORTOLETO, Gisele Gonçalves. [gisele.bortoleto@fatec.sp.gov.br](mailto:gisele.bortoleto@fatec.sp.gov.br) Bacharel em Química pelo IQ-UNICAMP (2001), licenciada em Química pela Faculdade de Educação da UNICAMP (2003), mestre em Química Analítica pelo IQ-UNICAMP (2003) e doutora em Ciências pelo IQ-UNICAMP (2007), realizou pós doutoramento no Centro de Energia Nuclear na Agricultura CENA-USP (2007-2008). É professora dos cursos de Alimentos e de Biocombustíveis da FATEC Piracicaba - Centro Paula Souza desde 2008 e coordena o curso de Tecnologia em Biocombustíveis. Atualmente é membro do Conselho Técnico do Parque Tecnológico de Piracicaba, membro do Conselho Municipal de Educação e Representante de Curso do Conselho Regional de Química.