

## Uso dos coprodutos da indústria do biodiesel para produção de bioquerosene de aviação

### Use of biodiesel industry co-products for the aviation bioquerosene production

DOI:10.34117/bjdv7n4-245

Recebimento dos originais: 09/03/2021

Aceitação para publicação: 09/04/2021

#### **Sérgio Peres**

Ph.D. em Ciências Térmicas – Engenharia Mecânica

Instituição: University of Florida – Estados Unidos

Endereço: Escola Politécnica de Pernambuco, Laboratório de Combustíveis e Energia,

Rua Benfica 455, Madalena, Recife, Pernambuco

E-mail: sergio.peres@upe.br

#### **Ana Rita Fraga Drummond**

Ph.D. em Engenharia Química

Instituição: Imperial College London – Reino Unido

Endereço: Escola Politécnica de Pernambuco, Laboratório de Combustíveis e Energia,

Rua Benfica 455, Madalena, Recife, Pernambuco

E-mail: anaritadrummond@gmail.com

#### **Eduardo César de Miranda Loureiro**

D.Sc. em Tecnologias Energéticas e Nucleares

Instituição: Universidade Federal de Pernambuco

Endereço: Escola Politécnica de Pernambuco, Laboratório de Combustíveis e Energia,

Rua Benfica 455, Madalena, Recife, Pernambuco

E-mail: eduloureiro@uol.com.br

#### **Maria de Los Angeles Perez Fernandez Palha**

D.Sc. em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro

Endereço: UFPE - CTG- DEQ - Laboratório de Microbiologia Industrial,

Av. Professor Artur de Sá, Cidade Universitária, Recife, Pernambuco

E-mail: angelesufpe@gmail.com

### **RESUMO**

Antes da pandemia do COVID 19, que assola o mundo desde dezembro 2019, o setor de aviação era responsável por 2% das emissões antropogênicas de CO<sub>2</sub> no planeta. Com a pandemia, houve uma redução de 75% nas emissões no setor de aviação em abril de 2020, em comparação com abril de 2019. Porém, em alguns casos isolados como na ilha de Fernando de Noronha, em Pernambuco, as emissões aéreas, em tempos normais, sem pandemia, 53% das emissões aéreas eram provenientes da aviação civil. Por esses motivos, algumas empresas aéreas estão investindo em ações sustentáveis como o uso de biocombustíveis para aviação, como forma de reduzir as emissões de GEE em 50% até

2050. Estas ações focam principalmente no desenvolvimento de alternativas para o fornecimento de similar ao JetA1 (combustível drop-in) baseado em matérias-primas biogênicas, ou seja, bioquerosene de aviação. Cinco rotas para produção do bioquerosene de aviação (BioQAV) foram aprovadas pelo *American Society for Testing and Materials* (ASTM) até 2018, sendo a maior parte derivada de óleos vegetais, gorduras animais e óleo de cozinha residual. Portanto, este trabalho contribui para a visualização das rotas tecnológicas para produção do BIOQAV, utilizando os coprodutos (resíduos) da produção do biodiesel no Brasil.

**Palavras Chaves:** bioquerosene, BioQAV, coprodutos, biodiesel, emissões aéreas, sustentabilidade

### ABSTRACT

Prior to the COVID 19 pandemic that has plagued the world since December 2019, the aviation sector accounted for 2% of the world's anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions. However, in some isolated cases such as on the island of Fernando de Noronha, in Pernambuco-Brazil, 53% of the CO<sub>2eq</sub> emissions, in normal times, without the COVID19 pandemic, were caused by civil aviation. With the pandemic, there was a 75% reduction in the global commercial flight activity in April 2020 compared to April 2019 (ABU-RAYASH et al,2020). In order to reduce the aviation CO<sub>2</sub> emissions, some airlines are investing in sustainable actions such as the use of biofuels for aviation as a way to reduce GHG emissions by 50% before 2050. These actions focus mainly on the development of alternatives for the supply of similar to JetA1 (drop-in fuel) based on biogenic raw materials, i.e., aviation biokerosene. Five routes for the production of aviation biokerosene (BioQAV) were approved by the American Society for Testing and Materials (ASTM) by 2018, most of which were derived from vegetable oils, animal fats and residual cooking oil. Therefore, this work contributes to the visualization of technological routes for BIOQAV production, using the co-products (residues) of biodiesel production in Brazil.

**Keywords:** biokerosene, co-products, biodiesel, air emissions, sustainability

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental do Reino Unido as turbinas aeronáuticas têm uma combustão eficiente com baixas emissões (Environmental Protection UK, 2019). Entretanto, as emissões de poluentes a nível de solo são aumentadas devido ao movimento das aeronaves. Além disso, uma grande quantidade de poluentes é gerada ao redor dos aeroportos devido ao tráfego aéreo. Dados do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) do Programa do Meio-Ambiente das Nações Unidas (UNEP) estabeleceram que o transporte aéreo contribui com 4,9% das mudanças climáticas incluindo emissões de gás carbônico e outros gases do Efeito Estufa (GEE), sendo o setor de aviação comercial responsável por 2% das emissões antropogênicas mundiais (CHIARAMONIT et al., 2014). Por esses motivos, algumas

empresas aéreas estão investindo em ações sustentáveis como o uso de biocombustíveis para aviação, como forma de reduzir as emissões de GEE em 50% até 2050 (ABDALLA, 2018). Estas ações focam principalmente no desenvolvimento de alternativas para o fornecimento de similar ao JetA1 (combustível drop-in) baseado em matérias-primas biogênicas, ou seja, bioquerosene de aviação (NEULING E KALTSCHMITT, 2014).

No Brasil, segundo o Balanço Energético Nacional 2020 - BEN 2020 (EPE, 2020), o consumo de querosene de aviação (QAV) em 2018 foi de 3.387.000 toe (toneladas equivalentes de petróleo), que equivale a 4.120.437,9 m<sup>3</sup> de querosene de aviação, com uma estimada produção de 17,76 milhões de tCO<sub>2</sub> pelo *Tier 1* (ANAC, 2019a). O *Tier 1* considera apenas o consumo de combustível na aviação civil, sendo feito numa abordagem *top-down*, sem discriminação por fases de voo. O cálculo de emissões considerando as fases de voo como o ciclo LTO – *landing and Take-off* e cruzeiro, a unidade auxiliar de potência (APU) e fatores de emissões dependentes das propriedades do combustível, pode ser obtido através do Método *Tier 3* (ANAC, 2019b) que não é objeto deste estudo.

Cinco rotas para produção do bioquerosene de aviação (bioQAV) foram aprovadas pelo *American Society for Testing and Materials* (ASTM) até 2018, sendo a maior parte derivada de óleos vegetais, gorduras animais e óleo de cozinha residual (IRENA, 2017).

O objetivo desse trabalho foi informar as rotas tecnológicas para produção do BIOQAV, utilizando os coprodutos da produção do biodiesel no Brasil.

## 2 ROTAS TECNOLÓGICAS PARA A PRODUÇÃO DO BioQAV

As rotas tecnológicas aprovadas pela ASTM até 2018 são cinco: - Querosene parafínico sintetizado por Fischer-Tropsch (SPK-FT); - Querosene parafínico sintetizado por hidrocessamento de ésteres e ácidos graxos (SPK-HEFA); - Iso-parafinas sintetizadas por hidrocessamento de açúcares fermentados (SIP); - Querosene parafínico sintetizado por Fischer-Tropsch com aromáticos (SPK/A); e, querosene parafínico sintetizado a partir de álcoois (SPK-ATJ).

A ASTM estabeleceu limites de misturas permissíveis, em volume/volume, dos biocombustíveis oriundos destas rotas em valores que variam de 10% (rota SIP), 30% (rota SPK-ATJ), e 50% para as rotas HEFA, FT e FT/A.

A ANP através da Resolução N°778/2019 de 5.4.2019 estabeleceu as especificações do querosene de e do bioQAV, e os limites de mistura para produção do querosene de aviação C (QAV-C). Os bioQAV podem ser adicionados ao QAV-1 (JET A-1) nas seguintes proporções: - até 50% em volume, os bioQAV obtidos através da rota SPK-FT, SPK-HEFA, SPK/A-FT e SPK-ATJ; e, em até 10% v/v, pela rota SIP. Também esta resolução regulamenta o uso voluntário de SPK-FT, SPK-HEFA e SIP.

A rota SPK-FT para produção de BioQAV, foi certificada em 2009, e utiliza gás de síntese, que é uma mistura de monóxido de carbono (CO) e hidrogênio (H<sub>2</sub>), para conversão em parafinas de cadeia longa, através do processo FT. Estas parafinas então são craqueadas e isomerizadas para produção de parafinas idênticas as presentes no QAV (de origem fóssil), porém, a rota FT não produz compostos aromáticos que estão presentes no QAV fóssil. Uma alternativa a esta rota é a SPK/A -FT, que além de utilizar o processo FT, utiliza também a alquilação de aromáticos leves (principalmente, o benzeno), para assegurar a presença de aromáticos., preservando assim as vedações elastoméricas presentes em diversos componentes do sistema de combustível da aeronave (NEULING, KARLTSCHMITT, 2014). As matérias-primas que podem ser utilizadas nestes processos são resíduos agrícolas, resíduos sólidos urbanos (RSU), resíduos da produção de biodiesel (agrícola e industrial), glicerina e resíduos lignocelulósicos.

A rota SPK-HEFA utiliza óleos vegetais e gorduras animais. Estes óleos e gorduras são convertidos em hidrocarbonetos por hidrogenação e então craqueados e isomerizados. Esta rota compete diretamente com a produção de biodiesel, e, não será considerada neste estudo por não utilizar os coprodutos na produção do biodiesel.

A rota SIP, utiliza açúcares como matéria-prima, e leveduras geneticamente modificadas para produção de hidrocarbonetos (farnaseno), e então hidroprocessada a farnesano (iso-parafina), e pode ser misturada até o limite de 10% ao QAV.

Finalmente, a rota SPK-ATJ, que foi certificada pela ASTM em 2016, pode utilizar matérias-primas que contém açúcares simples e complexos como o amido e a celulose para a produção de etanol. Pode ser utilizado o butanol e o isobutanol como matérias-primas. . O processo de produção é através da oligomerização do álcool (MAWHOOD *et al*, 2014; CARVALHO, 2017).

Desta forma, vários coprodutos oriundos da produção agrícola de oleaginosas e do processo industrial da produção do biodiesel podem ser utilizados para a produção do BioQAV, valorizando a cadeia produtiva do biodiesel.

### 3 COPRODUTOS PARA A PRODUÇÃO DO BioQAV

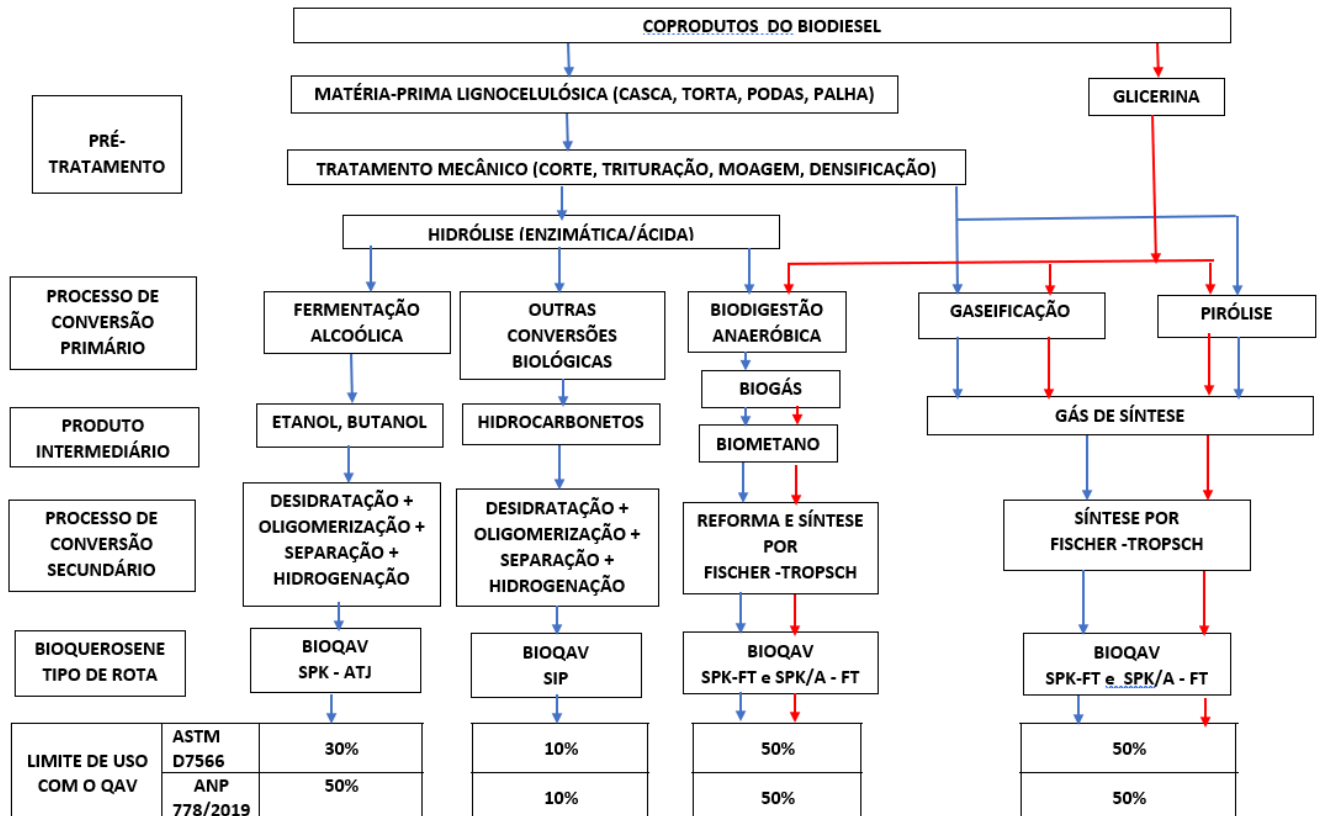
De acordo com as rotas de produção de BioQAV, a única rota que não é passível de utilização dos coprodutos como matéria-prima é a rota SPK-HEFA que utiliza os óleos vegetais e gorduras animais para a sua produção. As demais rotas podem utilizar as seguintes matérias-primas. Material lignocelulósico oriundo das cascas, tortas de prensagem da extração dos óleos vegetais, e a glicerina podem ser utilizados para produção de bioQAV através das seguintes rotas SPK-FT, SPK/A-FT. Para tal, estas matérias-primas devem apresentar um baixo teor de água (inferior a 25% em massa), para serem utilizadas nos processos de pirólise e gaseificação. No processo de gaseificação é produzido um gás de baixo poder calorífico (syngas), oriundo da combustão subestequiométrica; na pirólise, calor é fornecido ao reator de tal maneira que há uma degradação térmica da biomassa, podendo ser produzido um gás combustível (syngas) de médio poder calorífico e/ou um bio-óleo (liquefação) a depender da quantidade de calor fornecida, temperatura do reator, e tempo de exposição ao calor, sendo as temperaturas para produção do bio-óleo variando de 300 a 500°C, e para a produção do syngas, temperaturas acima de 700°C (PERES e PALHA, 2016; BRIDGWATER, 2012).

A glicerina pode ser utilizada como matéria-prima para produção do BioQAV através da rota SPK-FT, utilizando o syngas oriundo da glicerina gaseificada/pirolisada (PERES *et al.*, 2010) ou do metano gerado através da fermentação anaeróbia (AMORIM *et al.*, 2009). Em ambos processos, os produtos finais deverão ser submetidos a reforma catalítica através do processo de FT (SPK-FT ou SPK/A-FT).

Os coprodutos lignocelulósicos podem também ser submetidos a uma hidrólise enzimática ou a uma hidrólise ácida para produção de açúcares para a produção de álcoois, através de fermentação alcoólica para posterior produção do BioQAV através das rotas SPK e SPK/A – ATJ ou de outros processos de conversão biológica para produção do BIOQAV, através da rota SIP (NEULING e KALTSCHMITT, 2014). As rotas para

produção do BioQAV utilizando os coprodutos da indústria do biodiesel está ilustrada na Figura 1.

Figura 1 – Rotas tecnológicas para produção do BioQAV utilizando os coprodutos de biodiesel e seus limites de utilização misturado com o querosene de aviação pela Norma ASTM e Resolução ANP.



Obs.: — rotas dos produtos lignocelulósicos — rotas da glicerina como matérias-primas.  
ATJ – Querosene parafínico produzido a partir de álcoois, FT – Processo Fischer-Tropsch, SPK – Querosene parafínico sintetizado, SKA- Querosene parafínico sintetizado com aromáticos, SIP – Iso-parafinas sintetizadas por hidroprocessamento de açúcares fermentados.

Ainda segundo a Resolução ANP N° 778/2019 não pode ser utilizado mais do que um tipo de BioQAV ao querosene de aviação (QAV-1), JET A-2, e tem que atender os requisitos estabelecidos na resolução.

#### 4 CONCLUSÕES

Os coprodutos da produção do biodiesel, tanto na fase agrícola, ou industrial da produção do biodiesel) podem ser utilizadas como matérias-primas para produção de bioQAV, através das rotas SPK-FT, SPK/A-FT, SPK-ATJ, SIP.

Estes coprodutos consistem desde material lignocelulósico oriundo das cascas e resíduos da colheita das oleaginosas, como também, a glicerina.

Estas matérias-primas, na sua maioria, podem ser utilizadas em mais de uma rota tecnológica na produção do bioQAV.

Estudo mais aprofundados e a implantação de plantas pilotos para desenvolvimento destas tecnologias representam um grande passo para a realização de estudos de viabilidade técnico, econômica e ambiental para que estas rotas tecnológicas se tornem realidade no Brasil. A produção do BioQAV no Brasil pode contribuir significativamente para a redução das emissões oriundas das aeronaves e valorizando os coprodutos da indústria brasileira do biodiesel.

### **AGRADECIMENTOS**

Agradecimentos a Rede Brasileira de Tecnologia e Inovação do Biodiesel (RBTB) e ao MCTIC pelo incentivo nas pesquisas na área de biodiesel e biocombustíveis e na promoção dos eventos científicos.

## REFERÊNCIAS

BDALLA, N. – What effect is global aviation having on the environment. Disponível em <https://phys.org/news/2018-08-effect-global-aviation-environment.html>. **2018**. Consulta em 15/09/2019.

AMORIM, V.P.P, GONDIM, G.B., LIMA, F.P., GONDIM, L. B., NASCIMENTO, T.A., SILVA, A. B., NASCIMENTO, M.S., PERES, S. e PALHA, M. L. P.F., Obtenção de biogás a partir da glicerina residual utilizando dejetos bovinos como inóculo. **2009**. Anais do III Congresso da RBTB. p. 333-334.

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil. Metodologia de Cálculo – Inventário de Emissões Atmosféricas. **2019a**. Disponível no site - [https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/meio-ambiente/arquivos/inventario-nacional-de-emissoes\\_v6.pdf](https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/meio-ambiente/arquivos/inventario-nacional-de-emissoes_v6.pdf) . Acesso em 01/03/2021.

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil. Metodologia de Cálculo – Inventário de Emissões Atmosféricas. **2019b**. Disponível no site [https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/meio-ambiente/arquivos/metodologia-de-calculo\\_v8.pdf](https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/meio-ambiente/arquivos/metodologia-de-calculo_v8.pdf) . Acesso em 01/03/2021.

ANP- Resolução 778/2019 de 5.4.2019. Disponível no site [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/70491356/do1-2019-04-08-resolucao-n-778-de-5-de-abril-de-2019-70491250](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/70491356/do1-2019-04-08-resolucao-n-778-de-5-de-abril-de-2019-70491250). Acesso em 01/03/2021.

BRIDGWATER, A. V. Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. **2012**. Biomass and Bioenergy, 38, 68–94.

CARVALHO, F.M. Evaluation of the Brazilian potential for producing aviation biofuels through consolidated routes. **2017**. Dissertação de Mestrado em Planejamento Energético. UFRJ-COPPE.137 p.

CHIARAMONTI, D., PRUSSI, M. BUFFI, M., TACCONI, D. Sustainable bio kerosene: Process routes and industrial demonstration activities in aviation biofuels. **2014**. Applied Energy. 136 (2014) 767-774. DOI 10.1016/j.apenergy.2014.08.065.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética – Balanço Energético Nacional 2020 (BEN2020). **2020**. Disponível no site [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020\\_sp.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020_sp.pdf) . Acesso em 01/03/2021.

EPUK – Environment Protection UK. Aviation Pollution. Disponível no <https://www.environmental-protection.org.uk/policy-areas/air-quality/air-pollution-and-transport/aviation-pollution/>. Consulta em 15/09/2019.

IRENA. (2017). Biofuels for Aviation: Technology Brief. Disponível em <https://www.irena.org/publications/2017/Feb/Biofuels-for-aviation-Technology-brief>. Acesso em 15/09/2019.



MCTIC. Combustíveis Sustentáveis de Aviação (SAFs) – Bioquerosene. **2017**. Disponível em <http://www.mme.gov.br/documents/10584/7948694/AGENTES+DA+CADEIA+AERONAUTICA+NO+BRASIL+-+Consulta++P%C3%BAblica++Renovabio.pdf/46cc4348-ecec-4558-b8d0-1f19c9ede845;jsessionid=80DD49E2B66A6D0FC56ECF8C527F12AA.srv154>. Consulte em 15/09/2019.

NASCIMENTO, A. Plano pretende tornar Noronha o primeiro distrito carbono zero no país até 2030. **2018**. Disponível no site <https://www.diariodepernambuco.com.br/noticia/vidaurbana/2018/07/plano-pretende-tornar-fernando-de-noronha-o-primeiro-distrito-de-carbo.html> . Acesso em 01/03/2021.  
NEULING, U., KALTSHMIDT, M. Conversion routes for the production of biokerosene – status and assessment. **2014**. Biomass. Conv. Bioref. DOI 10.1007/s13399-014-0154-2.

PERES, S. e PALHA, M. L.A., Energia dos coprodutos do biodiesel (10 anos de pesquisa e inovação tecnológica. **2016**. Biodiesel no Brasil: Impulso Tecnológico. Vol.1. Cap. 10. 225-242.

PERES, S., AZEVEDO, B.C., FREIRE JR., A., ALMEIDA, C. Geração de biocombustíveis gasosos a partir da gaseificação da glicerina. **2010**. Anais do IV Congresso da RBTB. V.3. p. 1655-1656.

ROITMAN, T. Perspectivas e propostas para inserção de bioquerosene de aviação no transporte aéreo de passageiros no Brasil. Dissertação de Mestrado em Planejamento Energético. UFRJ. COPPE. **2018**. 158 p.