**Hotspots de produção de bio-querosene para os principais aeroportos do Brasil sob a ótica de demanda de passageiros-quilômetro pagos**

Pedro Luiz Barbosa Maia1 (pedroluiz@ppe.ufrj.br), Alexandre Szklo1 (szklo@ppe.ufrj.br), Joana Portugal-Pereira1 (joana.portugal@ppe.ufrj.br)

1 Centro de Economia Energética e Ambiental (Cenergia), Programa de Planejamento Energético (PPE), COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

*Área 6: Biorefinaria. Sistemas integrados. Modelagem.*

 1 - Resumo

Neste estudo é proposta e aplicada uma metodologia para identificação de possíveis oportunidades de produção de bio-querosene no país para atender demandas em aeroportos que estejam distantes de refinarias produtoras do combustível ou portos de importação, chamadas de *hotspots*. Com base em dados disponíveis na Agência Nacional da Aviação Civil (ANAC), elaborou-se um ranking de principais aeroportos do Brasil, adotando o ano base de 2018, sob a ótica da demanda de serviço de passageiro-quilômetros pagos (RPK), e aproximam-se esses valores para consumo de querosene de aviação. Para produção da bio-querosene, são avaliadas duas rotas – Alcohol to Jet (ATJ), processando cana de açúcar, milho ou trigo, e *Hydroprocessed Esters and Fatty Acids* (HEFA), processando óleo de soja. Identificam-se dois principais *hotspots*, hipotéticas biorefinarias próximas aos aeroportos internacionais de Brasília e Fortaleza, que utilizariam baixos percentuais do potencial energético do estado para o cultivo de milho, menores que 1%, para produzir bio-QAV de forma a compor, junto com a querosene fóssil, em proporção certificada de 50%, um combustível condizente com ambições para mitigação climática no setor.

**Palavras-Chave:** Sustainable Aviation Fuels, SAF, bio-QAV, SPK, aviação, Brasil, aeroportos, georreferenciamento

2 - Introdução

A produção de querosene de aviação (QAV) no Brasil se dá usualmente em nove refinarias, distribuídas por oito estados, o que, em uma primeira análise, aponta uma razoável distribuição geográfica, com a região Centro-Oeste sendo a única com demanda considerável de QAV atendida integralmente por outra região brasileira, na medida em que não há refinarias nesta. Há déficit nacional de combustível, com importação média anual de 1,4 milhões de metros cúbicos entre 2011 e 2018 (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), 2022), além de uma distribuição inter-regional, regida por uma logística de significante complexidade, utilizando de transporte por dutos, cabotagem e rodovias. A importação se dá via três portos: Itaqui, Suape e São Sebastião. Os dois primeiros complementam a produção das regiões Norte e Nordeste e o segundo atende a demanda da região Centro-Oeste.

O setor de aviação no Brasil aparenta seguir tendência internacional de mudanças na indústria com viés de mitigação climática. O país é estado membro do conselho deliberativo da Organização Internacional de Aviação Civil (ICAO), que possui objetivos e mecanismos de mercado para redução de emissões de gases de efeito estufa, promovendo a utilização de Combustíveis Alternativos de Aviação (SAF). Inclusive, recentemente o país modificou sua legislação, estabelecendo a criação do QAV-C pela Resolução N°779 de 5 de Abril de 2019, sendo definido como a mistura da querosene de aviação civil (QAV-1) com combustíveis de aviação sustentáveis (SAF na sigla inglesa).

3 – Objetivos

Motivado pela estrutura da produção e distribuição de querosene no Brasil, aliado à ausência de estudos georreferenciados para a perspectiva de inserção futura de SAF, o presente trabalho se propõe a identificar geograficamente oportunidades, aqui chamadas de *hotspots*, para produção hipotética de bio-querosene, assim como determinar fontes de biomassa para sua produção, através da elaboração e execução de uma metodologia idealizada.

4 - Material e Métodos

A partir de dados abertos da Agência Nacional da Aviação Civil (ANAC) (2021), obtém-se uma lista de todos os aeroportos brasileiros com rotas produtivas no ano base de 2018. Utiliza-se do critério de demanda total pelo serviço de transporte aéreo de passageiros (passageiros-quilômetro pagos – RPK), considerando voos domésticos e internacionais com origem em território nacional, para ordená-los. Considerando uma mesma eficiência de conversão de m³ de querosene em RPK, calcula-se um consumo estimado de querosene por aeroporto. Por fim, com um critério de corte de valor acumulado de 95%, obtém-se uma lista dos principais aeroportos brasileiros.

 A metodologia proposta parte do georreferenciamento destes aeroportos e de refinarias, assim como portos de importação (definidos aqui como fontes de querosene). Percebe-se que há aeroportos, de considerável demanda anual de combustível que não possuem nenhuma fonte de querosene em seu estado ou a distâncias inferiores à 100km. Estes são definidos como *hotspots*.

Idealiza-se, então, que estes *hotspots* possam ter suas demandas anuais supridas por hipotéticas biorefinarias produtoras de QAV-C. Utilizando de duas rotas de produção de SAF – HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids) e ATJ (Alcohol to Jet), além de quatro insumos – cana-de-açucar, soja, milho e trigo, calcula-se o valor de consumo hipotético de cada cultivo em cada *hotspot* (C*cultivo,hotspot*). Com resultados de estimação de potencial bioenergético desses cultivos no Brasil de CARVALHO et al. (2019), calcula-se o potencial por estado brasileiro onde estão situados esses *hotspots* (Pcultivo,estado). Selecionam-se como matérias primas ótimas para produção de bio-querosene em cada *hotspot* aquelas onde se observa um menor percentual de consumo dentre os cultivos, calculado pela Equação abaixo.

$$\%\_{consumo}=\frac{C\_{cultivo, hotspot}}{P\_{cultivo, estado}}\*100$$

5 - Resultados e Discussão

A Tabela 1 sumariza os resultados do estudo. A quantidade anual total de QAV-C necessária para suprir todos esses *hotspots* é de aproximadamente 1,22 milhões de m³ (50% bio-QAV, 50% QAV-1), que é inferior ao valor de importação médio anual no país nos últimos oito anos, apontando para uma inicial concordância.

Observa-se que todos os cultivos ótimos representam baixos percentuais de consumo. O maior corresponde ao aeroporto SBFZ Fortaleza, que necessitaria de 0,511% do potencial de produção de milho do estado do Ceará para produzir bio-QAV o suficiente para suprir sua demanda anual, e o menor ao aeroporto SBCY Várzea Grande, que precisaria de uma quantidade hipotética de 0,002% do potencial de produção de soja do estado do Mato Grosso para produzir bio-QAV suficiente para seu funcionamento anual.

O cultivo ótimo selecionado foi cana-de-açucar em três situações, número de ocorrência que também é o mesmo para soja e milho. Para nenhum *hotspot* o cultivo de trigo foi considerado como matéria prima ótima, fato que era esperado pelas dimensões do potencial no Brasil, assim como a ausência do cultivo em diversos estados.

Tabela 1: Hotspots selecionados pela metodologia. Valores em verde realçam menor percentual de consumo dentre os cultivos. Elaboração própria.



4 – Conclusões

Entre os *hotspots* avaliados, aqueles com maior relevância são os de Brasília e Fortaleza, cujos aeroportos internacionais consomem anualmente 6,8% e 3,7% do querosene vendido no Brasil, respectivamente. Seleciona-se milho como cultivo ótimo para estes *hotspots*, de forma que seria necessário consumir menos de 1% do potencial energético de milho dos estados do Distrito Federal e do Ceará para produzir bio-querosene o suficiente a formular QAV-C para atender as demandas anuais de ambos os aeroportos. O estudo demonstra como a utilização de instrumentos de georreferenciamento pode auxiliar a implementação futura de SAF na estrutura produtiva de QAV do Brasil, observando sinergias entre produção, consumo e disponibilidade de matéria prima.

5 – Agradecimentos

 Pedro Luiz Barbosa Maia agradece o apoio financeiro do Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – PRH-41/ANP, suportado com recursos provenientes do investimento de empresas petrolíferas qualificadas na Cláusula de P, D&I da Resolução ANP nº 50/2015.

6 - Bibliografia

Agência Nacional da Aviação Civil (ANAC). Dados Estatísticos, **2021**.

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Dados estatísticos, **2022**.

Carvalho, F. et al. Potential for biojet production from different biomass feedstocks and consolidated technological routes: a georeferencing and spatial analysis in Brazil. Biofuels, Bioproducts and Biorefining, 13(6), p1454–1475, **2019**.