

Introdução e Objetivos

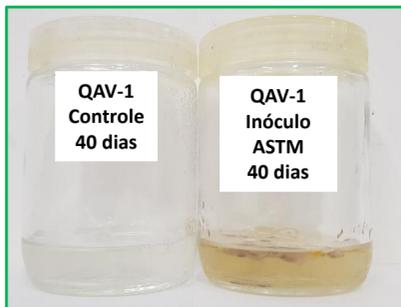
A aviação civil comercial utiliza o querosene de aviação (QAV-1) que tradicionalmente recebe uma atenção especial durante a armazenagem devido a possibilidade de contaminação microbiana. Na última década, os combustíveis sustentáveis de aviação (SAF) vêm sendo propostos com a missão de reduzir as taxas de emissões de gases poluentes e possibilitar o uso de fontes renováveis. No entanto, ainda não se conhece o impacto da introdução de SAF puro e na mistura com QAV em relação à sua estabilidade, em especial à suscetibilidade ao crescimento microbiano durante o armazenamento. Os tanques de estocagem de combustíveis podem apresentar acúmulo de água proveniente da condensação do ar, que por sua vez, pode favorecer o desenvolvimento microbiano. Como consequência ocorre a formação de biofilmes que podem provocar o entupimento de filtros, tubulações, degradação de hidrocarbonetos, biocorrosão, entre outros problemas (Krohn et al, 2021; Lobato et al, 2023). A predição do comportamento da adição de SAF ao querosene de aviação fornecerá a comunidade usuária o conhecimento sobre como conduzir as ações de manutenção para a garantia da qualidade final. Portanto, o objetivo deste trabalho foi acompanhar o comportamento da formação de biomassa e degradação de SAF (farnesano - 2,6,10 trimetildodecano), QAV-1, dodecano (C₁₂H₂₆) e mistura de QAV-1:farnesano à 10 % (mistura 10 %) por um fungo e um consórcio microbiano em condições de estocagem simulada por 40 dias.

Metodologia

1. MONTAGEM DE MICROCOSMOS

- **Fase Combustível:** QAV-1, farnesano produzido pela rota HFS- SIP (Amyris), dodecano ≥ 99 % (Sigma-Aldrich®), e a mistura 10 % preparada em laboratório a partir das amostras de QAV-1 e farnesano.

- **Microrganismos:** 10⁴ esporos.mL⁻¹ do fungo filamentosamente deteriorativo de querosene *Hormoconis resiniae* e 10⁴ UFC.mL⁻¹ de uma amostra de inóculo não-caracterizado representando um lodo biológico formado em condições reais conforme recomendado na Norma ASTM E1259.



2. ESTOCAGEM SIMULADA

Os frascos de vidro contendo a fase combustível e meio mineral com e sem microrganismos foram estocados à 30 °C por 40 dias, na ausência de luz.

3. ANÁLISES

- **Análise microbiológica:** A formação de biomassa foi avaliada por meio de técnica gravimétrica e expressa por mg. O biofilme formado na interface aquosa/combustível foi coletado em membranas de papel filtro utilizando um sistema de filtração à vácuo.

- **Análises químicas:** A fase aquosa do experimento foi submetida à avaliação de pH. A fase combustível/ hidrocarboneto foi avaliada quanto à degradação utilizando a análise de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS).

Resultados e Discussão

O *H. resiniae* é reconhecidamente um dos fungos mais deteriorativos de combustíveis e por esta razão tem sido avaliado em experimentos de biodeterioração, em especial com querosene. Contudo, esse é o primeiro estudo que avalia uma população microbiana proveniente de uma condição real representada pelo inóculo não-caracterizado utilizando o SAF (farnesano). Em termos de biomassa formada, o fungo *H. resiniae* apresentou o maior valor na condição com o dodecano (C₁₂H₂₆) com 31,22 mg ao final de 40 dias (Figura 1). A produção de metabólitos ácidos foi verificada pela redução de 7,2 para 5,5 do pH da fase aquosa com o dodecano (Tabela 1). A mistura 10 % e QAV-1 apresentaram 12,60 mg e 12,55 mg, respectivamente, e redução do pH em ambas amostras.

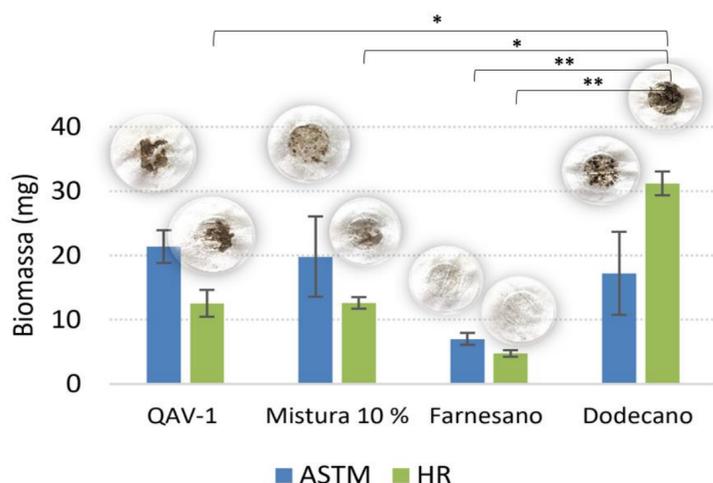


Figura 1. Valores de biomassa formada do inóculo não-caracterizado (ASTM) e *H. resiniae* (HR) após 40 dias. Imagens dos filtros contendo a biomassa. Controle do inóculo *H. resiniae* em caldo Sabouraud: 81,4 mg. (*) p<0.05 (**) p<0.01.

Tabela 1. Valores das médias dos resultados de pH e degradação aos 40 dias. pH inicial: 7,2.

Tratamento	Inóculo	pH	Degradação total (%)
QAV-1	Sem inóculo	6,6	41,34
	<i>H. resiniae</i>	5,9	48,61
	ASTM	5,1	45,09
Dodecano (C ₁₂ H ₂₆)	Sem inóculo	6,6	23,90
	<i>H. resiniae</i>	5,5	13,24
	ASTM	6,4	10,00
SAF (Farnesano)	Sem inóculo	6,8	0,00
	<i>H. resiniae</i>	6,6	0,00
	ASTM	6,5	0,00
Mistura 10%	Sem inóculo	7,1	41,50
	<i>H. resiniae</i>	6,2	36,57
	ASTM	4,8	13,33

O inóculo não-caracterizado (ASTM) apresentou o maior valor de biomassa na condição com QAV-1 (21,4 mg) e mistura 10 % (19,8 mg) (Figura 1). Nestas amostras, os valores de pH foram 5,1 e 4,8, respectivamente (Tabela 1). análise semi-quantitativa avaliada por GC-MS indicou que a maior degradação observada foi na condição de QAV-1 na presença do *H. resiniae*, com 48,61 % em relação ao valor do tempo inicial, seguida do tratamento com o inóculo não-caracterizado ASTM que apresentou um valor de 45,09 % (Tabela 1). A mistura 10 % apresentou uma degradação de 36,57 % na presença de *H. resiniae* enquanto que o inóculo não-caracterizado apresentou 13,33 %. O dodecano mostrou uma degradação de 13,24 % pelo fungo isolado e 10 % pelo consórcio. O SAF (farnesano) não foi degradado pelos microrganismos avaliados o que corroborou com os resultados observados de biomassa aos 40 dias. A hipótese de que cadeias de hidrocarbonetos alifáticos sem ramificações (metilas) são preferencialmente degradadas pelos microrganismos, foi testada e observada pela diferença no crescimento microbiano entre dodecano e farnesano, tanto pela biomassa quanto pela análise cromatográfica. A presença de grupos metila na composição química do SAF pode dificultar a degradação por alguns microrganismos.

Conclusões

Os resultados deste estudo indicaram que o SAF (2,6,10-trimetildodecano - farnesano) puro não promoveu o crescimento dos microrganismos avaliados. No entanto, na mistura testada de QAV com 10% de farnesano, foi observado o desenvolvimento microbiano, indicando que o SAF não inibiu nem promoveu a formação de biomassa, nas condições testadas. Esse resultado inicial, aponta para a manutenção das Boas Práticas, com rotinas rigorosas de monitoramento durante a estocagem dos combustíveis de aviação.

Referências

- KROHN, I. et al. Deep (Meta)genomics and (Meta)transcriptome Analyses of Fungal and Bacteria Consortia From Aircraft Tanks and Kerosene Identify Key Genes in Fuel and Tank Corrosion. *Front. Microbiol.* **2021** 12:722259.
- LOBATO, M. et al. Behavior of deteriorogenic fungi in aviation fuels (fossil and biofuel) during simulated storage. *Braz. J. Microbiol.* **2023**. 54:1603–1621.
- American Society for Testing Materials – ASTM E1259 – 10 Standard Practice for Evaluation of Antimicrobials in Liquid Fuels Boiling Below 390 °C.
- BUSHNELL, C.D. & HAAS H.F. The utilization of certain hydrocarbons by microorganisms. *J Bacteriol* **1941**.41:654–74