

# **Seminário DCA-BR**

## **Combustíveis Alternativos para Aviação**

**São José dos Campos, 29 de novembro de 2011**

### **O uso de combustíveis “drop in” na aviação comercial**

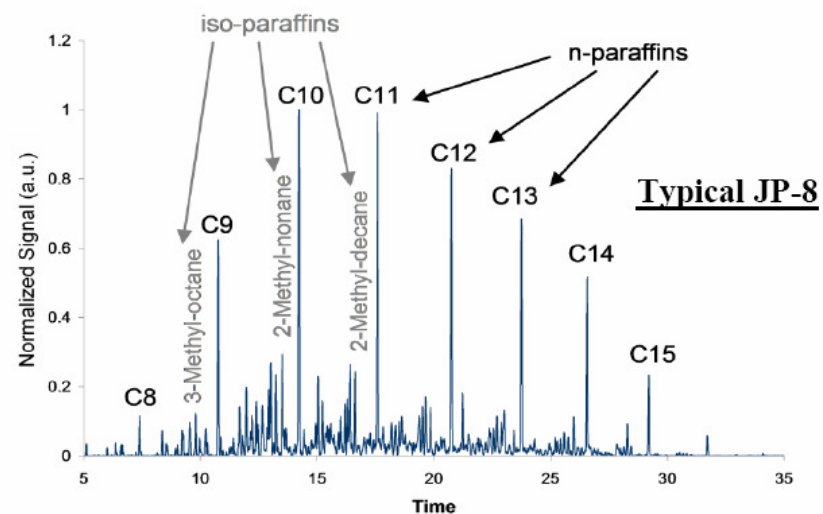
Alexandre Tonelli Filogonio  
EMBRAER

- Querosene
- Combustível “drop in” e processos de aprovação
- Combustíveis alternativos na Embraer
- Comentários finais

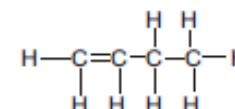
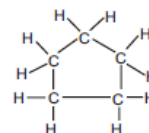
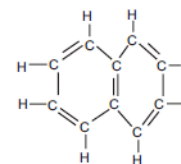
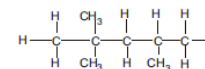
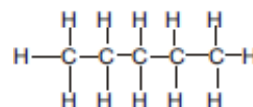
# Querosene de Aviação



- Combinação complexa de hidrocarbonetos entre C8 e C16 e aditivos
- Destilação fracionada seguida de tratamentos que conferem as qualidades finais do produto
- Especificação definidas em normas internacionais – ASTM D 1655, DefStan 91-91, GOST 1027
- AFQRJOS (Aviation Fuel Quality Requirements for Operated Systems) – requisitos mais rigorosos da D 1655 e 91-91



Fonte: AFRL-RZ-WP-TR-2009-2034



# Funções no avião



- Fonte de energia
- Lubrificante
- Fluido hidráulico (motor)
- Fluido refrigerante



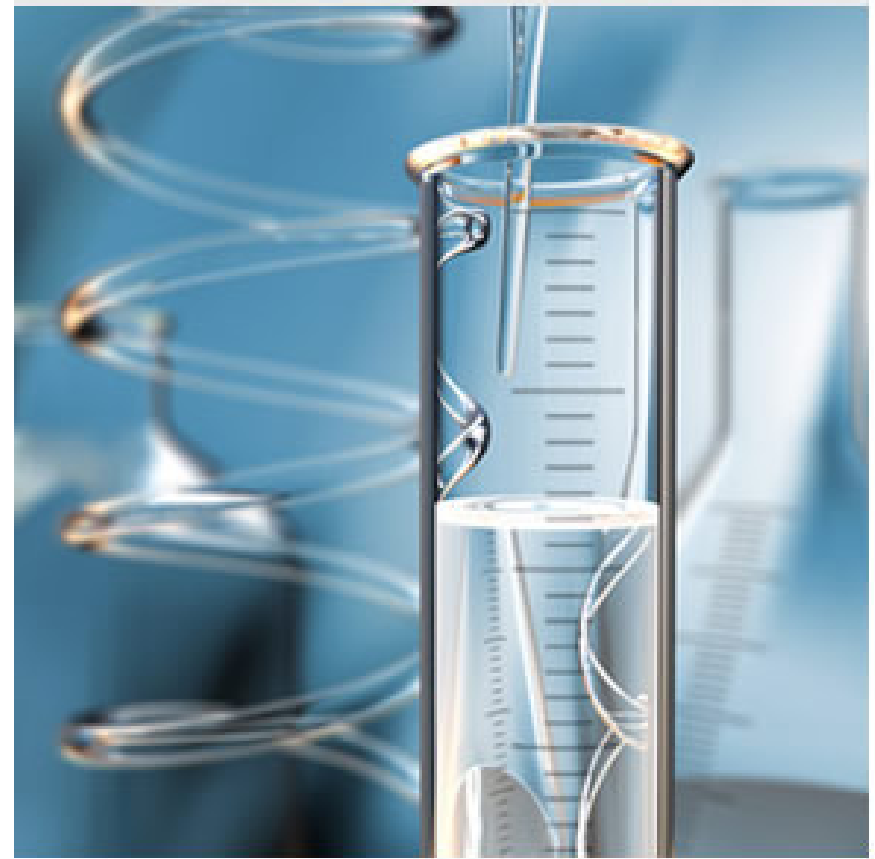
# Especificação



| Jet A-1 Turbine Fuel, Aviation, Defence Standard 91-91/Issue 6 |                      |               |                   |        |        |         |
|----------------------------------------------------------------|----------------------|---------------|-------------------|--------|--------|---------|
| Property                                                       | Specification Limits |               | 2010 Test Results |        |        |         |
|                                                                | Min                  | Max           | Min               | Max    | Mean   | Wt Mean |
| <b>Total Acid Number:</b> (mg KOH/g)                           |                      | <b>0.015</b>  | 0.000             | 0.012  | 0.0025 | 0.0032  |
| <b>Aromatics:</b> (vol %)                                      |                      | <b>25.0</b>   | 12.00             | 22.70  | 17.84  | 18.47   |
| <b>Sulfur, Total:</b> (mass %)                                 |                      | <b>0.3</b>    | 0.0004            | 0.200  | 0.084  | 0.094   |
| <b>Sulfur Mercaptan<sup>1</sup>:</b> (mass %)                  |                      | <b>0.003</b>  | 0.0000            | 0.0027 | 0.0010 | 0.0011  |
| <b>Distillation:</b>                                           |                      |               |                   |        |        |         |
| Initial Boiling Point (IBP), (°C)                              |                      | <b>205.0</b>  | 138.0             | 179.1  | 148.9  | 148.8   |
| 10% recovered, (°C)                                            |                      |               | 158.8             | 183.7  | 168.7  | 168.2   |
| 50% recovered, (°C)                                            |                      | <b>Report</b> | 173.3             | 204.1  | 195.6  | 196.3   |
| 90% recovered, (°C)                                            |                      |               | 204.0             | 249.0  | 237.4  | 240.0   |
| Final Boiling Point (FBP), (°C)                                |                      | <b>300.0</b>  | 217.0             | 288.0  | 261.9  | 264.4   |
| Residue, (vol %)                                               |                      | <b>1.5</b>    | 0.5               | 1.5    | 1.1    | 1.1     |
| Loss, (vol %)                                                  |                      | <b>1.5</b>    | 0.0               | 1.5    | 0.6    | 0.5     |
| <b>Flash Point:</b> (°C)                                       | <b>38.0</b>          |               | 39.0              | 48.0   | 41.8   | 41.6    |
| <b>Density:</b> (kg/m <sup>3</sup> @ 15 °C)                    | <b>775.0</b>         | <b>840.0</b>  | 784.6             | 805.2  | 797.7  | 797.0   |
| <b>Freezing Point:</b> (°C)                                    |                      | <b>-47</b>    | -56.50            | -49.10 | -52.37 | -51.52  |
| <b>Viscosity:</b> (mm <sup>2</sup> /s @ -20 °C)                |                      | <b>8.0</b>    | 1.664             | 4.730  | 3.766  | 3.838   |
| <b>Net Heat of Combustion:</b> (MJ/kg)                         | <b>42.80</b>         |               | 43.117            | 43.433 | 43.270 | 43.266  |
| <b>Smoke Point<sup>2</sup>:</b> (mm)                           | <b>25.0</b>          |               | 19.00             | 27.00  | 23.89  | 24.28   |
| <b>Naphthalene:</b> (vol %)                                    |                      | <b>3</b>      | 0.15              | 2.19   | 1.24   | 1.30    |
| <b>Thermal Stability:</b>                                      |                      |               |                   |        |        |         |
| Change in pressure drop, mm Hg @ 275 °C                        |                      | <b>25</b>     | NR                | NR     | NR     | NR      |
| Change in pressure drop, mm Hg @ 260 °C                        |                      |               | 0.00              | 3.00   | 0.97   | 0.85    |
| <b>Existent Gum:</b> (mg/100 mL)                               |                      | <b>7.0</b>    | 0.00              | 3.80   | 1.25   | 1.37    |
| <b>Water Separation Index:</b> (rating)                        | <b>70</b>            |               | 82.0              | 100.0  | 95.8   | 96.0    |

Fonte: 2010 PQSI Report  
Defense Logistic Agency  
Energy – Petroleum Quality  
Information System.

- Densidade
- Viscosidade
- Tensão superficial
- Volatilidade
- Comportamento a baixa temperatura
- Propriedades térmicas
- Características elétricas
- Características inflamabilidade e ignição
- Bulk Modulus
- Solubilidade dos gases
- Solubilidade da água
- Outros



# Requisito → Combustível “Drop in”



## Requisitos:

- Atender às especificações internacionais
- Composição: similar ao querosene de aviação derivado do petróleo



**Drop in fuel:** alternative fuel that is indistinguishable from conventional fuel, with no changes of aircraft, engine or supply infrastructure required. - IATA



# ASTM D4054 – Guia para Qualificação de Novos Combustíveis



Propriedades da Especificação



Propriedades “Fit-For-Purpose”



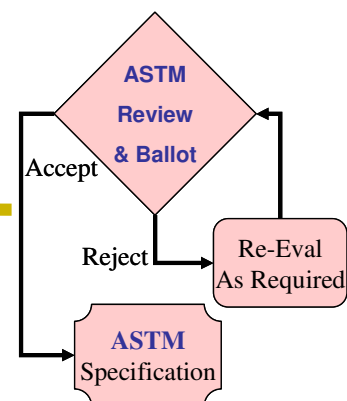
Testes em RIG de Componentes e APU



Teste de Motores



Especificação ASTM



Processo de ASTM Votação



OEM Revisão & Aprovação

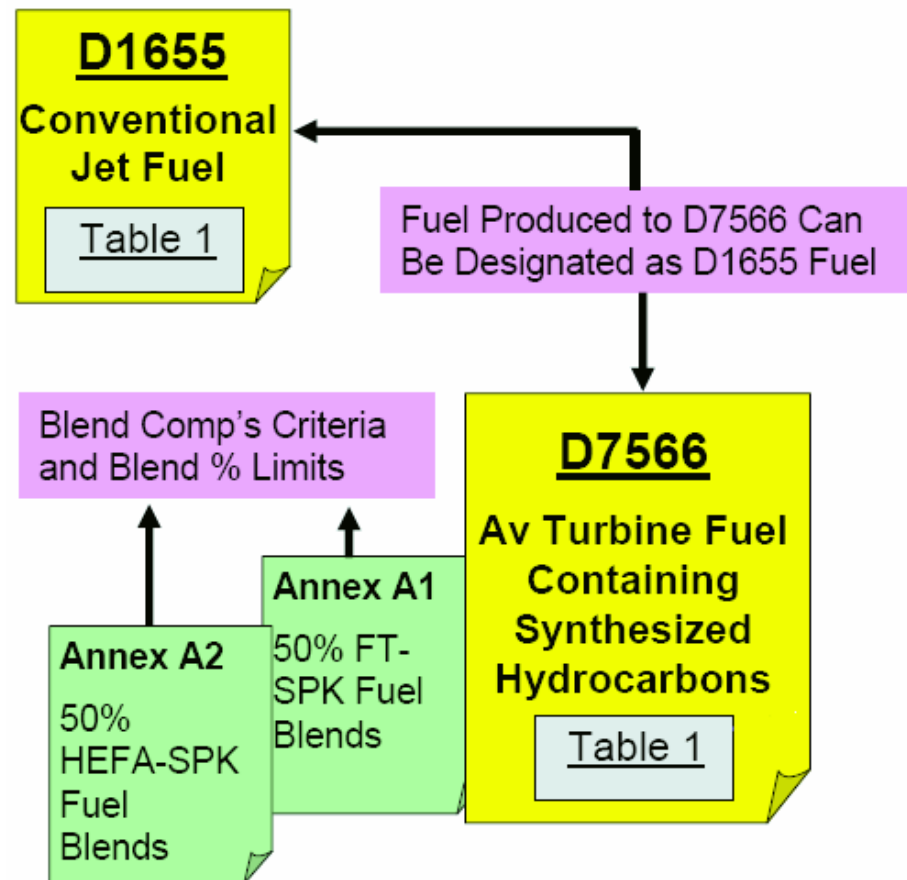




# ASTM – Interação entre a D 1655 e a D 7566



- ASTM D 1655 – Specification for Aviation Turbine Fuels
- ASTM D 7566 – Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons
  - Para cada novo tipo de componente de mistura com o QAV será criado um novo anexo;
  - Fischer-Tropsch (FT) - SPK foi o primeiro anexo e o HEFA –SPK foi o segundo anexo (junho/2011).



HEFA: Hydroprocessed Esters and Fatty Acids; SPK: Synthesized Paraffinic Kerosine

Fonte: CAAFI

# FRL – Fuel Readiness Level



| FRL        | Description                          | Exit Criteria                                                                 |                                                              |
|------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1          | Basic Principles                     | Feedstock / Process Observed / Reported                                       |                                                              |
| 2          | Concept Formulated                   | Feedstock / <i>Complete</i> Process identified.                               |                                                              |
| 3          | Proof of Concept                     | Basic Fuel Properties Validated at Lab Scale                                  | 0.13 US gal.<br>(500 ml)                                     |
| 4.1<br>4.2 | Preliminary Technical<br>Evaluation  | System Perf. & Integration Studies<br>Entry Criteria/Specification Properties | 10 US gal.<br>(37.8 L)                                       |
| 5          | Process Validation                   | Scaling from Laboratory to Pilot plant                                        | 80 US gal.<br>(302.8 L) to<br>225,000 US gal.<br>(851,718 L) |
| 6          | Full-Scale Technical<br>Evaluation   | Fuel Properties, Rig and Engine Testing                                       | 80 US gal.<br>(302.8 L) to<br>225,000 US gal.<br>(851,718 L) |
| 7          | Fuel Approval                        | Fuel Class/Type Listed in Int'l Fuel Standards                                |                                                              |
| 8          | Commercialization                    | Commercial Purchase Agreements                                                |                                                              |
| 9          | Production Capability<br>Established | Full Scale Plant Operational                                                  |                                                              |
| Legend:    |                                      | R & D                                                                         | Certification/<br>Qualification                              |
|            |                                      |                                                                               | Business &<br>Economics                                      |

CAAFI - Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative



| Coal and Natural gas Gasification (CTL)                                                                                                                                                                                                                        | Hydroprocessed Esters and Fatty Acids - HEFA                                                                                                                                                      | Direct Sugar to Hidrocarbons - DSHC                                                                                                                                                                                                                                  | Alcohol to Jet - ATJ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ASTM and DefStan Approved                                                                                                                                                                                                                                      | ASTM Approved                                                                                                                                                                                     | At ASTM Task Force                                                                                                                                                                                                                                                   | At ASTM Task Force                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                               |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Coal                                                                                                                                                                                                                                                           | Jatropha                                                                                                                                                                                          | Sugar cane                                                                                                                                                                                                                                                           | Sugar cane                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                                                               |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Natural Gas                                                                                                                                                                                                                                                    | Algae                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                      | Wood chip                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                | Camelina                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <br>  | <br>A Honeywell Company<br> | <br>  | <br><br><br><br><br> |

- Objetivos
  - Investigação de aspectos técnicos e ambientais dos combustíveis alternativos para aviação
- Foco em biocombustíveis
  - Impactos no avião
  - Desenvolvimento de soluções técnicas
  - Sustentabilidade (econômica, ambiental, social)
- Projetos em parceria
  - Atuação como integradora



**ALTERNATIVE FUELS**  
**EMBRAER TECHNOLOGY DEVELOPMENT**

# Testes Realizados - Embraer / GE



- Objetivo:
  - Avaliar as características operacionais da aeronave e do motor utilizando a tecnologia HEFA (Ésteres e Ácidos Graxos Hidro-processados) em diversas condições de teste
- Aeronave: EMBRAER 170
- Motor: GE CF34-8
- Biomassa: Camelina
- Combustível: Jet A e HEFA (50%-50%)
- Período: Agosto/2011





# Bioquerosene Derivado de Cana de Açúcar



- Objetivo: Acordo de Cooperação Tecnológica para avaliar os aspectos técnicos e de sustentabilidade de um bioquerosene renovável utilizando o processo de fermentação, com a rota recém designada “Direct Sugar to Hydrocarbons” – DSHC.
- Biomassa: Cana de Açúcar
- Requisitos:
  - Atender os requisitos ASTM e DefStan;
  - Sustentabilidade → Ciclo de carbono favorável;
  - Drop-in → em misturas de até 50%.



GE  
Aviation





- O querosene de aviação derivado do petróleo tem sido utilizado por mais de 50 anos pela aviação comercial e ainda continuará por muitos anos
- Biocombustíveis “drop in” são o foco. “non-drop in” são considerados de longo prazo
- Os EUA devem permanecer na liderança em inovação tecnológica para biocombustíveis, principalmente por meio de fomentos do DoE, DoT e DoD
- As questões técnicas tem sido resolvidas de modo satisfatório
- A disponibilidade de biomassa x produção sustentável é um ponto crítico
- Produção em larga escala é fundamental
- O Acordo de Cooperação Brasil-EUA pode alavancar o desenvolvimento de biocombustíveis para aviação no Brasil

# Obrigado

