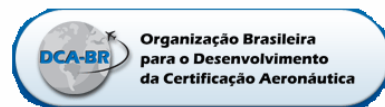




Concepção de Novas Aeronaves e Consumo de Combustível



São José dos Campos, SP – 08 Junho 2010

Um pouco de história do uso dos combustíveis



- c1800: Petróleo: uso em querosene na iluminação
- c1850: Carvão: uso em navios e trens a vapor
- 1890: Alguma demanda por gasolina – o motor a combustão interna e os automóveis
- 1899 – 1908: o motor a combustão é usado em dirigíveis e nos primeiros aviões
- 1909: Ford modelo T produzido em série – aumenta consumo de gasolina
- 1914 – 1918: 1a Guerra Mundial – consolida-se o uso dos combustíveis líquidos a base de petróleo
- Anos 20 e 30: A quantidade de carros explode, e com ela a demanda por gasolina
- 1939 – 1945: 2a Guerra Mundial – Compreensão da importância estratégica do petróleo; uso de combustíveis alternativos; primeiros jatos
- 1951 – presente: O petróleo fornece a maior parte da energia consumida no mundo. Consolidação da indústria automobilística. Com os automóveis, aumenta a demanda pelo petróleo
- 1960 – presente: era do transporte aéreo a jato, usando querosene como combustível; evolução tecnológica dos motores em busca de maior eficiência.



Santos-Dumont e seu dirigível Nº 1 – primeiro motor a combustão interna de uso aeronáutico



Carcaca do Ford Modelo T é juntada ao chassis na fábrica de Highland Park, Michigan – c. 1913



Abastecimento de um bombardeiro Gotha, na 1a Guerra Mundial

◆ (Jet Fuel – bilhões de litros/ano)

	2003	2005	2007
No mundo (dados IATA)	263	268	279 (*)
Nos EUA (dados EIA)	91,6 (34,8%)	94,4 (35,2%)	96,3 (34,5%)
No Brasil (dados ANP)	3,9 (1,5%)	4,0 (1,5%)	4,9 (1,8 %)

(*) Estimados

- **Setor de aviação anuncia uma das 'piores crises' da história**
- **PREJUÍZOS DA INDÚSTRIA PARA 2009 CHEGARÃO A US\$ 4,7 BI, SEGUNDO DADOS DA IATA; CUSTO DE PASSAGENS PODE CAIR**
- **JAMIL CHADE, O ESTADO DE S. PAULO, E REUTERS - 24 de março de 2009**
- **GENEVA - O setor de aviação anuncia uma das "piores crises" em sua história. Em um comunicado divulgado nesta terça-feira, 24, a Associação Internacional de Transporte Aéreo (IATA) alerta que os prejuízos da indústria para 2009 chegarão a US\$ 4,7 bilhões. Inicialmente, a previsão de prejuízos era de "apenas" US\$ 2,5 bilhões. Na América Latina, a previsão é de prejuízos de US\$ 600 milhões.**

Vulcão provoca maior apagão aéreo da história



On April 15, Europe's aviation regulators and air navigation services providers, faced with a menacing ash cloud from Iceland's Eyjafjallajokull volcano, started to shut down airspace, resulting in the cancellation of more than 100,000 flights over the next week (smaller disruptions have continued). At the height of the crisis, almost 30% of worldwide scheduled passenger capacity was grounded and 313 airports closed, affecting 1.2 million passengers a day. The financial impact is estimated at \$1.7 billion-\$3 billion depending on what is being counted.



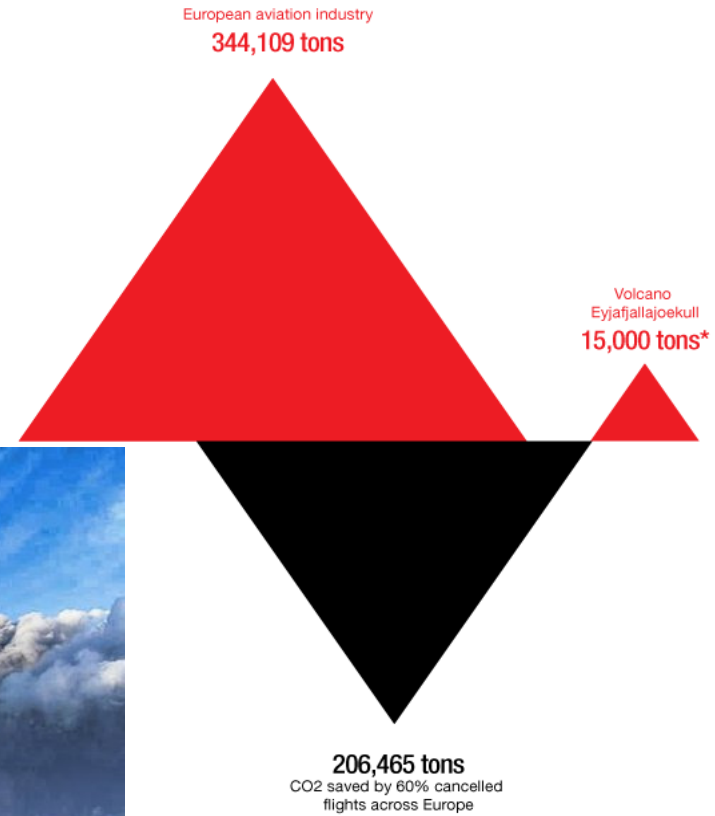
Airlines protested the closure of airspace during the volcanic eruption, but lack of consensus on safe levels of ash left regulators feeling they had little choice

Aviões ou vulcões?



Planes or Volcano?

What's emitting the most CO2 per day?



David McCandless & Ben Bartals v 1.2 // InformationIsBeautiful.net
source: USGS, BBC, EEA, Nordic Volcanological Institute
extra research: James Key, Nicole Keller
data: bit.ly/planevolcano



Danos causados pelas cinzas vulcânicas



Hazards to aviation from volcanic ash cloud

The ash cloud from Iceland's erupting volcano continues to cause air travel chaos across Europe, closing airports and stranding thousands of passengers. The cloud contains tiny particles of abrasive glass, sand and rock that pose a serious danger to aircraft engines and structures

Exterior

Forward-facing surfaces, such as landing lights and wing leading edges, damaged or scratched

Cockpit: Vision obscured by cloud and windshield abrasion

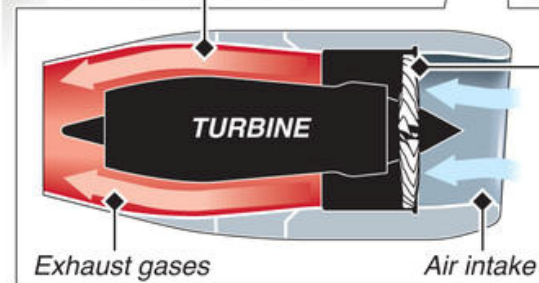
Cabin
Air quality impaired

Corrosion: Possible damage to plastic, rubber and metal components from gases such as sulfur dioxide

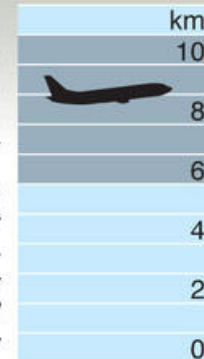
ENGINES: Ash deposits melt and clog interior, blocking fuel nozzles and restricting airflow, resulting in loss of thrust or failure

Instruments
Ash blocks pitot tube, used to measure airspeed. Aircraft could stall if pilot does not know how fast it is going

Turbine blades eroded, leading to reduction in performance



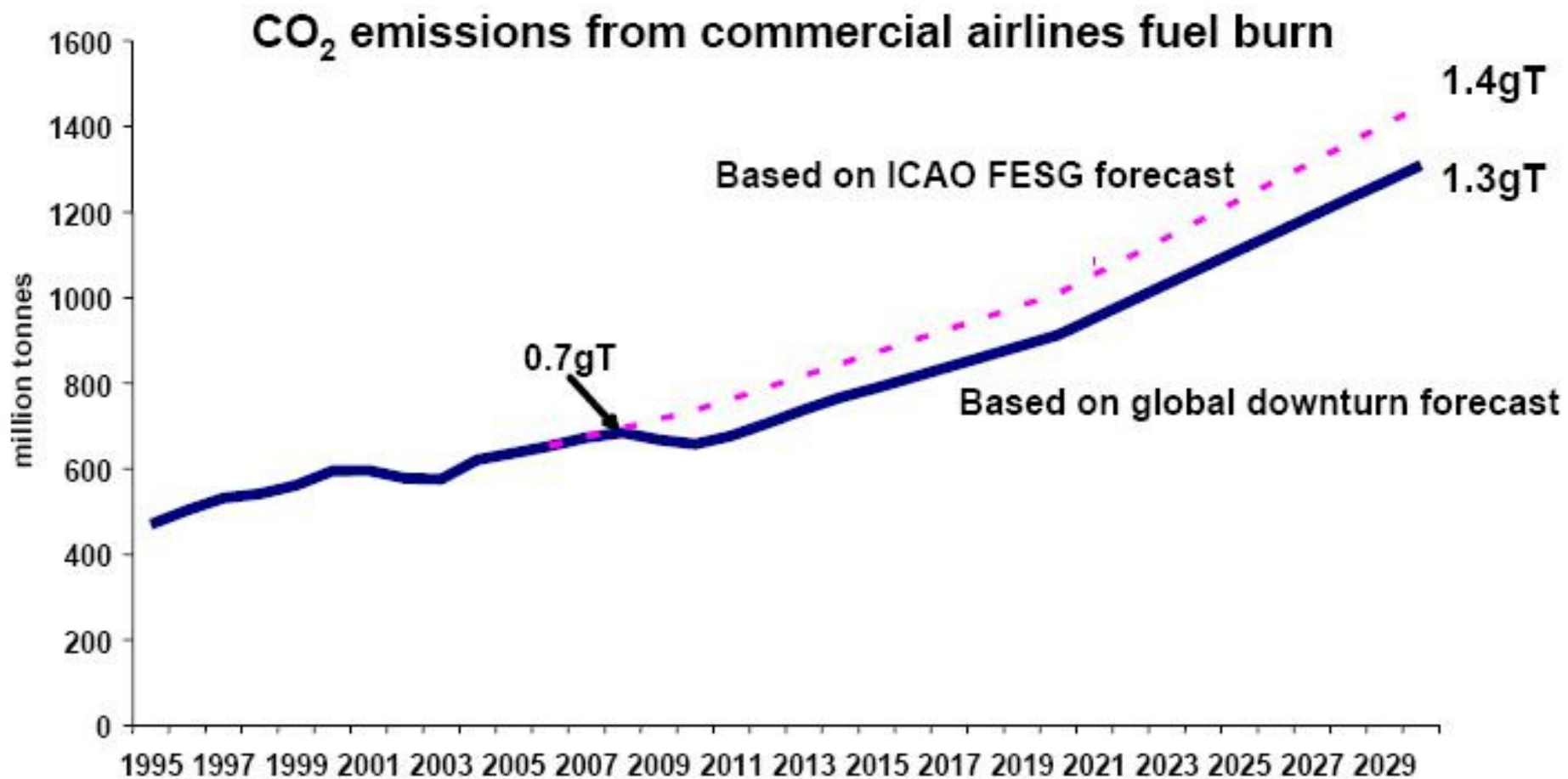
Volcanic ash cloud is about 6-11km high – where most commercial aircraft fly



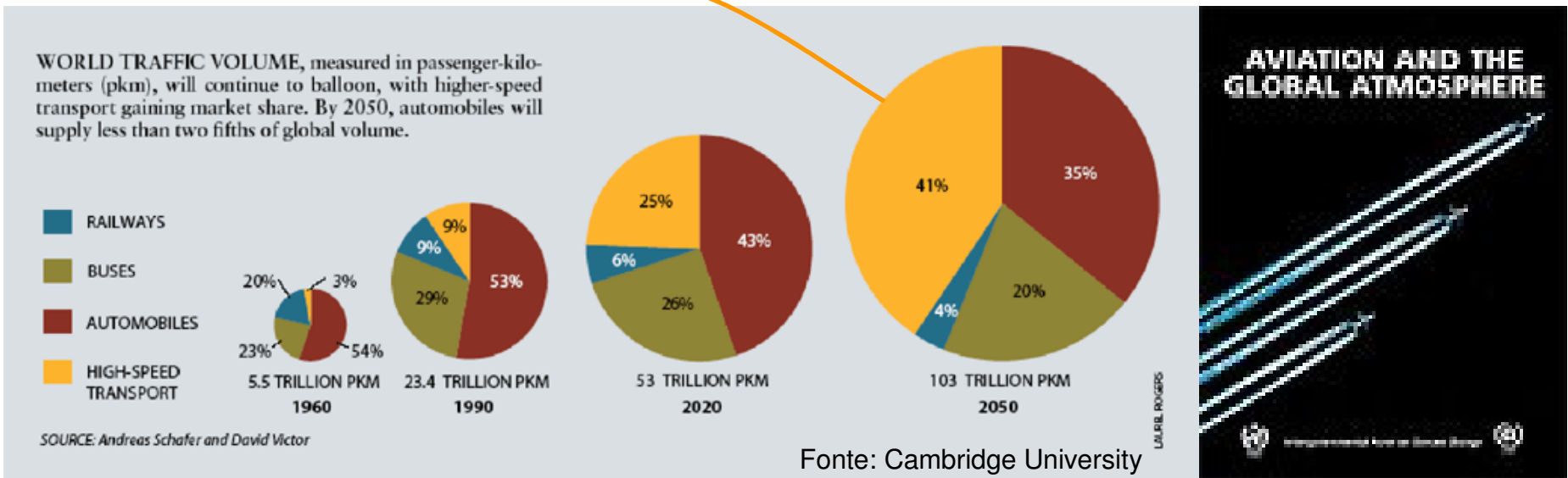
Source: Wire agencies

© GRAPHIC NEWS

Aumento do consumo e das emissões



Crescimento do tráfego aéreo mundial e emissões




Efeito potencial dos combustíveis no aquecimento global



000001.pdf [1/21/2012] - Adobe Reader

The Ideal Aircraft Fuel

Radiative Forcing

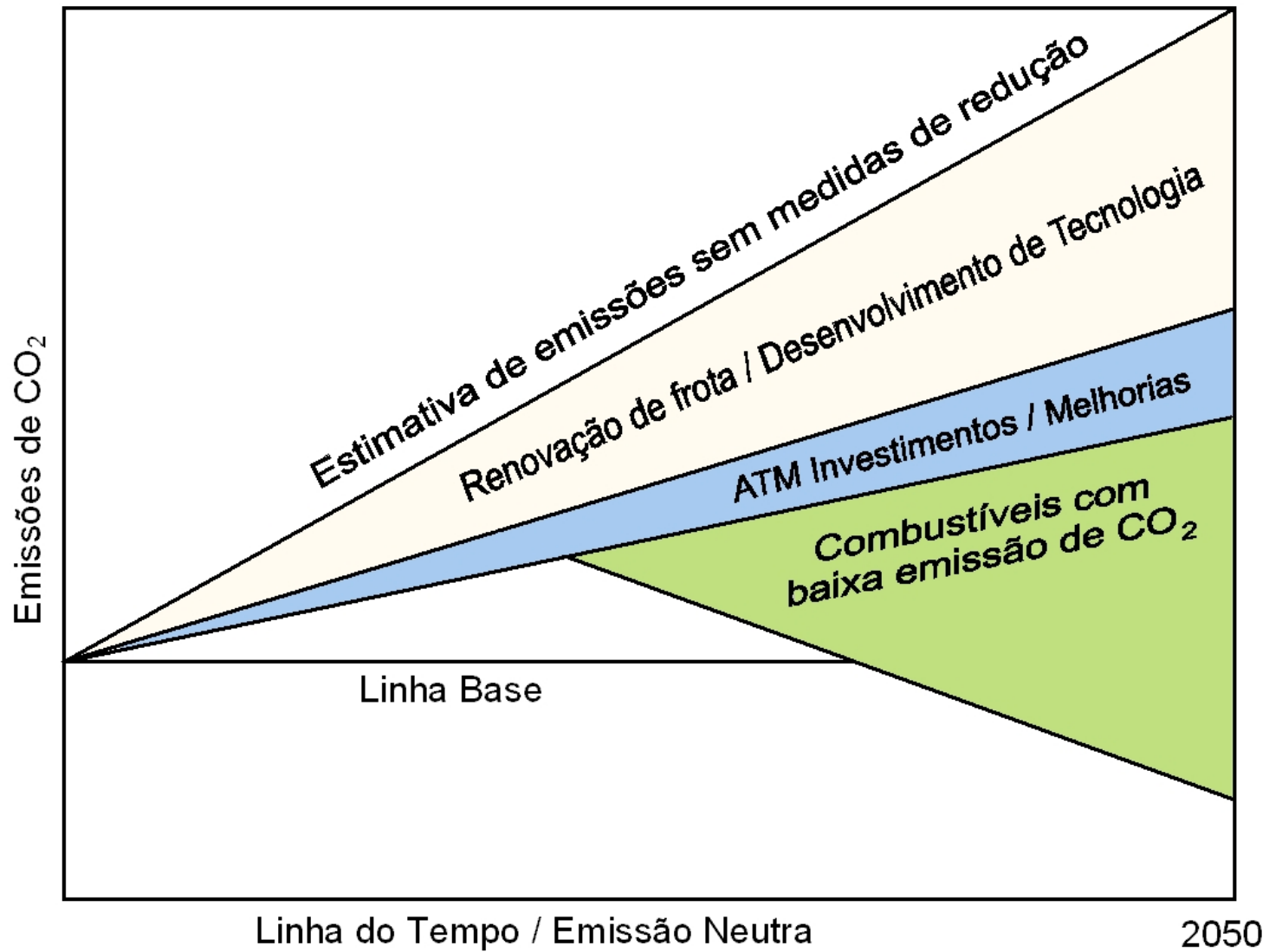


Global Warming Potential & CO₂e not suitable for aviation. Radiative Forcing is a better indicator

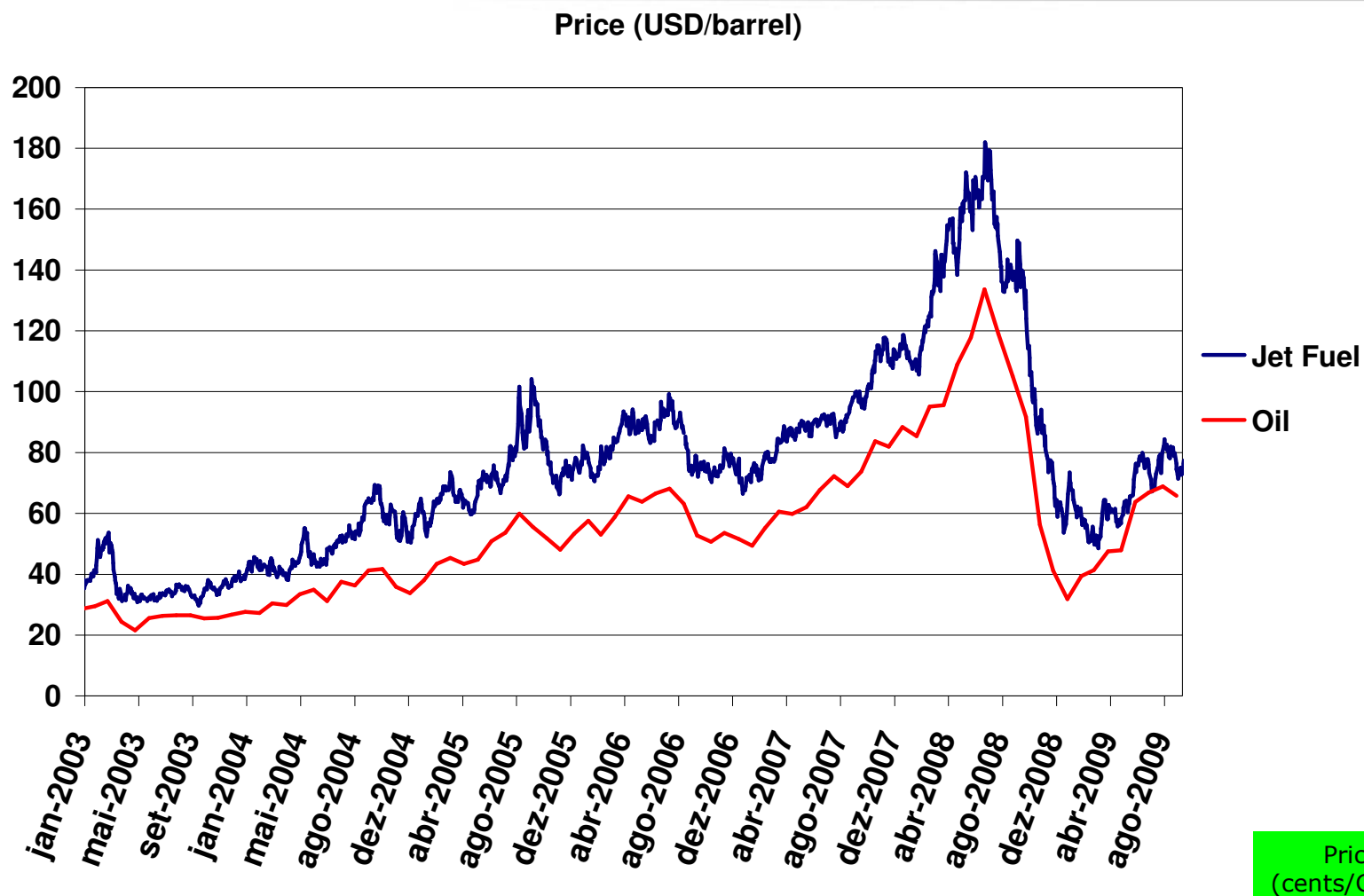
RF takes into account CO₂, Water Vapour, Particulates, Ozone and Contrails

Aviation emissions are approximately 2.7 times as destructive as the effect of its CO₂ alone

Medidas de contenção



Preços do “jet fuel” e do petróleo



Oil – World Crude Oil Prices

US Spot Price FOB Weighted by Estimated Import Volume

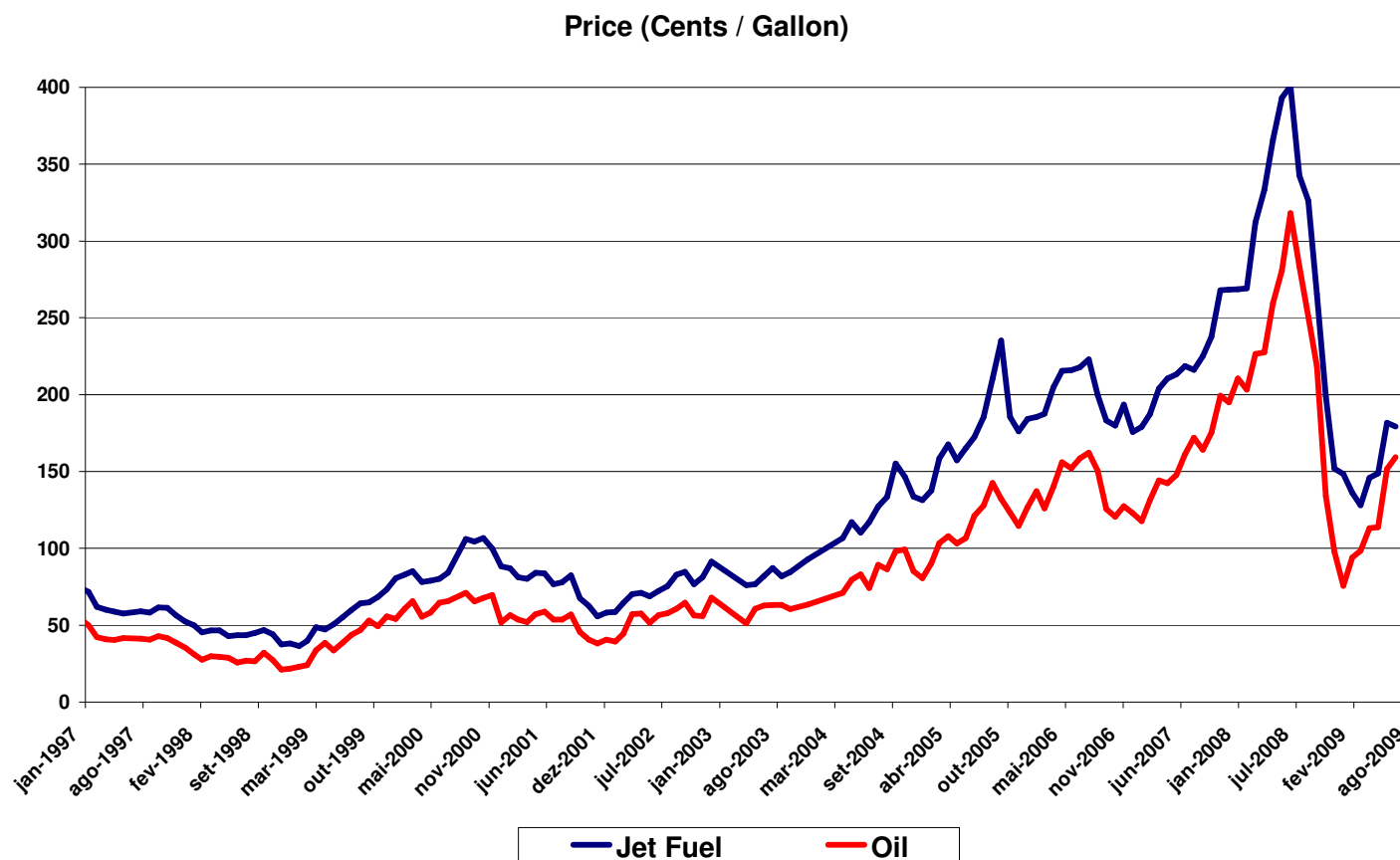
(Source: EIA - <http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/hist/wtotusaw.htm>)

Jet Fuel - Prices at End User

US Refiner Petroleum Product Prices by Sales Type

(Source: EIA - http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/pet_pri_refoth_dcu_nus_m.htm)

Preços do “jet fuel” e do petróleo



Oil – World Crude Oil Prices

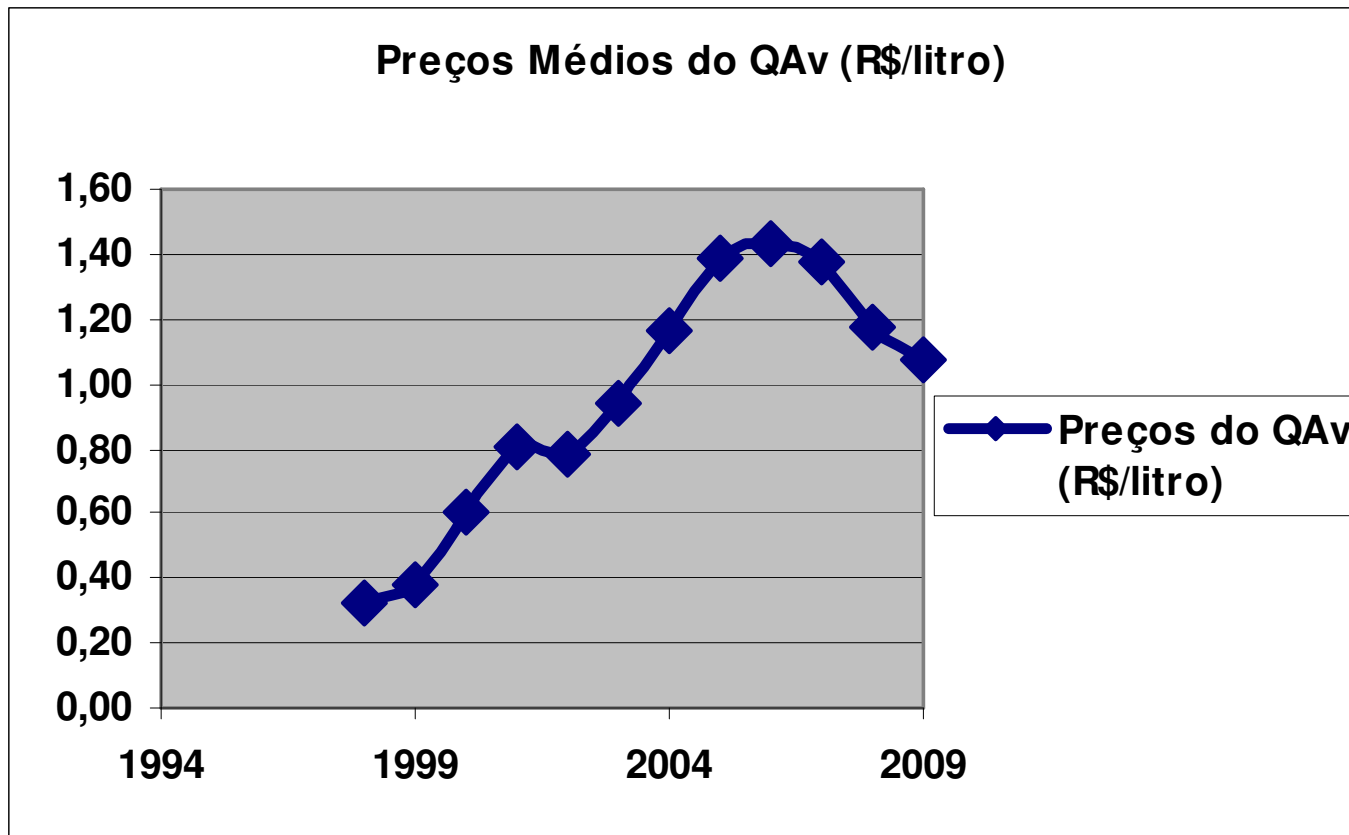
US Spot Price FOB Weighted by Estimated Import Volume
 (Source: EIA - <http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/hist/wtotusaw.htm>)

Jet Fuel - Prices at End User

US Refiner Petroleum Product Prices by Sales Type
 (Source: EIA - http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/pet_pri_refoth_dcu_nus_m.htm)

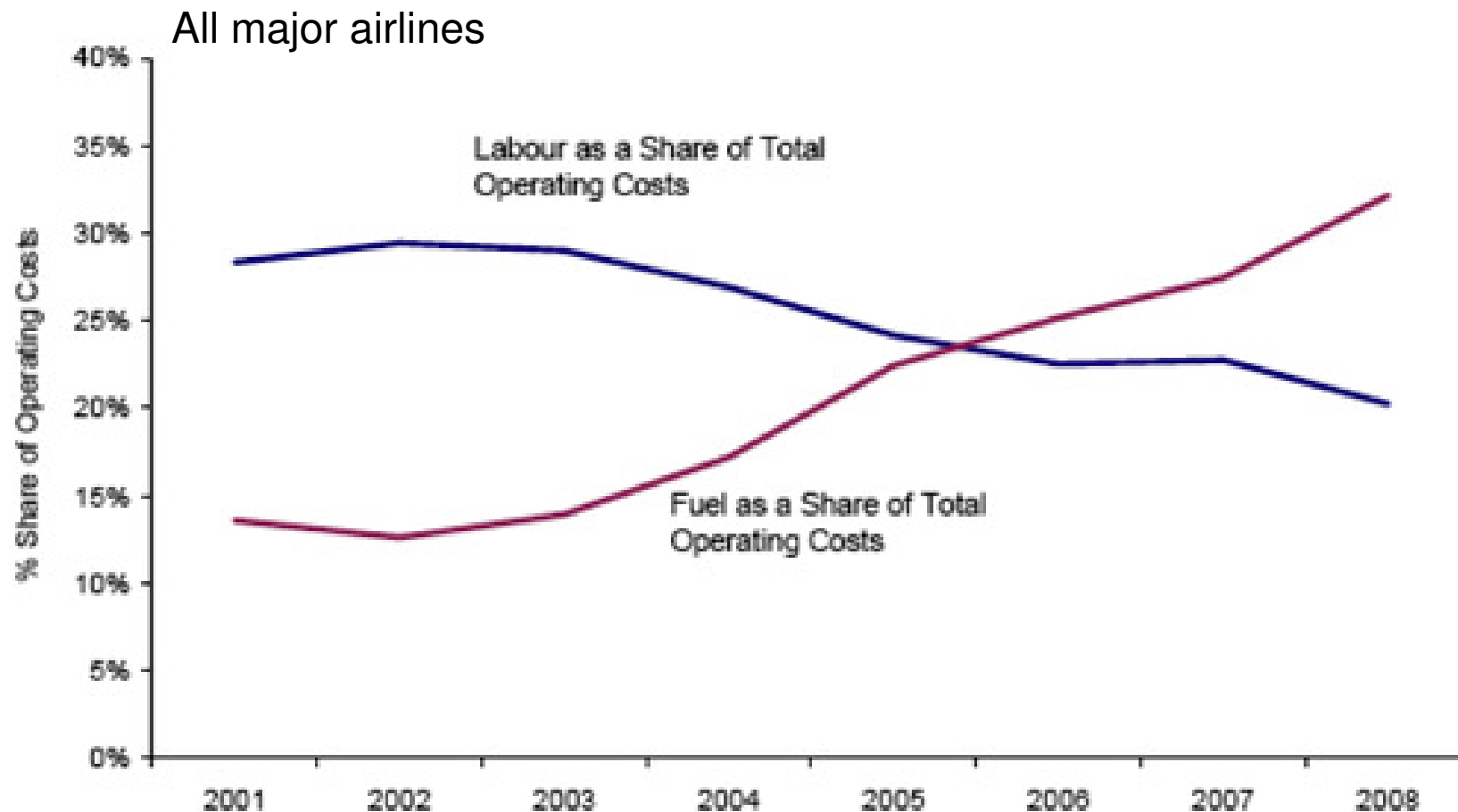
Price
 (USD/barrel)

Preços do Combustível no Brasil

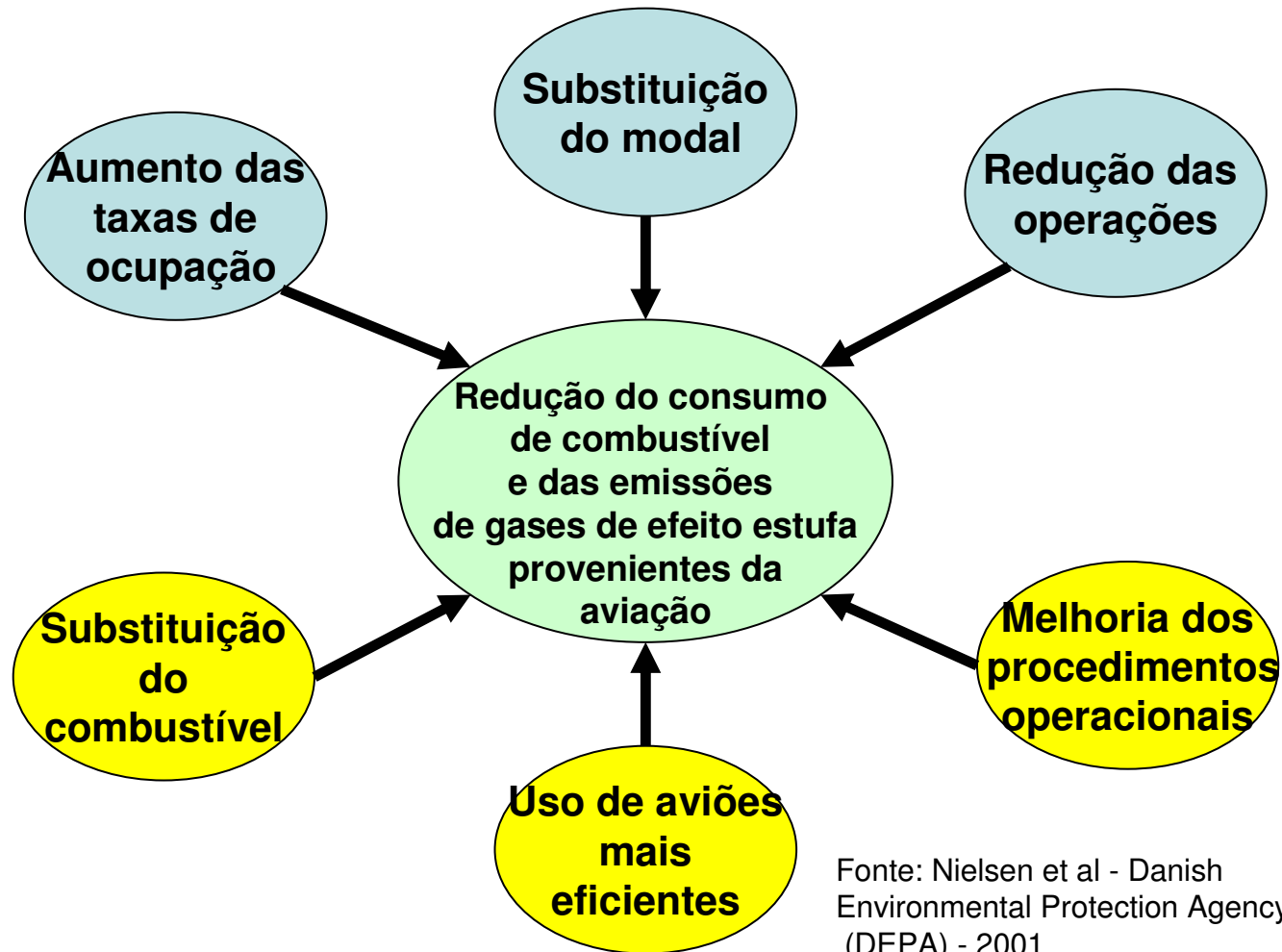


- ◆ O QAv chegou a representar até cerca de 40% dos custos de operação das empresas aéreas brasileiras no cenário recente de altos preços do petróleo.

Participação do combustível nos custos de operação



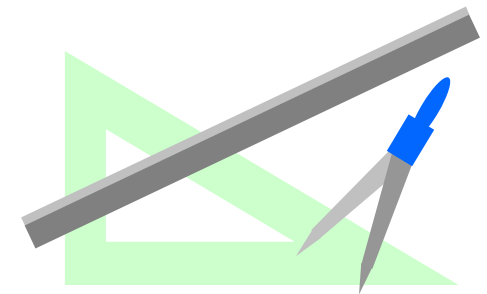
Fonte: IATA



Pontos relevantes a considerar:

◆ Quanto à concepção do avião

- ◆ Configuração
- ◆ Dimensionamento
- ◆ Aerodinâmica
- ◆ Peso
- ◆ SFC x Fuel Burn
- ◆ “Right sizing”



◆ Quanto à configuração do motor

- ◆ Turboprop
- ◆ Open Rotor ou Unducted Fan
- ◆ Geared Turbofan - GTF
- ◆ Motor (evolução de SFC, eficiência propulsiva, eficiência térmica)

Aumento da eficiência aerodinâmica
Novas tecnologias de propulsão
Aumento da eficiência estrutural

Aviões com motores turbofan modernos já atingem eficiência em consumo de combustível de 3.5 litros/100 pax-km. Os da próxima geração projetam consumo de 3.0 litros/100 pax-km (como os carros compactos)

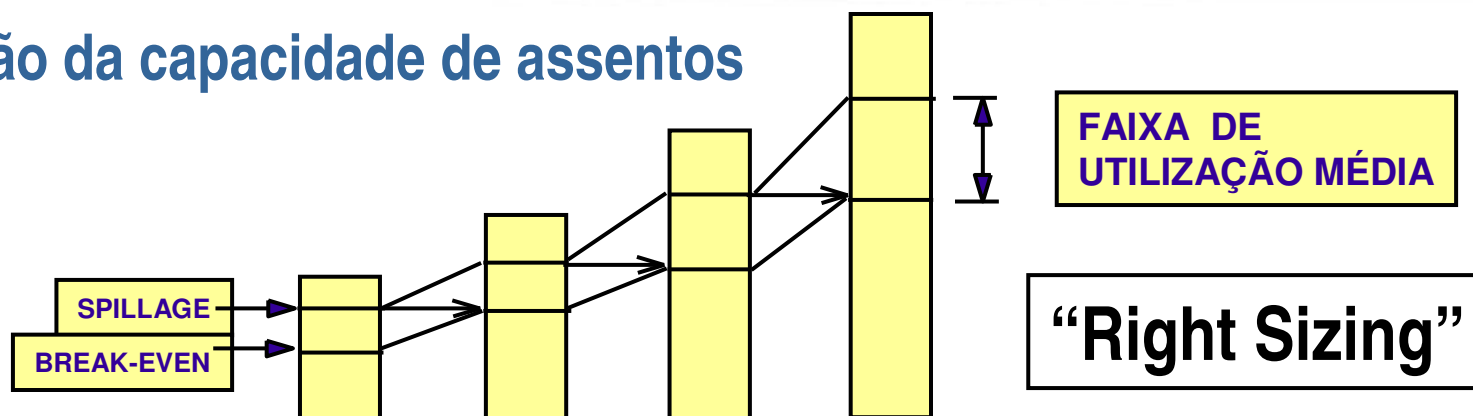
Fonte: Boeing

(Os turboélices da próxima geração devem chegar a 2.5 litros/100 pax-km) *Estimativa Embraer*

**Cada kg de combustível economizado
= 3,1 kg de CO2 não emitidos**

Potencial de redução de consumo (visão Embraer)	
Médio Prazo (2013+)	
Aumento da eficiência aerodinâmica	2 a 4 %
Uso de novos materiais estruturais	< 2 %
Motores turbofan de nova geração	~12 %
Longo Prazo (2018+)	
Novas tecnologias de motores (ex. Open Rotor)	> 20%

Definição da capacidade de assentos



FROTA IDEAL

Atingindo o ponto de ‘spillage’ de um modelo, substitui-se por um maior, que tenha esse valor como “break-even”

ERJ-135: ‘ SPILLAGE ’ @ 27 assentos → ERJ-145: ‘ BREAK-EVEN ’ @ 25 assentos

Capacidade de assentos ideal para a aviação regional
(na ausência de ‘Scope Clauses’).

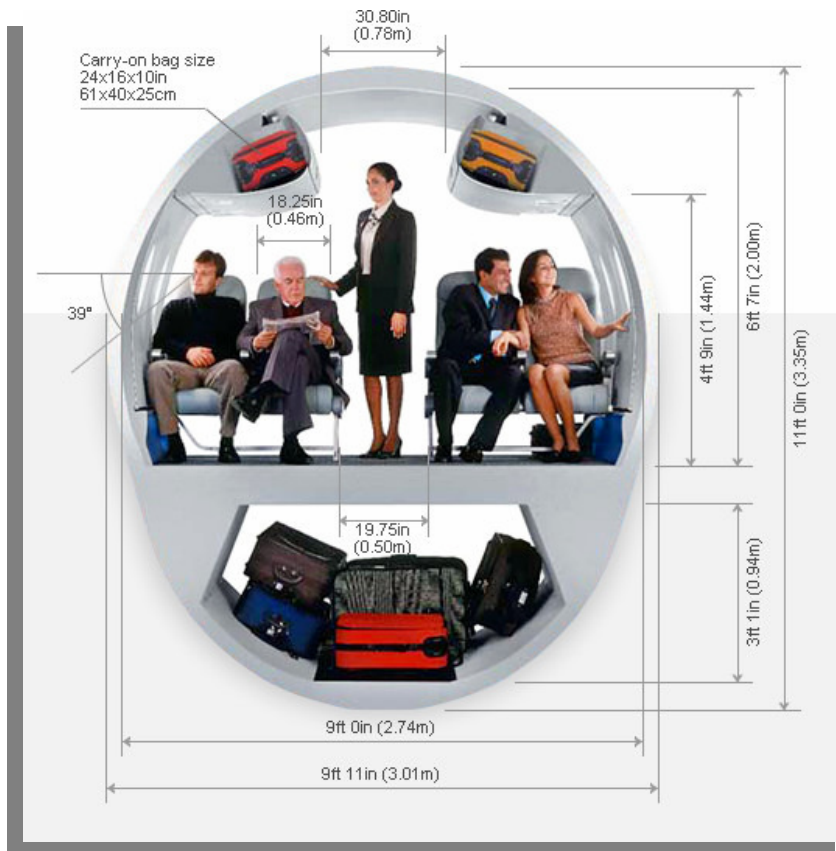
37	50	70	~98
----	----	----	-----

Maiores detalhes: ver <http://www.ruleof70to110.com/main/index.html>

EMBRAER 170/175 e EMBRAER 190/195



Mesma seção transversal da fuselagem



195
108 – 116 assentos

190
98 – 106 assentos

175
78 – 86 assentos

170
70 – 78 assentos

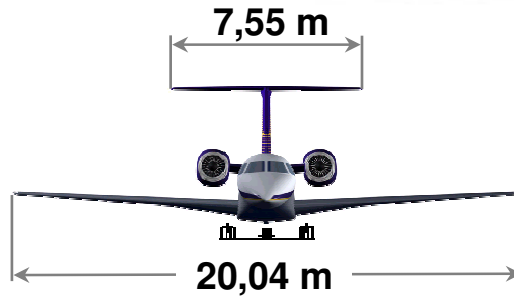


Família ERJ-145



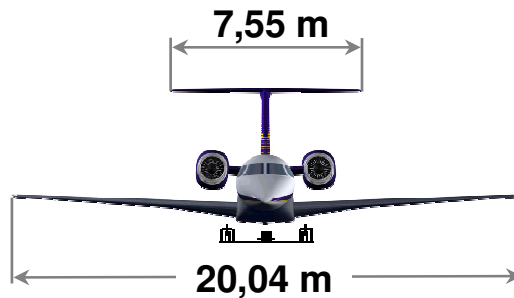
ERJ-135

37 assentos



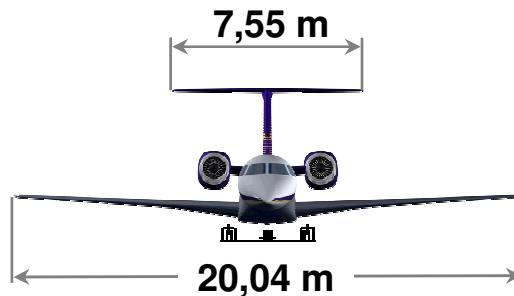
ERJ-140

44 assentos



ERJ-145

50 assentos



Redução de SFC dos motores - histórico

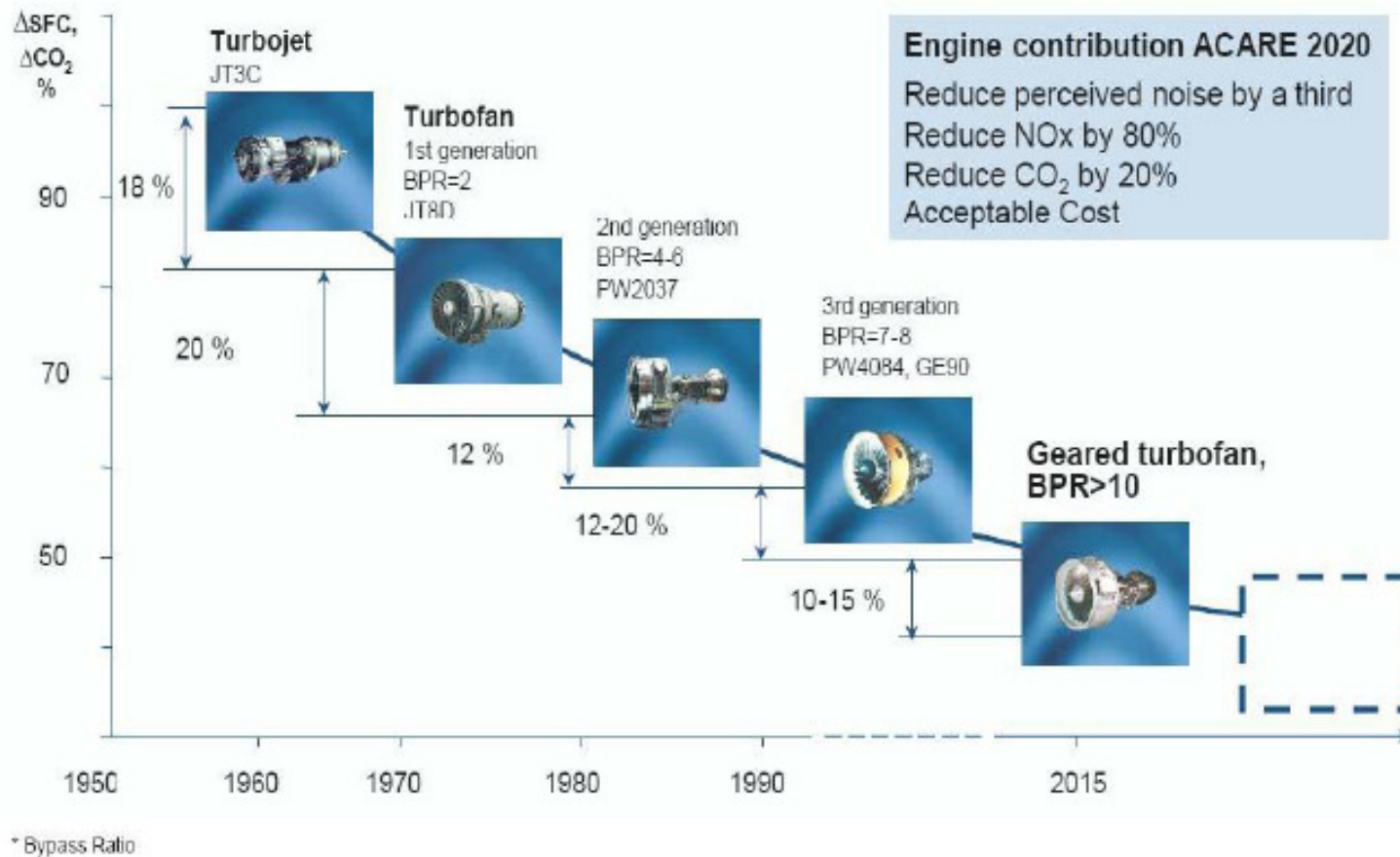
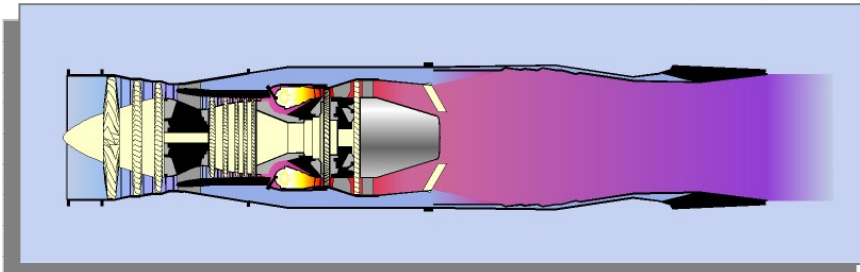


Figure 8 Development of BPR und SFC (Martens 2007)

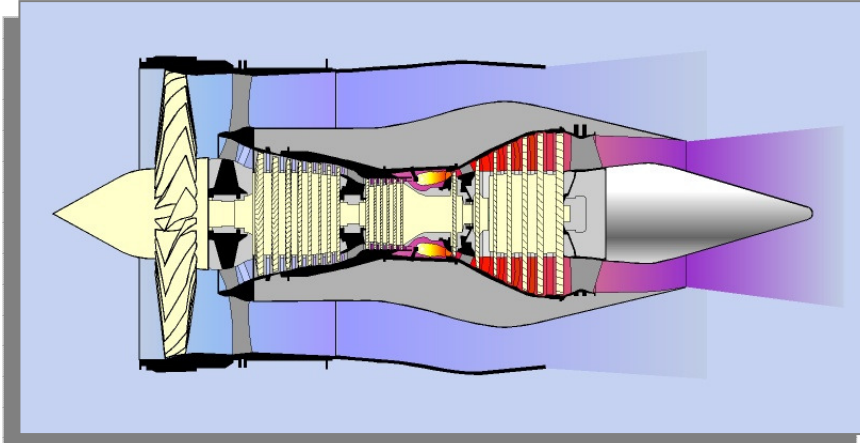
Diferentes configurações de motores aeronáuticos



Turbofan de baixo bypass (militar)

Acelera uma pequena massa de ar a uma alta velocidade

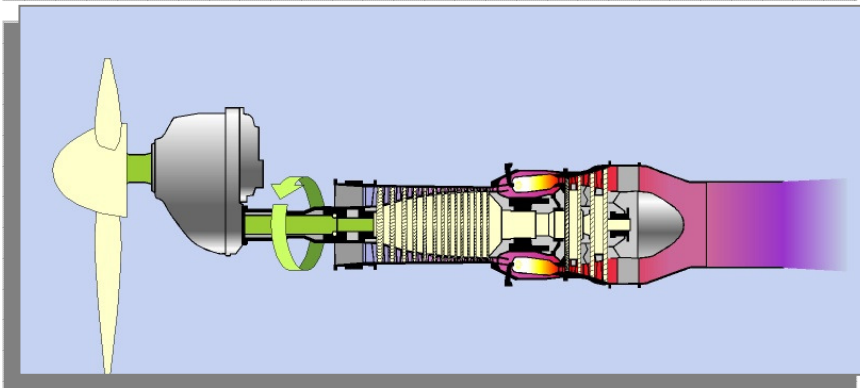
$$m \times V$$



Turbofan de alto bypass (civil)

Acelera uma grande massa de ar a uma velocidade média

$$m \times v$$



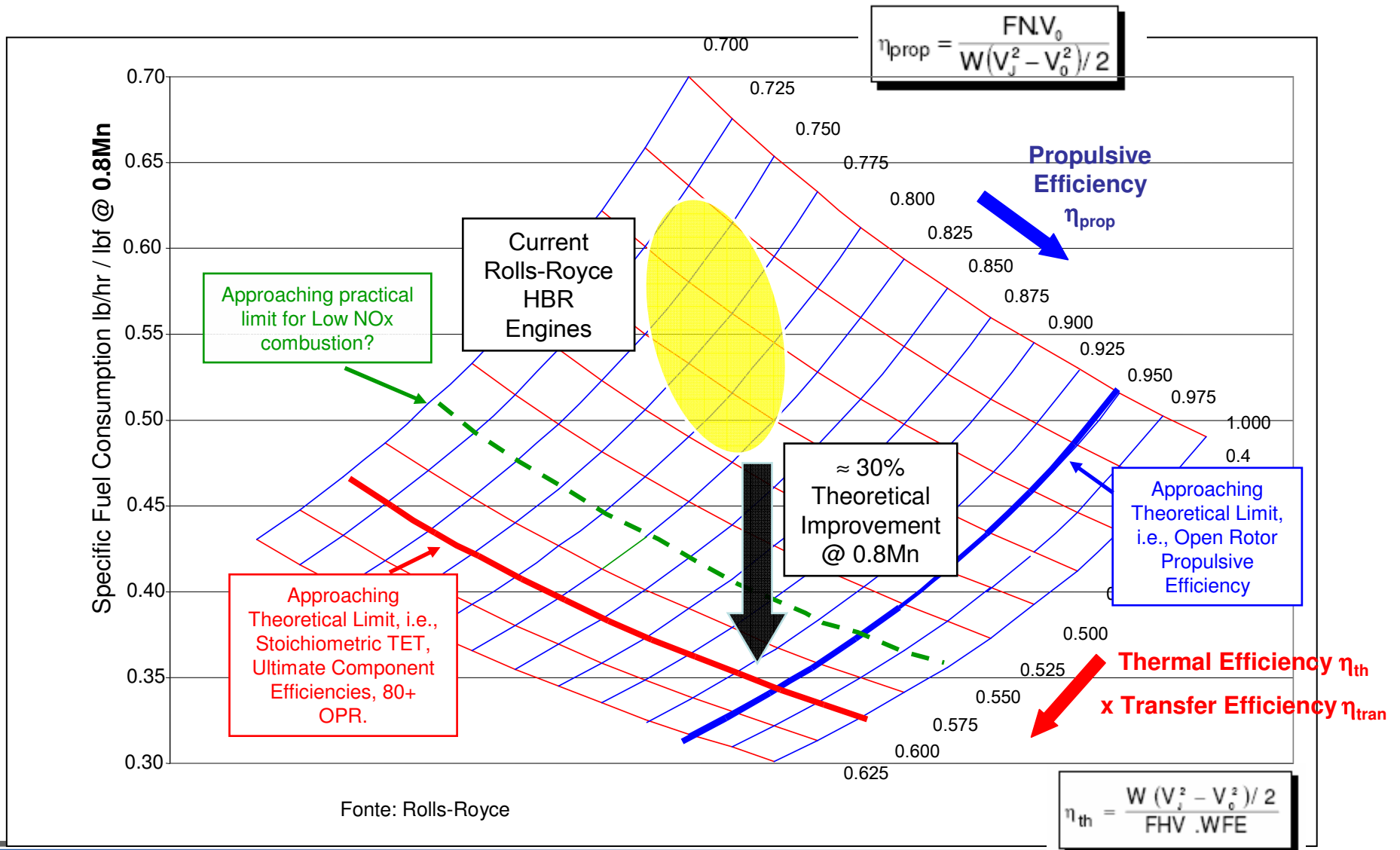
Turboélice

Acelera uma enorme massa de ar a uma velocidade muito baixa

$$m \times v$$

Fonte: Rolls-Royce

Eficiência propulsiva e eficiência térmica

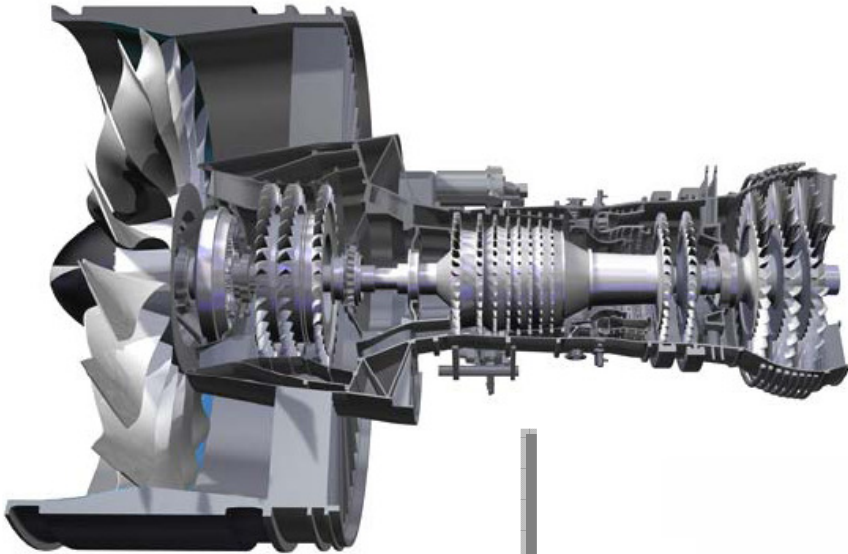


GTF (PW1000G) e Open Rotor (Rolls-Royce)

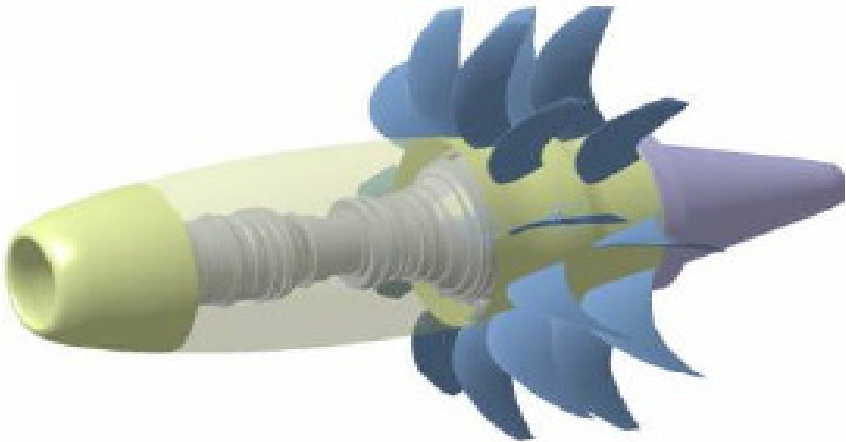


Pratt & Whitney's Geared Turbofan™ Engine

January 2008

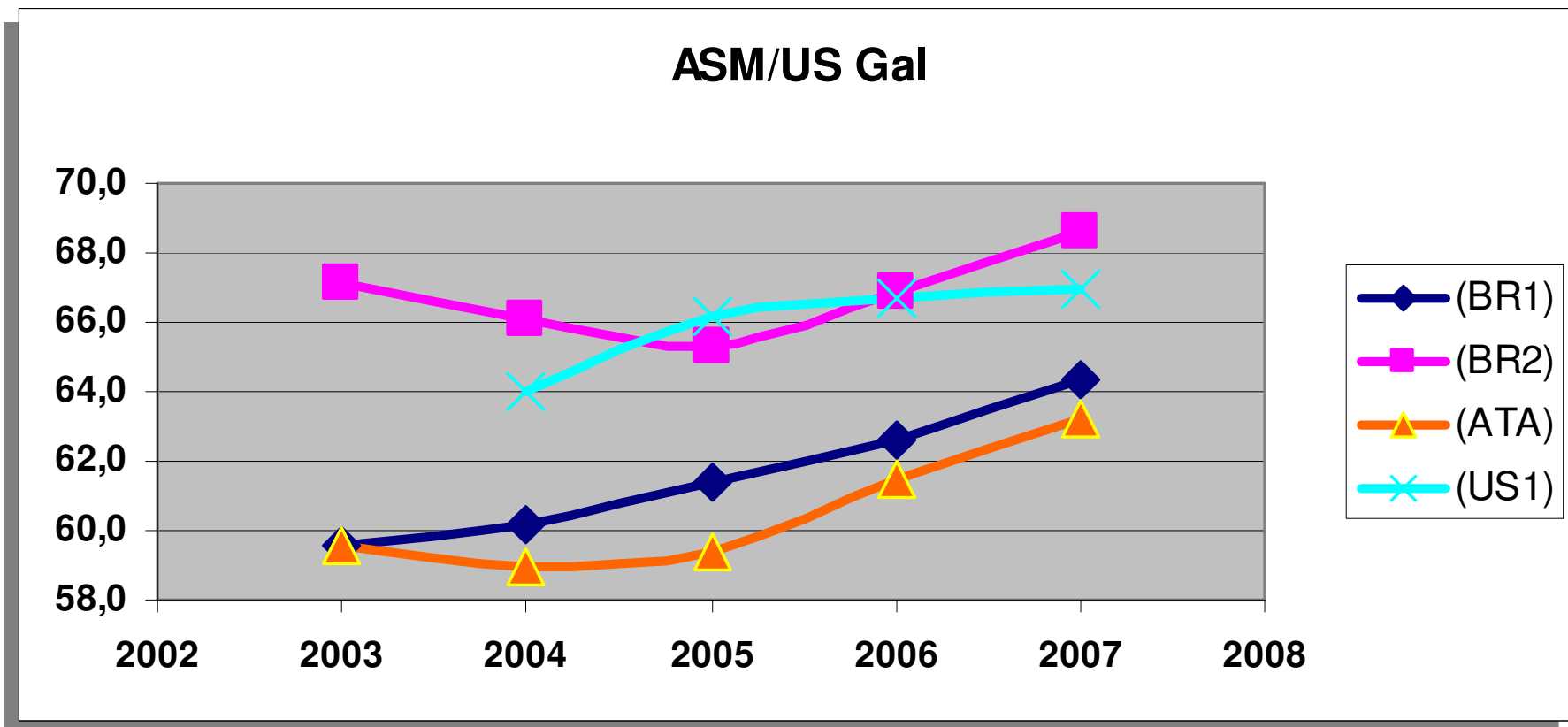


Fonte: P&W



Fonte: Rolls-Royce

Exemplo de medida de eficiência em consumo



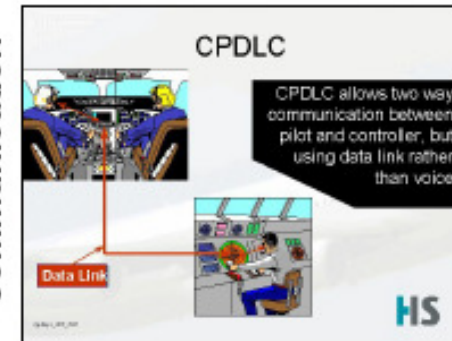
- ◆ Exemplo de parâmetro para comparação e verificação de eficiência em consumo de combustível: ASM/US Gal (Assentos oferecidos/combustível utilizado)

Fonte: Relatórios Anuais da ATA e das Companhias Aéreas 2007

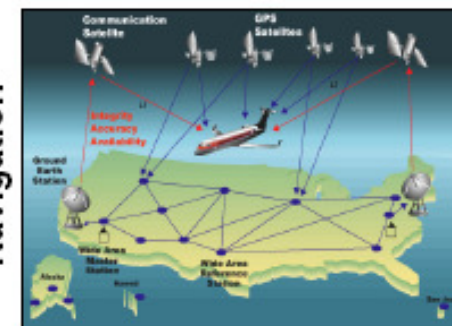
Outras ações para reduzir o consumo de combustível

- ◆ **Modernização do Controle de Tráfego Aéreo (ATC)**
- ◆ **Planejamento de rotas diretas (setores mais curtos)**
- ◆ **Quantidade mínima de combustível de segurança**
- ◆ **Aumento de “load factor”**
- ◆ **Otimizar operação no solo (APU, veículos de serviço, “turn around”, espera no solo)**
- ◆ **Sistemas (MEA, etc)**
- ◆ **Cuidados na manutenção (limpeza: avião e motor)**

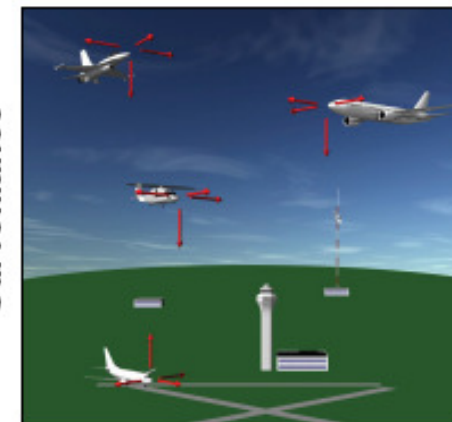
Communication



Navigation



Surveillance

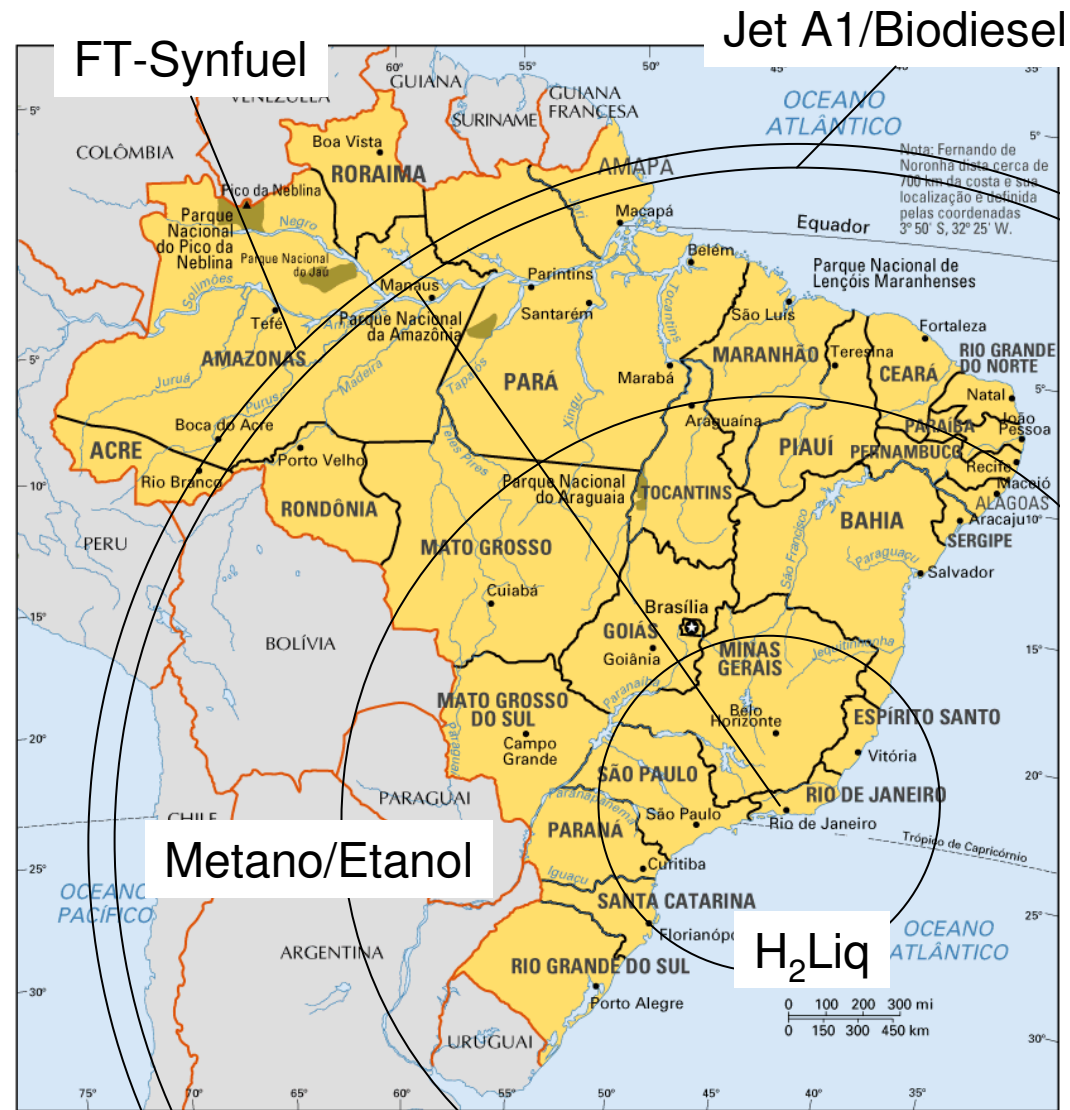


Combustíveis Alternativos



Feedstock	Fossil	Synthetic / Gasification - FT	Hydrogenation	Alcohol From Sugar Cane	Bio Esters from Vegetable Oils	Cryogenics
Non-Renewable	Traditional Jet fuel	Coal to Liquid (CTL)				Liquefied Natural Gas (LNG)
		Gas to Liquid (GTL)				Liquid Hydrogen
	Today	Today to Near Term				Very Long Term
Renewable		Biomass to Liquid (BTL)	Hydrogenated Vegetable Oil (HVO)	Kerosene (by Microorganisms)	Fatty Acid Methyl Ester (FAME)	
			Hydrogenated Oil From Algae	Ethanol	Fatty Acid Ethyl Ester (FAEE)	
		Long Term	Medium Term	Medium to Long Term	Long Term	

Efeito do poder calorífico dos combustíveis no alcance



Dados aproximados, baseados em um alcance de projeto de 1500 nm

- Perguntas
- Comentários
- Obrigado!

