

## INICIATIVAS DA AVIAÇÃO PARA REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>

**Camila Renzetti Betiolo**  
**Guilherme Conceição Rocha**  
**Paulo Roberto de Carvalho Machado**

Organização Brasileira para Desenvolvimento da Certificação Aeronáutica / Núcleo de Estudos em Proteção Ambiental

### RESUMO

O transporte aéreo contribui com aproximadamente 2% das emissões de CO<sub>2</sub>, podendo vir a atingir até 3% em 2050. Isto se deve principalmente ao crescimento acentuado do tráfego aéreo mundial. Adjunto a este crescimento, há a preocupação em controlar a evolução do aquecimento global associada a essas emissões, e é com este ensejo que este setor vem trabalhando intensamente para reduzir os impactos causados ao meio ambiente. Neste contexto, este trabalho tem a intenção de ser uma investigação acerca das principais iniciativas da indústria aeronáutica para a redução de suas emissões de dióxido de carbono na atmosfera.

### ABSTRACT

Air transport is responsible for approximately 2% of global CO<sub>2</sub> emissions, and by 2050 should represent 3%. This is due mainly to strong growth in air traffic worldwide. Attached to this growth, there is a concern to monitor the progress of global warming associated with these emissions and therefore, the aviation industry is working hard to reduce the impacts on the environment. In this context, this article intends to be an investigation about the main initiatives of the industry to reduce their emissions of carbon dioxide in the atmosphere.

## 1. INTRODUÇÃO

A busca pelo transporte aéreo vem crescendo 5% ao ano. Devido a essa evolução, o setor que atualmente é responsável por cerca de 2% das emissões de CO<sub>2</sub>, poderá atingir 3% até o ano de 2050 (IATA, 2008). Frente às alterações climáticas, surgiu uma demanda natural de estabelecimento de metas, capazes de garantir que o setor aeronáutico fosse ambientalmente mais eficiente.

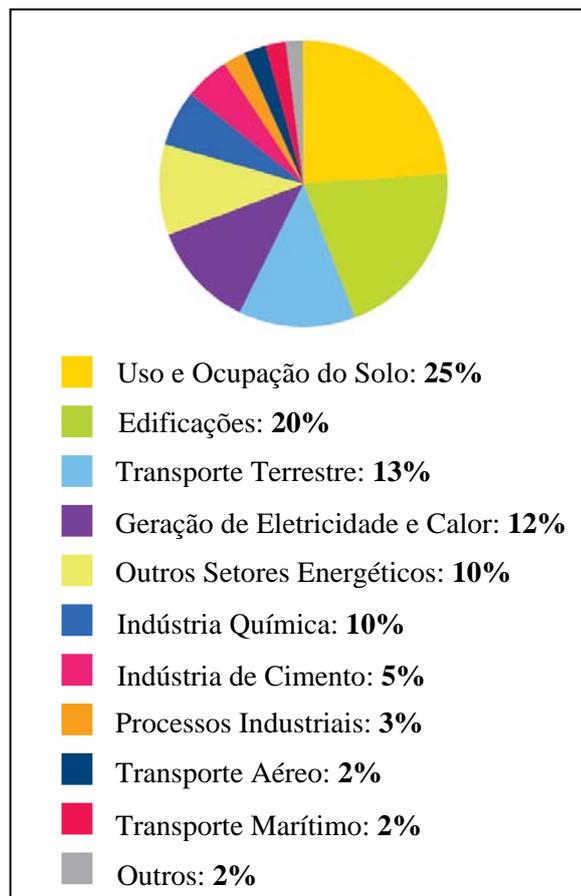
Por esse motivo, lançou-se, em dezembro de 2006, uma ação tecnológica conjunta denominada *Clean Sky* (Céu Limpo), que reúne 86 organizações provenientes de 16 países, 54 empresas, 15 centros de investigação e 17 universidades.

Diante dessa parceira internacional, instituiu-se, como objetivo geral para a aviação civil, o desenvolvimento de iniciativas que reduzam as emissões de CO<sub>2</sub> em 50% até 2020.

## 2. A AVIAÇÃO E O AQUECIMENTO GLOBAL

Apesar de o transporte aéreo ser o setor que contribui com um dos menores índices de emissões de CO<sub>2</sub>, essas são mais prejudiciais se comparadas a outras fontes. De acordo com o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 1999), isso de fato ocorre porque os poluentes lançados pelas aeronaves potencializam os efeitos do dióxido de carbono, por conta das grandes altitudes em que são emitidos (alta troposfera e baixa estratosfera), incidindo diretamente sobre a concentração de gases de efeito estufa e, portanto, intensificando o fenômeno do aquecimento global.

A Figura 1 representa a contribuição global dos principais setores na emissão de dióxido de carbono na atmosfera.



**Figura 1:** Contribuição Global dos Setores nas Emissões de CO<sub>2</sub>

### 3. INICIATIVAS PARA REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>

Como resultado de modernas iniciativas da indústria aeronáutica, existem hoje diversas maneiras de se reduzir o impacto ambiental causado pelas emissões de gases de efeito estufa da aviação.

Essas iniciativas, em geral, abrangem o desenvolvimento de novas tecnologias menos agressivas ao meio ambiente, melhorias na infraestrutura e nas operações aeroportuárias, bem como no aprimoramento de práticas de manutenção de estímulo à economia de combustíveis.

A seguir, é apresentada uma síntese de cada uma dessas iniciativas para a redução das emissões de dióxido de carbono na atmosfera.

#### 3.1. Desenvolvimento de Novas Tecnologias

Uma das iniciativas da indústria aeronáutica para o controle de suas emissões é o desenvolvimento de tecnologias que visem aumentar o desempenho ambiental de seus produtos e serviços. Dessa maneira, o avanço tecnológico não deve ser interrompido, tampouco as atenções podem ser desviadas dos problemas ambientais. De uma maneira geral, é no avanço tecnológico que reside a solução para que seja mantido o crescimento sustentável, de forma a garantir condições adequadas para as gerações futuras.

As principais ações dos fabricantes de motores e de aeronaves, bem como o avanço das pesquisas tecnológicas de combustíveis sustentáveis para a aviação, são apresentadas adiante.

### 3.1.1. *Fabricantes de Motores*

Este setor está empenhado em desenvolver motores que apresentem alto desempenho, capazes de reduzir o consumo de combustível e que, por conseguinte, reduzam as emissões de dióxido de carbono. Além disso, alguns desses motores já estão sendo manufaturados com materiais compostos, que auxiliam substancialmente na redução de peso.

Um exemplo disso é o motor GE<sub>NX</sub>-1B, que com a utilização desses materiais compostos em seus componentes, proporciona uma redução de peso equivalente a 159 kg (General Electric, 2009).

Em relação à alimentação de motores com bioquerosene, voos experimentais comprovaram a eficácia dos mesmos, não constatando qualquer queda em sua potência.

### 3.1.2. *Fabricantes de Aeronaves*

Neste âmbito, há um comprometimento em desenvolver aeronaves mais eficientes, auxiliando na redução da queima de combustível e nas emissões de poluentes. Para isso, várias iniciativas estão sendo adotadas.

O desenvolvimento de aeronaves mais leves e mais eficientes do ponto de vista aerodinâmico, além da produção de aviões capazes de transportar mais passageiros a uma maior distância e ainda, com eficácia adicional (produzindo menos emissões de CO<sub>2</sub> por quilômetro percorrido e por passageiro transportado), são algumas dessas iniciativas. Além disso, a utilização do conceito SHM (Structural Health Monitoring), que realiza um monitoramento contínuo dos elementos estruturais, possibilita a detecção prematura de anormalidades permitindo um projeto de aeronaves ainda mais leves e, portanto, mais econômicas (ECNDT, 2006).

A aeronave modelo A380 – fabricada pela Airbus – equipada por quatro motores é capaz de transportar um grande número de passageiros com autonomia de aproximadamente 16.000 km (Theodor Benien, 2003). Por outro lado, o modelo B-787 (conhecido como Dreamliner), projetado pela Boeing, é capaz de transportar, a uma mesma distância, uma quantidade inferior de passageiros em relação ao que o A380 comporta. No entanto, este último utiliza apenas dois motores.

Do ponto de vista de eficiência ambiental, os dois modelos são praticamente equivalentes, apesar de adotarem diferentes estratégias para reduzir a quantidade de emissões de CO<sub>2</sub> por quilômetro percorrido e por passageiro transportado.

### 3.1.3. *Pesquisa sobre Bioquerosene*

Nos últimos anos, significativos avanços vêm sendo alcançados no desenvolvimento de combustíveis alternativos para a aviação, em particular uma nova geração de bioquerosenes sustentáveis. Estes devem garantir à aviação alto desempenho, segurança, que não concorram com a produção de alimentos e que sejam competitivos com o custo do querosene tradicional.

Neste sentido, existe um forte interesse na prospecção de novas matérias-primas advindas de fontes vegetais, para a produção de combustíveis sustentáveis para a aviação. Dentre essas culturas energéticas, destacam-se como principais: alga, camelina, halophyta e pinhão-manso.

De acordo com o artigo “Modelo do biodiesel poderia ser aplicado ao querosene vegetal” de Fábio Reynol (2007), entre inúmeras vantagens da utilização do bioquerosene, uma das principais é que este é menos poluente em relação aos de origem fóssil. Apesar de sua combustão também produzir dióxido de carbono, um dos gases do efeito estufa, os biocombustíveis acabam reduzindo esse dano ambiental em seu ciclo produtivo. Isso porque vêm de plantas que absorvem CO<sub>2</sub> e, portanto, compensam o carbono que os seus combustíveis jogarão na atmosfera.

Algumas empresas como a Air New Zealand, Continental Airlines, Japan Airlines e Virgin Atlantic, realizaram voos experimentais com a utilização da mistura do habitual Jet A-1 com bioquerosene. Os resultados das análises pós-voo demonstraram que o emprego desse combustível foi bem sucedido. Em termos de emissões de CO<sub>2</sub>, essas fontes demonstraram ser em alguns casos, até 80% mais eficientes do que o Jet A-1 (ATAG, 2009).

Embora o Brasil possua enorme potencial bioenergético, o país ainda encontra-se em fase preliminar em relação a estudos e ao desenvolvimento do bioquerosene. No entanto, grandes passos já estão sendo dados. Um exemplo disso é o desenvolvimento de uma tecnologia inovadora por um grupo de pesquisadores da Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas, para a produção do bioquerosene a partir de óleos vegetais, em escala laboratorial (UNICAMP, 2009).

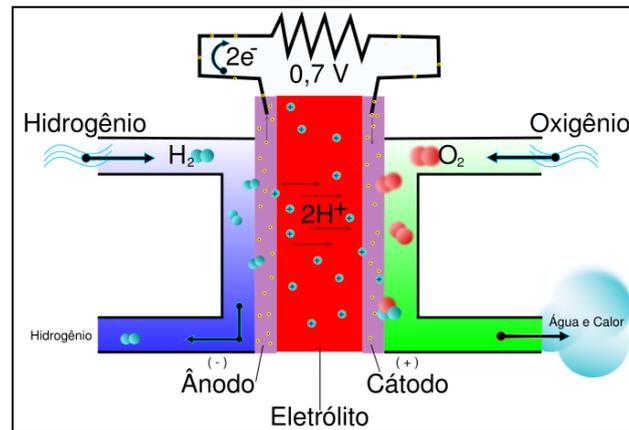
Aglutinando esforços, espera-se dessa maneira, que a utilização sustentável de biocombustíveis, em voos comerciais, torne-se uma realidade até o ano de 2012 e que a viabilidade do mercado seja fato antes de 2020 (ATAG, 2009).

#### *3.1.4. Célula a Combustível*

Criada em 1839 pelo britânico William Grove, a técnica de célula a combustível foi utilizada pela NASA no projeto Apollo, que levou astronautas à Lua e é atualmente empregada como fonte de energia elétrica para o Space Shuttle.

De uma maneira geral, a célula a combustível consiste em um dispositivo eletroquímico, que converte diretamente a energia química de um combustível em energia elétrica e calor. Normalmente, utiliza-se o hidrogênio como combustível. Neste caso, o hidrogênio e o oxigênio são recombinados na superfície de um catalisador, produzindo somente água e calor como subproduto, assim como delinea a Figura 2.

Segundo Gerhard Ett, o motivo dessa tecnologia não ter sido popularizada, na época de sua descoberta, foi o risco da manipulação do hidrogênio, além do alto custo para produzi-lo. No entanto, novas tecnologias reduziram o perigo de explosão e também fizeram com que o custo para sua utilização fosse diminuído.



**Figura 2:** Célula de Hidrogênio

Existem inúmeras vantagens em se utilizar células a combustível na aviação. Uma delas reside na redução das emissões de poluentes em praticamente cem por cento. Outro benefício dá-se pela diminuição da intensidade do ruído na própria aeronave e em torno dos aeroportos. Além disso, a energia elétrica gerada também pode ser utilizada para alimentar bombas elétricas de sistemas hidráulicos, e até mesmo substituir a APU - Unidade Auxiliar de Potência (dispositivo instalado geralmente na cauda, capaz de proporcionar energia para uma aeronave em solo ou em voo). A água pura derivada desse processo pode ser utilizada de diversas maneiras, como, por exemplo, em sistemas sanitários ou até mesmo para consumo dos passageiros, o que resultaria em uma considerável redução do peso da aeronave, uma vez que não seria necessário abastecê-la com esse insumo (Airbus, 2009).

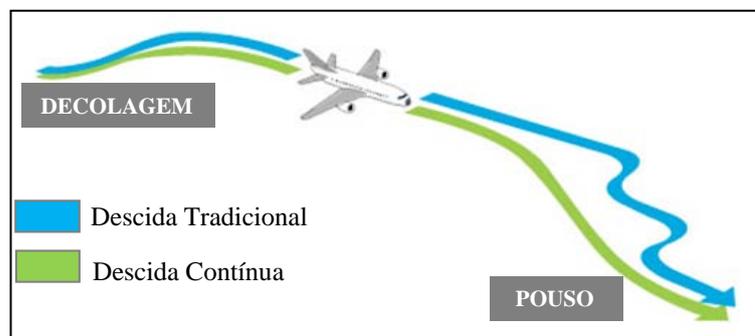
No entanto, ainda existem algumas limitações ao se empregar estas células com hidrogênio. Como é quimicamente muito ativo, não é encontrado na forma gasosa na natureza ( $H_2$ ). Dessa maneira, os procedimentos para sua produção e purificação tornam-se, ainda, dispendiosos. Além disso, seriam necessários grandes volumes para o seu armazenamento, exigindo, desse modo, o projeto das aeronaves.

### 3.2. Infraestrutura e Operações

A aviação continua implementando melhorias na infraestrutura e nas operações aeroportuárias para reduzir a queima de combustível e controlar suas emissões de poluentes na atmosfera. A infraestrutura associada e os sistemas operacionais, como os aeroportos e o controle do tráfego aéreo, influenciam nos impactos causados ao meio ambiente. Melhorias nestes domínios apresentam uma grande oportunidade de redução do consumo de combustível já que 18% de todos os combustíveis – conforme o IPCC – são desperdiçados como resultado de uma gestão ineficiente dos sistemas operacionais e das infraestruturas de modo global. Isso equivale a cem milhões de toneladas de dióxido de carbono por ano, que poderiam certamente ser evitados. No intento de desenvolver um sistema mais eficaz, algumas ações já estão sendo realizadas. Estas seguem, delineadas abaixo.

Tradicionalmente, as aeronaves voam em vários níveis de altitude antes do pouso. A utilização de novas tecnologias de navegação aérea, com maior precisão na determinação da posição tridimensional da aeronave, permite a implementação do conceito de “Performance

Based Navigation” (PBN), com a realização de descidas contínuas desde o nível de cruzeiro até a chegada, em procedimentos denominados “Continuous Descent Arrivals” (CDA). A Figura 3 ilustra essa técnica.



**Figura 3:** Tecnologia “Continuous Descent Arrival”

O assunto delineado acima advém de uma iniciativa mais abrangente, denominada NextGen (Next Generation Air Transport System), cujo principal objetivo consiste em racionalizar o tráfego aéreo norte americano até o ano de 2025, proporcionando o aumento da segurança operacional e a redução do consumo de combustível. O plano de implantação NextGen foi aprovado pelo congresso americano no ano de 2003 e sua execução está sendo conduzida pelo JPDO (Joint Planning and Development Office) que coordena esforços de outras entidades, tais como: NASA (National Aeronautics and Space Administration), FAA (Federal Aviation Administration), DOT (Department of Transportation) e OSTP (Office of Science & Technology Policy).

Fatores expressivos como congestionamentos e atrasos também possuem grande influência na infraestrutura e nas operações aeroportuárias. O sobrevoo de aeroportos para a aterrissagem ou a espera para a decolagem implicam em um inconveniente, não somente aos passageiros, mas também em um significativo aumento do consumo de combustível e de emissões de poluentes. Restrições do número de voos e novas instalações são medidas que vêm sendo tomadas para reverter estas situações. Além disso, a otimização das rotas aéreas, da altitude de voo, bem como de informações meteorológicas, também são fatores importantes e que incidem diretamente na economia de combustível nas empresas aéreas.

Outra iniciativa importante dá-se pela substituição de veículos movidos a diesel por veículos elétricos e pela instalação de painéis fotovoltaicos, que podem suprir convenientemente a energia elétrica para iluminação dos aeroportos.

Reduzir a quantidade de papel a bordo (jornais, manuais, mapas, revistas, bilhetes, entre outros), bem como substituir equipamentos como contêineres de bebidas, trolleys, aparelhos eletrônicos, etc. por modelos mais leves, são ações que contribuem para uma significativa diminuição do peso da aeronave, o que faz com que consuma menos combustível.

### **3.3. Manutenção**

Manutenções adequadas e contínuas possibilitam a eliminação de fontes de arrasto aerodinâmico e evitam o aumento de peso, resultando em grandes economias de combustível,

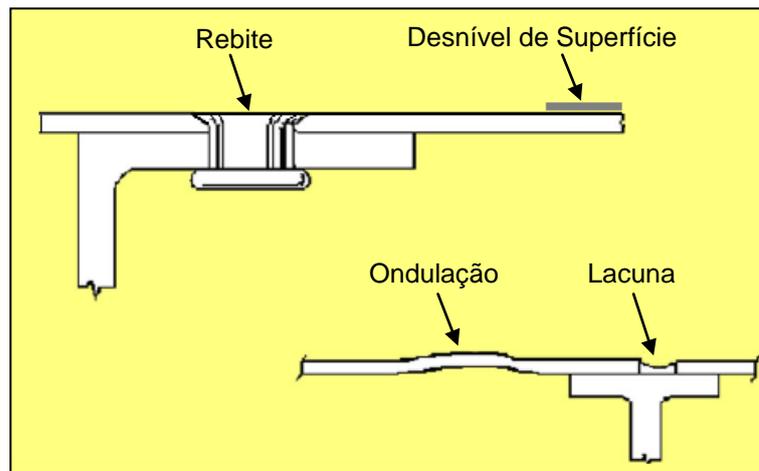
redução das emissões de poluentes na atmosfera, além de um melhor desempenho da aeronave. Adiante, serão apresentadas algumas maneiras de se atingir esses objetivos.

### 3.3.1. Controle de Peso da Aeronave

Controlar regularmente o peso da aeronave é um procedimento de elevada importância. Quanto mais pesada uma aeronave, maior o consumo de combustível e, conseqüentemente, maiores índices de emissão de poluentes na atmosfera. Segundo a fabricante de aeronaves Boeing, considerando-se o peso vazio de um avião (ou seja: sem passageiros, bagagens, combustível, etc.), há um aumento de peso em torno de 0.1% a 0.2%, a cada ano, atingindo cerca de 1%, após 5 a 10 anos. Esse aumento de peso durante o passar dos anos deve-se principalmente à sujeira excessiva e à manutenção corretiva estrutural da aeronave.

### 3.3.2. Desalinhamentos e Desníveis de Superfícies

Todo e qualquer tipo de superfície que esteja desalinhada, ondulada ou, ainda, que apresente rugosidade, deve ser identificada, encaminhada à manutenção e ajustada. Deve-se assegurar que todas as superfícies, janelas, portas e painéis de acesso estão corretamente instalados, selados e em condições adequadas de aeronavegabilidade; pois caso contrário, podem ocasionar arrasto indesejado e consumo excessivo de combustível.



**Figura 4:** Desalinhamentos e Desníveis de Superfícies

### 3.3.3. Limpeza Contínua da Aeronave

O acúmulo de sujeira no exterior da aeronave incrementa o peso vazio e o arrasto aerodinâmico, resultando em um aumento do consumo de combustível.

A realização de lavagens periódicas, além de promover a economia de combustível, minimiza a ocorrência de corrosão do revestimento e danos na pintura, além de facilitar a localização e correção de vazamentos e de ondulações.

### 3.3.4. Inspeção e Calibração de Instrumentos

Uma política de inspeção e calibração periódica deve ser realizada para todo e qualquer tipo de instrumento.

A devida calibração de instrumentos de medição de velocidade, por exemplo, tem um grande impacto sobre o consumo de combustível. Se a velocidade não é precisa, então a aeronave está voando mais rápida ou mais lenta do que o pretendido. Uma pequena diferença em relação à velocidade ideal de voo provoca um aumento de até 1% (Boeing, 2006) no consumo de combustível. Outro item importante é a eficiente inspeção e calibração do sistema de indicação de quantidade de combustível, o que evita a sobrecarga e o consequente arrasto desnecessário.

## 4. CONCLUSÃO

A aviação tem a sua parcela de contribuição nas emissões de CO<sub>2</sub>, que influenciam diretamente no aquecimento global. Apesar de ser pequena quando comparada às emissões de outros setores, é consenso geral de que sejam implantadas medidas para reduzi-la.

Portanto, a indústria aeronáutica vem desenvolvendo diversas iniciativas capazes de diminuir o consumo de combustível, bem como controlar as emissões de gás carbônico na atmosfera.

Cada setor da aviação vem se preocupando em elaborar e aplicar novas tecnologias. No entanto, deve-se também salientar a necessidade de incluir esforços governamentais, implementando medidas econômicas que visem o aprimoramento do desenvolvimento tecnológico sustentável, e o cumprimento das metas ambientais preestabelecidas.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 4<sup>th</sup> Aviation & Environment Summit (2009) - *Summit Communiqué*. Disponível em: [www.enviro.aero](http://www.enviro.aero). Último Acesso 27-05-2009.
- Airbus (2009) *Emission free power for civil aircraft: Airbus successfully demonstrates fuel cells in flight*. Disponível em: [www.airbus.com/en/presscentre/pressreleases/pressreleases\\_items/08\\_02\\_19\\_emission\\_free\\_power.html](http://www.airbus.com/en/presscentre/pressreleases/pressreleases_items/08_02_19_emission_free_power.html). Último acesso em: 06-10-2009.
- Albuquerque, J. (2008) *Panorama da emissão de gases no transporte aéreo* - Trabalho de Conclusão de Curso - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2008.
- ATAG (2009) *Beginners Guide to Aviation Biofuels*. Air Transport Action Group.
- Benien, T. (2003) *A380 O Jumbo do século 21*. Disponível em: [www.dw-world.de/dw/article/0,,920547,00.html](http://www.dw-world.de/dw/article/0,,920547,00.html)
- Boeing Commercial Airplanes (2006) *Fuel Conservation - Airframe Maintenance for Environmental Performance*.
- Ett, G. (2008) *Hidrogênio Multiuso*. Disponível em: [www.planetasustentavel.abril.com.br](http://www.planetasustentavel.abril.com.br). Último Acesso: 19-06-2009.
- Clean Sky (2009) *About Clean Sky*. Disponível em: [www.cleansky.eu/index.php?arbo\\_id=35](http://www.cleansky.eu/index.php?arbo_id=35). Último Acesso: 06-10-2009.
- CONPET (2007) *Fabricantes de Avião Fazem Promessa Verde*. Disponível em: [www.conpet.gov.br](http://www.conpet.gov.br). Último Acesso: 02-06-2009.
- Department of Commerce, Department of Homeland Security, Department of Transportation, Federal Aviation Administration, National Aeronautics and Space Administration, Office of Science & Technology Policy, U.S Department of Defense (2007) *Concept of Operation for the Next Generation Air Transport System*.

- ECNDT (2006) - European Conference on NDT - *Structural Health Monitoring: A Contribution to the Intelligent Aircraft Structure*.
- EMBRAER (2009) Empresa Brasileira de Aeronáutica - *Meio Ambiente*. Disponível em: [www.embraer.com.br](http://www.embraer.com.br).  
Último Acesso: 08-06-2009.
- General Electric (2009) *The Genx Theatre – Genx- 1B Overview*. Disponível em: [www.geaviation.com/education/theatre/genx/](http://www.geaviation.com/education/theatre/genx/). Último Acesso: 26-06-2009.
- IATA (2008) International Air Transport Association - *Building Greener Future* - 3ª edição, Suíça.
- IPCC (1999) Intergovernmental Panel on Climate Change. *Aviation and the Global Atmosphere*. Disponível em: [www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/av-en.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/av-en.pdf). Último Acesso: 05-10-2009.
- JPDO (2009) Joint Planning and Development Office - *NextGen*. Disponível em: [www.jpdo.gov](http://www.jpdo.gov). Último Acesso: 22-06-2009.
- Monteiro, M.; Acosta, L. (2007) *Estudo de Aplicações de Células a Combustível na Indústria Aeronáutica*.
- Reynol, F. (2007) *Modelo do biodiesel poderia ser aplicado ao querosene vegetal*. Disponível em: [www.inovacao.scielo.br/pdf/inov/v3n3/a11v3n3.pdf](http://www.inovacao.scielo.br/pdf/inov/v3n3/a11v3n3.pdf). Último Acesso: 06-10-2009.
- Rizzo, B. (2009) *Tecnologia do Futuro*. Disponível em: [www.ofca.com.br](http://www.ofca.com.br). Último Acesso: 28-05-2009.
- Simões, A. F.; Schaeffer R. (2002) *Emissões de CO<sub>2</sub> devido ao Transporte Aéreo no Brasil*. In: Anais do Congresso Brasileiro de Energia e do e IV Seminário Latino-Americano de Energia. Rio de Janeiro, 2002.
- SITA (2009) Specialists in Air Transport Communications and IT Solutions. *The Air Transport Industry and The Environment*.
- UNICAMP (2009) Universidade Estadual de Campinas - *Pesquisadores desenvolvem combustível para a aviação a partir de óleos vegetais*. Disponível em: [ww.unicamp.br/unicamp/unicamp\\_hoje/ju/setembro2009/ju442\\_pag04.php](http://ww.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/setembro2009/ju442_pag04.php). Último Acesso: 05-10-2009