Energia
Como Colocar em Prática o Conceito da Força Aérea

TENCEL FREDERICK G. HARMON, *USAF*
TENCEL RICHARD D. BRANAM, *USAF*
TENCEL DORAL E. SANDLIN, *USAF**

A FORÇA AÉREA dos Estados Unidos é a maior consumidora de energia no governo federal. Gastou um total de 9 bilhões de dólares em 2008 para suprir aeronaves e veículos motorizados terrestres, bem como fornecer energia às dependências.[1] Naquele mesmo ano, o total de 7 bilhões resultava em mais da metade do custo total de gastos em combustível para todo o governo.[2] Devido ao papel central importantíssimo que a energia desempenha no cumprimento da missão, o Secretário da Força Aérea formulou um plano baseado em três "pilares" principais: "Redução em Demanda"; "Aumento de Oferta"; e "Mudança de Estilo de Vida", direcionado pelo conceito "Faturar a Energia em Tudo" (fig. 1). Em reação a esse programa e conceito, os pesquisadores do Instituto de Tecnologia da Força Aérea [*Air Force Institute of Technology – AFIT*] empenham-se em levar a cabo os dois primeiros pilares, com o desenvolvimento de nova área de especialização acadêmica em energia alternativa, projetando aeronaves híbrido-elétricas, remotamente pilotadas *[remotely piloted aircraft – RPA],* colocando em prova os produtos sintéticos, elaborando novo curso de estudos com enfoque em administração da distribuição de combustíveis e, levando a cabo pesquisa em sua armazenagem, gerenciamento e distribuição. O terceiro pilar, "Mudança de Estilo de Vida," está fora do escopo deste artigo. Dado o sucesso dos programas acadêmicos e resultados promissores de pesquisa, a Força Aérea deve continuar a expan-

Figura 1. Três pilares principais para o plano energético. (Reimpresso da *Air Force Energy Plan 2010* [Washington, DC: Secretário da Força Aérea para Dependências, Ambiente e Logística, 2010], 7, http://www.safie.hq.af.mil/shared/media/document/AFD-091208-027.pdf.)

*O Tenente Coronel Harmon é Catedrático Assistente em Engenharia Aeronáutica. O Tenente Coronel Branam é Catedrático Assistente em Engenharia Aeroespacial e o Tenente Coronel Sandlin é Catedrático Assistente em Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimento para o Instituto de Tecnologia da Força Aérea localizado na Base Aérea Wright-Patterson, Ohio.

dir o currículo do *AFIT* relacionado. Um maior apoio permitiria estabelecer um centro de pesquisa com enfoque em energia, o que permitiria à Força Aérea enfrentar os obstáculos relacionados.

Área de Especialização Acadêmica em Energia Alternativa

Os Analistas norteamericanos investigam a energia alternativa e suas possibilidades (ex.: sistemas híbrido-elétricos, células combustível, biocombustíveis e energia solar), a fim de reduzir a dependência em petróleo estrangeiro. A maior parte dessa pesquisa estuda seu transporte e dependências terrestres. Contudo, este artigo cobre o interesse cada vez maior e o impulso do setor militar e industrial à utilização de energia refinada e renovável na arena aeroespacial. O plano estratégico do Instituto Americano da Aeronáutica e Astronáutica *[American Institute of Aeronautics and Astronautics]* para o período 2009–13, que coloca ênfase em energia e aeroespaço destaca como imperativo estratégico "Melhor Eficiência em Energia Aeroespacial e o Avanço de Novas Tecnologias Energéticas". De acordo com esse imperativo, "a *AIAA* deve providenciar um ambiente colaborativo para intercâmbio de dados, a fim de assegurar que os melhores profissionais técnicos e os inovadores mais criativos concentrem-se em como superar os obstáculos encarados pela indústria aeroespacial em eficiência, bem como em oportunidades emergentes para contribuir à futuras fontes de energia refinada e acessível."[3] A Força Aérea, os empreiteiros em defesa e a indústria necessitam de pesquisadores e engenheiros com perícia técnica em Engenharia Aeroespacial e Energia Alternativa. Muitas universidades oferecem excelentes programas, mas pouquíssimas realçam de que maneira podemos conseguir a fusão entre as duas. O *AFIT* preenche a lacuna catedrática, não só realçando o currículo com cursos relacionados à energia, contratando membros do corpo docente experientes em ambos os campos, mas também expandindo as dependências do laboratório.

Em reação à necessidade premente de engenheiros que cursaram matérias relacionadas à Energia Alternativa e Engenharia Espacial, o *AFIT* formulou área de especialização acadêmica em sistemas de energia alternativa que faz parte do Mestrado em Engenharia Aeronáutica e Astronáutica. Essa especialização, uma extensão desses dois programas de Mestrado atuais, requer cursos em energia, máximo aproveitamento e projetos aeroespaciais. Busca fornecer um curso de estudos coerente aos estudantes de Engenharia Aeroespacial, interessados em pesquisar tópicos referentes a sistemas de energia alternativa e propulsão avançada para micro veículos aéreos *[micro air vehicles – MAV]*, pequenas *RPAs* e aeronaves de grande altitude e alta duração de voo. Dois alunos completaram a sequência em 2010 e seis mais esperam fazer o mesmo em 2011.

Duas outras universidades, a Universidade *Wright State* e a Universidade de Dayton, através do programa altamente bem sucedido do Instituto *Dayton Area Graduate Studies*, contribuem à especialização em energia alternativa. O Estado de Ohio aprovou as propostas de ambas as universidades, a fim de oferecer mestrados em energia limpa e renovável e ambas estabeleceram cursos, dando acesso aos alunos do *AFIT* para que possam satisfazer os requisitos necessários a essas especialidades. Essa colaboração permite aos alunos frequentar as classes em estabelecimentos de ensino civis na própria região e alavancar a pesquisa já iniciada em outras universidades.

Como parte da especialização, o *AFIT* estabeleceu um curso de estudo independente, a fim de educar os alunos em métodos de análise de desempenho de componentes de sistema de propulsão de pequenas *RPAs*, tais como motores elétricos, baterias de ponta, motores de combustão interna *[internal combustion engines – ICE]* e células combustível. À medida que o interesse nessa nova área de especialização acadêmica aumenta, o Instituto planeja desenvolver um curso de laboratório acerca dos fundamentos da tecnologia, motores, baterias de ponta e ultra-capacitores.

O *AFIT* desempenha função essencial para fazer face às demandas da Força Aérea e da indústria para maior número de engenheiros treinados em Energia Alternativa e Engenharia Aeroespacial. Esses novos engenheiros assistirão a Força Aérea a programar o plano de energia que requer a redução em demanda, ao aumentar a eficiência de sistemas de propulsão e da oferta de energia através de combustíveis alternativos. Sua localização estratégica, próxima ao *Air Force Research Laboratory – AFRL* na Base Aérea Wright-Patterson e o grande número de empreiteiros aeroespaciais permitem aos alunos a obtenção de experiência prática, sem a necessidade de transferência a outro local. É programa único porque oferece aos alunos um diploma "híbrido" em temas aeroespaciais e energéticos.

Aeronaves Híbrido-Elétricas Pilotadas Remotamente

Os membros industriais e os pesquisadores universitários exploram novos meios de propulsão, tais como sistemas híbrido-elétricos para utilização aeroespacial. Certos projetos híbrido-elétricos usam *ICE* e sistema elétrico de propulsão, enquanto outros são baseados em células combustível. Durante a *Experimental Aircraft Association's AirVenture* de 2009, em *Oshkosh*, Wisconsin, a empresa alemã de projetos e manufatura de aeronaves, *Flight Design,* exibiu um sistema de propulsão híbrido-elétrico paralelo com um *ICE* e motor elétrico (fig. 2) para aeronave de uso geral. Um motor elétrico de 30 quilo*watts (kW)* movido à bateria oferece propulsão a motor *Rotax 914* reduzido, de 86 *kW* para decolagem e ascensão.[4] A configuração híbrida paralela com o auxílio de força permite ao piloto planar por período mais longo, utilizando força elétrica em caso de pane. Para grandes *RPAs*, a *AeroVironment* está adaptando à forma híbrida um motor a pistão que queima hidrogênio com um sistema de propulsão elétrico em sua aeronave *Global Observer,* de grande altitude e alta duração de voo.[5] Anteriormente, três pesquisadores da Universidade da Califórnia-Davis desenvolveram um projeto teórico de pequena

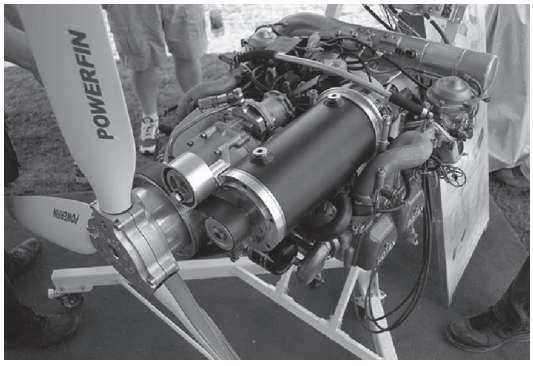


Figura 2. Sistema de propulsão híbrido-elétrico da Flight Design (Reimpresso sob permissão de Jason Paur, *"Hybrid Power Comes to Aviation," Wired.com*, 28 July 2009, http://www.wired.com/autopia/2009/07/hybrid-aviation.)

RPA híbrido-elétrica que demarcou a base para protótipo de aeronave atualmente em fase de desenvolvimento no *AFIT*.[6]

O ex-aluno do *AFIT*, Ryan Hiserote, comparou três projetos teóricos híbrido-elétricos paralelos e distintos para pequena *RPA*, cada qual com três perfis de descarga de bateria, para um total de nove configurações.[7] Sua análise determinou que uma configuração que utiliza *ICE*, motor elétrico e embreagem para desengajar o motor durante a operação exclusivamente elétrica, silenciosa, foi a mais apta para a missão *[Intelligence, Surveillance, Reconnaissance – ISR]* típica de cinco horas. O motor é desligado durante a fase da missão de *ISR*, a fim de reduzir a assinatura acústica da aeronave. Os alunos civis e militares do *AFIT* no Departamento de Aeronáutica e Astronáutica, sob a direção do Catedrático Assistente Fred Harmon estão projetando uma *RPA* híbrido-elétrica, baseada no projeto teórico de dois pontos, que inclui um *ICE* dimensionado para velocidade de cruzeiro, bem como um motor elétrico e pacote de bateria dimensionada para velocidade mais baixa (pairar). O projeto paralelo híbrido-elétrico proporciona ao veículo maior tempo na estação e maior alcance do que os veículos propulsionados à eletricidade, juntamente com assinaturas acústicas e térmicas mais baixas do que veículos movidos à gasolina. O projeto resultante

toma a forma de *RPA* de 1,6 quilogramas que utiliza 40 por cento menos combustível do que aeronaves convencionais propulsionadas a *ICE,* inclui capacidade amplificada e modo "silencioso" durante operações *ISR*, ao utilizar somente o sistema elétrico. Esses empreendimentos ilustram o interesse, cada vez maior, em tecnologia híbrido-elétrica para sistemas aeroespaciais, bem como os benefícios que oferecem às tropas em combate.

Além de sistemas híbrido-elétricos com motores propulsionados por hidrocarbonetos, grande número de empresas e universidades pesquisam sistemas baseados em células combustível para utilização em aviação. A *Boeing* recentemente colocou em voo uma aeronave pilotada (dois assentos, motor-planador *Dimona* com alcance de asa de 16,3 metros) impulsionada por sistema de propulsão à célula combustível de membrana via conversão de próton/bateria a lítio-íon [*li-íon*].[8] Os pesquisadores da empresa acreditam que esse tipo de tecnologia propulsionaria pequenos veículos tripulados e remotamente pilotados. Para grandes aeronaves comerciais, os projetistas utilizariam células combustível a óxido sólido em sistemas secundários de geração de força, tais como equipamento de força auxiliar. O *Georgia Institute of Technology* projetou, construiu e colocou em voo uma *RPA* propulsionada à célula combustível.[9] Recentemente, a Marinha colocou em voo pequena *RPA*, a *Ion Tiger*, propulsionada à célula combustível de 500 watts.[10] A *AFRL* colocou em voo um sistema baseado à célula combustível na *RPA Puma*. A *Puma* original, propulsionada unicamente à bateria modificada para comportar sistema híbrido à célula combustível, sob contrato de pesquisa em inovação de pequenos negócios com o *AFRL*, expandiu a capacidade, ao triplicar o período de voo de três a nove horas.[11] A aeronave experimental *Antares DLR-H2*, em julho de 2009 foi o primeiro veículo aéreo tripulado a decolar à célula combustível.[12] O *AFIT* há pouco tempo iniciou empreendimentos, a fim de desenvolver uma ferramenta para projeto teórico, dedicado a melhor compreender os prós e contras do uso de células combustível em *MAVs*.[13] A ferramenta integra análise precisa da aerodinâmica, propulsão, gerenciamento de força e fontes de força, a fim de determinar a capacidade de duração de voo de *MAVs* em dada missão.

Não importa se esses empreendimentos para sistemas híbrido-elétricos sejam baseados em *ICEs* ou células combustível. O fato é que refletem, de modo claro, o interesse em utilização de conceitos que empregam energia alternativa para aeronaves. Os projetos anteriormente mencionados serão úteis, dependendo em requisitos de missão, bem como dimensões e tipo de aeronave. Por exemplo, como descrito anteriormente, os pesquisadores do *AFIT* estão colocando à prova um protótipo de sistema híbrido-elétrico para pequena *RPA*, a fim de demonstrar sua utilidade durante missão *ISR* típica. Além do mais, um trabalho discente atualmente em curso, referente a projeto teórico de sistema híbrido-elétrico para aeronave de treinamento, determinará a quantidade de combustível e energia que economizaria durante missão de treinamento típica. A Força Aérea deve apoiar a expansão da pesquisa acerca de sistemas à células combustível do *AFIT*, a fim de assegurar a melhoria em alcance e duração de voo para pequenas *RPAs* e *MAVs*. Para maiores aeronaves, tais sistemas seriam úteis para equipamentos de força auxiliares. Os sistemas híbrido-elétricos contribuirão para o primeiro pilar do plano energético, reduzindo a demanda em energia.

Como Colocar à Prova o Combustível Sintético

O *AFIT* contribui ao segundo pilar, aumentando a oferta de energia, ao levar a cabo pesquisa dedicada a combustíveis alternativos. O combustível para jato é grande despesa, tanto para a Força Aérea, quanto para as linhas aéreas comerciais. Pela primeira vez, em 2006, passou a ser o item principal na coluna de despesas de linhas aéreas comerciais norte-americanas.[14] A Força Aérea, o consumidor mais prolífico do governo federal utiliza, aproximadamente, 2,5 bilhões de galões por ano.[15] O emprego de produtos alternativos, e.g. *Fischer-Tropsch – FT* reduziria o custo, ao

projetar motores mais eficientes, novos sistemas de propulsão, projetando configurações mais aerodinâmicas e fuselagens mais leves.[16]

A indústria comercial e o governo estabeleceram organizações para pesquisar e certificar o uso de alternativos. Uma coalizão denominada *Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative* tenta aumentar a segurança da energia e a sustentabilidade ambiental para a aviação, ao engajar a indústria emergente de alternativos para jato a utilizá-los em aviação comercial.[17] Bill Harrison, o assessor técnico especializado da Diretoria de Propulsão *[Propulsion Directorate]* no *AFRL*, também realça a necessidade de incrementar a pesquisa, prova e certificação de novos combustíveis alternativos/domésticos.[18] Os alternativos poderiam substituir muitos dos tradicionais, tais como *JP-5, JP-7* e *JP-8*. Por exemplo, em agosto de 2007, o *B-52* recebeu a certificação para utilizar a mescla 50/50 de sintético e *JP-8*.[19] A Força Aérea também estabeleceu o Gabinete de Certificação de Combustíveis Alternativos *[Alternative Fuels Certification Office]* em 2007 sob Alvará do Secretário da Força Aérea, a fim de gerenciar a certificação para todas as plataformas (mais de 40 tipos), equipamento de apoio e infraestrutura básica com mescla 50/50 de *FT* e *JP-8*.[20] Quase toda a frota da Força Aérea recebeu certificação para utilizar mesclas sintéticas.

O *AFIT* leva a cabo pesquisa ativa para substituir os combustíveis tradicionais para jato com mesclas alternativas. Os de jato fazem parte de ampla classe de hidrocarbonetos, denominados combustíveis a querosene.[21] Comparados aos tradicionais utilizados em jato e derivados de petróleo, como o *JP-8*, os *FT* são de derivação sintética de fontes como carvão, gás natural e biomassa, o produto de processo químico catalisado que inicialmente converte combustíveis de alimentação em monóxido de carbono e hidrogênio, combinando, então, esses químicos em moléculas de hidrocarboneto com cadeias mas longas. Teoricamente, o conteúdo de energia dessa classe é suficiente para substituir as tradicionais. Contudo, necessitamos de maiores pesquisas acerca de seu uso em dispositivos originalmente projetados para combustíveis tradicionais de jato.[22] O *AFIT* pesquisa a utilização de *FT* em combustor ultra-compacto no Laboratório de Maximização de Combustão e Análise a Laser *[Combustion Optimization and Analysis Laser Laboratory]* que possui várias técnicas de diagnóstico disponíveis, *i.e.*, como medir a quantidade de hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio não queimados, a fim de analisar o desempenho. Os resultados iniciais são promissores e demonstram que os *FT* podem substituir os combustíveis tradicionais para jato.

Curso de Estudo Acadêmico em Gerenciamento de Petróleo e Pesquisa Acerca de Distribuição de Combustíveis

Recentemente o *AFIT* estabeleceu um grupo especializado em gerenciamento de combustíveis que faz parte do programa de Mestrado em Ciências dedicado ao gerenciamento de logística e cadeia de suprimento. No Outono de 2010, cinco oficiais da Força Aérea com especialização nessa área, iniciaram seu novo curso de estudos, que abrange modelos de inventário, previsão de demanda, resiliência da cadeia de suprimento, combustíveis alternativos, questões ambientais e transporte, bem como distribuição e armazenagem de petróleo. Os Formandos serão contratados pela Agência de Petróleo da Força Aérea, Agência de Logística para a Defesa e outros cargos em gerenciamento de petróleo em estados-maior de comandos principais.

Os alunos, tanto nacionais como internacionais, do Departamento de Ciências Operacionais do *AFIT* levaram a efeito grande número de estudos minuciosos, de ponta. Por exemplo, o Maj David Mazzara produziu uma análise da relação custo/benefício para sistemas de reabastecimento aéreo de *RPAs*.[23] O Maj James Nicholson investigou a eficácia de custo para substituir mesclas à base de petróleo, similares a *diesel* com bio*diesel* no Comando de Mobilidade Aérea *[Air Mobility Command]*, determinando o preço necessário, a fim de compensar o custo da produção de bio*diesel*, se o preço do tradicional aumen-

tar.[24] O TenCel Juan Salaverry criou um modelo para calcular o preço de combustível de jato na Argentina, seu país natal.[25] O Maj Murat Toydas concebeu dois modelos de aproveitamento não-linear que examinaram o *"quid pro quo"* entre o peso de combustível desde a decolagem inicial e a carga a bordo, para dada origem, destino e local da base do tanque.[26] O Ten Evren Kiymaz levou a cabo um estudo que media a eficiência de combustível aero-transportado.[27] Todos esses estudos ilustram métodos para reduzir a demanda ou aumentar a oferta.

O Maj Phil Morrison, recém graduado do programa de Estudos Avançados e Mobilidade Aérea do *AFIT*, em uma das análises mais bem sucedidas, concluiu pesquisa em reposicionamento de lastro para o *KC-135*.[28] Concluiu que remover o combustível de lastro do tanque situado na parte dianteira da fuselagem, compensando tal ação com a adição de peso (como blindagem) à outra parte do avião, resultaria em dois grandes benefícios: (1) os aviões tanques conseguiriam transferir maior quantidade de combustível à aeronave recipiente; e (2) a Força Aérea economizaria muito, ao reduzir o custo para a frota de aviões-tanque *KC-135*. A pesquisa do Maj Morrison indicou que, se colocada em execução, sua proposta seria economicamente viável em menos de dois anos, reduzindo outros 14 milhões de dólares anuais. A Força Aérea, recentemente alocou fundos para levar a cabo tal mudança de lastro *JIN* para o *KC-135*.

Conclusão e Recomendações

A Força Aérea está tentando reduzir a despesa, bem como aumentar a segurança energética, reduzindo a demanda, aumentando a oferta e mudando seu estilo de vida. Os pesquisadores do *AFIT* contribuem para os dois primeiros pilares do plano de energia, ao desenvolver novo currículo cujo enfoque é a energia e combustíveis alternativos, projetando sistemas de propulsão híbrido-elétricos, testando os sintéticos para substituir os tradicionais e avançando a pesquisa no campo de distribuição e gerenciamento dos mesmos. Os formandos civis e militares do *AFIT*, com base em Engenharia Aeroespacial, Energia Alternativa e Gerenciamento de Combustível assumirão posições em liderança técnica e possuirão conhecimento para alavancar tecnologia e ferramentas para uso aeroespacial essencial, a fim de fazer com que a Força Aérea leve avante seu plano energético.

A Força Aérea necessita apoiar completamente o *AFIT* neste sentido. O *AFIT* deve expandir o currículo para incorporar outros cursos relacionados à energia e a combustíveis, bem como construir laboratórios para colocar à prova os sistemas híbrido-elétricos, células combustível e sintéticos. As ferramentas de projetos teóricos devem melhorar, a fim de analisar opções para aeronaves futuras, tais como as de treino, híbrido-elétricas, e *RPAs*. O *AFIT* também deve levar a cabo maiores pesquisas em sistemas baseados em célula combustível, a fim de determinar a melhoria em alcance e duração de voo para pequenas *RPAs* e *MAVs*. O *AFIT* deve levar a cabo outras pesquisas referentes à aeronaves maiores, acerca de como sistemas baseados à célula combustível seriam úteis para equipamento de força auxiliar. Além do mais, se o Instituto receber o apoio apropriado, poderia estabelecer um centro de pesquisa inter-disciplinar com enfoque em energia. É óbvio que o *AFIT* é de vital importância para que a Força Aérea consiga atingir sua meta energética. ❑

Base Aérea Wright-Patterson, Ohio

Notas

1. Air Force Energy Plan 2010 (Washington, DC: Assistant Secretary of the Air Force for Installations, Environment, and Logistics, 2010), 4, acessado em 14 janeiro, 2011, http://www.safie.hq.af.mil/shared/media/document/AFD-091208-027.pdf.

2. Mark J. Lewis, "Military Aviation Goes Green," Aerospace America 47, no. 8 (September 2009): 25, acessado em 14 Janeiro 2011, http://www.aerospaceamerica.org/Documents/Aerospace%20America%20PDFs%20(2009)/Aerospace%20America_SEP2009.pdf.

3. American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA), "2009–2013 Strategic Plan: Sections I and II" (Reston, VA: AIAA, 2009), 1, acessado em 15 novembro 2010, http://www.aiaa.org/pdf/industry/Strat_Plan_Short Version_March09.pdf.

4. Jason Paur, "Hybrid Power Comes to Aviation," Wired.com, 28 July 2009, http://www.wired.com/autopia/2009/07/hybrid-aviation.

5. "Stratospheric Persistent UAS: Global Observer," AeroVironment, http://www.avinc.com/uas/stratospheric/global_observer.

6. Frederick G. Harmon, Andrew A. Frank e Jean-Jacques Chattot, "Conceptual Design and Simulation of a Small Hybrid-Electric Unmanned Aerial Vehicle," Journal of Aircraft 43, no. 5 (September–October 2006): 1490–98, acessado em 14 Janeiro 2011, http://www.dodsbir.net/sitis/view_pdf.asp?id=REF%203%20AF103_209.pdf; Frederick G. Harmon, Andrew A. Frank e Jean-Jacques Chattot, "Parallel Hybrid-Electric Propulsion System for an Unmanned Aerial Vehicle" (apresentação durante o Simpósio da Association for Unmanned Vehicle Systems International Unmanned Systems North America 2004 em Anaheim, CA, 3–5 agosto, 2004); Frederick G. Harmon, Andrew A. Frank e Sanjay S. Joshi, "Application of a CMAC Neural Network to the Control of a Parallel Hybrid-Electric Propulsion System for a Small Unmanned Aerial Vehicle" (apresentação, Institute of Electrical and Electronics Engineers International Joint Conference on Neural Networks, Montreal, Canada, 31 julho–4 agosto 2005); e Frederick G. Harmon, Andrew A. Frank e Sanjay S. Joshi, "The Control of a Parallel Hybrid-Electric Propulsion System for a Small Unmanned Aerial Vehicle Using a CMAC Neural Network" Neural Networks 18 (2005): 772–80.

7. Ryan M. Hiserote e Frederick G. Harmon, "Analysis of Hybrid-Electric Propulsion System Designs for Small Unmanned Aircraft Systems" (apresentação AIAA-2010-6687, 8th Annual International Energy Conversion Engineering Conference, Nashville, TN, 25–28 julho 2010).

8. "Boeing Successfully Flies Fuel Cell-Powered Airplane," Boeing, 3 Abril 2008, http://www.boeing.com/news/releases/2008/q2/080403a_nr.html.

9. Thomas H. Bradley et al., "Flight Test Results for a Fuel Cell Unmanned Aerial Vehicle" (apresentação AIAA-2007-32, 45th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, Reno, NV, 8–11 janeiro 2007); e Blake A. Moffitt et al., "Design and Performance Validation of a Fuel Cell Unmanned Aerial Vehicle" (apresentação AIAA-2006-823, 44th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, Reno, NV, 9–12 January 2006).

10. "Surveillance Vehicles Take Flight Using Alternative Energy," Public Affairs, Office of Naval Research, 2009, acessado em 14 janeiro, 2011, http://www.onr.navy.mil/Media-Center/Press-Releases/2009/Surveillance-Vehicles-Alternative-Energy.aspx.

11. "UAS Advanced Development: Fuel Cell Puma," AeroVironment, http://www.avinc.com/uas/adc/fuel_cell_puma.

12. Pat Toensmier, "The Cutting Edge: Fuel Cell Powers Manned Flight," Defense Technology International, September 2009, 60.

13. Paul M. Hrad e Frederick G. Harmon, "Conceptual Design Tool for Micro Air Vehicles with Hybrid Power Systems" (apresentação durante a Conferência da AIAA-2010-6688, 8th Annual International Energy Conversion Engineering, Nashville, TN, 25–28 July 2010).

14. Frank Sietzen, "Growing Fuels for Greener Skies," Aerospace America, September 2009, 32.

15. Air Force Energy Plan 2010, 4.

16. Lewis, "Military Aviation Goes Green," 24.

17. "Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative" (CAAFI brochure), caafi.org, 17 August 2010, http://www.caafi.org/about/pdf/CAAFI_brochure_August_2010.pdf.

18. William E. Harrison, "Alternative Energy for Aerospace Applications" (apresentação durante o 4º Simpósio Anual Dayton Engineering Sciences, Dayton, OH, 27 October 2009).

19. Lewis, "Military Aviation Goes Green," 24.

20. Beatriz Rodriquez e Thomas M. Bartsch, "The United States Air Force's Process for Alternative Fuels Certification" (apresentação durante a Conferência da AIAA-2008-6412, 26th AIAA Applied Aerodynamics, Honolulu, HI, 18–21 August 2008).

21. Tim Edwards, "Kerosene Fuels for Aerospace Propulsion-Composition and Properties" (apresentação durante a Conferência e Exposição da AIAA-2002-3874, 38th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion, Indianapolis, IN, 7–10 July 2002).

22. M. A. Mawid, "Development of a Detailed Chemical Kinetic Mechanism for JP-8 and Fisher-Tropsch-Derived Synthetic Jet Fuels" (apresentação durante a Conferência e Exposição da AIAA-2007-5668, 43rd AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion, Sacramento, CA, 8–11 July 2007); e Tim Edwards et al., "Fuel Composition Influence on Deposition in Endothermic Fuels" (apresentação durante a Conferência da AIAA-2006-7973, 14th AIAA/AHI Space Plane and Hypersonic Systems and Technologies, Canberra, Australia, 6–9 November 2006).

23. Maj David J. Mazzara, "Autonomous Air Refueling for Unmanned Aircraft Systems: A Cost/Benefit Analysis," documento pesquisa pós-graduação AFIT/IMO/ENS/ 09-08 (Wright-Patterson AFB, OH: Air Force Institute of Technology, 2009).

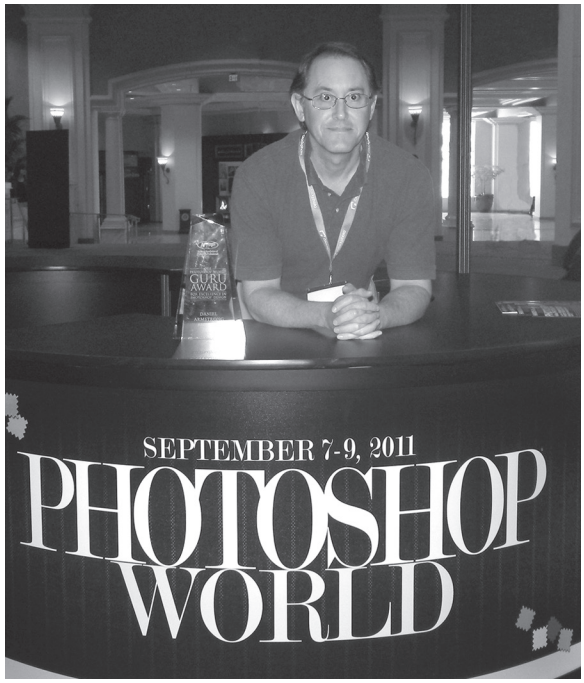
24. Maj James B. Nicholson, "Bio-Diesel for Air Mobility Command Assets: The Way Ahead," documento de pesquisa pós-graduação AFIT/IMO/ENS/09-10 (Base Aérea Wright-Patterson, OH: Air Force Institute of Technology, 2009).

25. Lt Col Juan A. Salaverry, "Predicting Argentine Jet Fuel Prices," AFIT/GLM/ENC/07M-01 (Tese, Air Force Institute of Technology, Base Aérea Wright-Patterson, OH, 2007).

26. Maj Murat Toydas, "Fuel Savings Opportunities from Air Refueling," AFIT/LSCM/ENS/10-12 (Tese, Air Force Institute of Technology, Base Aérea Wright-Patterson, OH, 2010).

27. Lt Evren Kiymaz, "Fuel Efficiency Assessment with DEA," AFIT/LSCM/ENS/10-07 (Tese, Air Force Institute of Technology, Base Aérea Wright-Patterson, OH, 2010).

28. Maj Phil G. Morrison, "Reballasting the KC-135 Fleet for Fuel Efficiency," estudo de pesquisa pós-graduação AFIT/IMO/ENS/10-10 (Base Aérea Wright-Patterson, OH: Air Force Institute of Technology, 2010).



Daniel Armstrong, nosso ilustrador recebeu o prêmio internacional "Guru" 2011.