

SUSTENTAÇÃO E DIRECIONAMENTO DE AERONAVES: UM ENSINO DE FÍSICA CONTEXTUALIZADO

Adriéli Siqueira¹, Jeremias Borges da Silva¹, Antonio Sérgio M. de Castro¹

¹ Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, siqueira.adrieli@gmail.com

Resumo

A aviação é um tema cativante e motivador, devendo ser explorado no ensino de Física. Este trabalho é uma proposta de oficina destinada a estudantes de Ensino Médio, com a finalidade de explicar e ilustrar os processos de sustentação e controle de aeronaves. Dispondo-se de um pequeno túnel de vento, que deve ser construído com material alternativo para fins didáticos, e de simulações virtuais de voo, já realizadas no programa "Flight Simulator 2004[®]", pretendemos estimular a curiosidade dos estudantes. Isto é, torná-los capazes de questionar e compreender o processo do voo através dos princípios de Física ensinados em sala de aula. No túnel de vento poderão ser observadas as linhas de escoamento do fluido (o ar), enquanto as simulações virtuais ilustrarão o processo de sustentação e direcionamento de aeronaves. Existe também a preocupação de levar em consideração o contexto histórico da aviação, a fim de enfatizar a Física como uma ciência em contínuo processo de desenvolvimento e aperfeiçoamento.

Palavras-chave: túnel de vento, aviação, mecânica dos fluidos.

Introdução

A contextualização é uma estratégia pedagógica recomendada em todos os documentos oficiais desde a Lei das Diretrizes e Bases da Educação (LDB). Documentos como as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM) e os Parâmetros Curriculares Nacionais para Ensino Médio (PCNEM e PCNEM+), indicam que o ensino deva ser orientado para construção de competências e habilidades, articuladas nas áreas de representação e comunicação, investigação e compreensão e contextualização sócio-cultural, tendo como eixos norteadores a interdisciplinaridade e a própria contextualização.

A evolução da ciência e da tecnologia vem mudando radicalmente os costumes e o cotidiano da sociedade em intervalos de tempo cada vez mais curtos. Assim, esses documentos sinalizam para um ensino que promova uma formação humana que amplie os horizontes culturais e científicos, e que leve à autonomia no exercício da cidadania. Portanto, é fundamental que a ciência seja apresentada com seus conceitos, métodos e linguagem própria, enfocando também seus aspectos históricos relacionados à evolução da tecnologia e da vida em sociedade.

Um exemplo é a evolução da aviação que atualmente possui uma grande importância econômica, social e tecnológica. Tema de lendas e mitos na antiguidade, a aviação atinge um ponto culminante com a chegada do homem a Lua

e posteriormente com desenvolvimento de aeronaves como o ônibus espacial. Seu desenvolvimento gerou conhecimento e tecnologias que hoje são comuns no dia a dia das pessoas como o sistema de posicionamento global (GPS), os celulares e os satélites de comunicação. Além disso, o tema e os conceitos da aviação estão disponíveis na forma de brinquedos eletrônicos, maquetes ou aeromodelos para colecionadores e também, na forma de simuladores virtuais para estações de jogos e computadores.

Buscando, portanto, encontrar maneiras e oportunidades para envolver os estudantes, tornando o processo de ensino-aprendizagem algo mais prazeroso, neste trabalho é proposta a realização de uma oficina sobre o tema aviação. Este tema oportuniza a aprendizagem de conceitos básicos da Física como, por exemplo, os princípios da mecânica dos fluidos. O objetivo da oficina é o entendimento dos processos de sustentação e direcionamento de aeronaves, através de uma abordagem histórica da aviação, da dinâmica de fluidos, de experimento em túnel de vento e simuladores de voo em jogos de computador.

Desenvolvimento da oficina

A aplicação da oficina pode ser realizada em quatro etapas com duração total de três horas e trinta minutos, sendo: aviação no mundo e o sonho de voar, a primeira; o processo de voo de aeronaves, a segunda; realização de experimentos, a terceira; e as simulações virtuais e o túnel de vento, constituem uma última etapa. Cada uma das três primeiras etapas terá duração de quarenta minutos. A quarta, por sua vez, terá duração de oitenta minutos.

A exploração da evolução histórica será desenvolvida na primeira etapa, visando demonstrar o intenso esforço humano empregado na construção de uma máquina capaz de transportar o homem pelo céu. Esforço este que vai desde o voo como desejo inalcançável até o voo como ciência em aperfeiçoamento. O tema aviação, deste modo, encontra-se ligado ao cotidiano dos estudantes, possuindo relevante importância econômica, social e tecnológica (MONTEIRO et al, 2005). A segunda etapa consistirá em descrever e explicar o processo físico do voo que passa pelos conceitos de pressão, pelas leis de Newton e pelos trabalhos de Bernoulli. E na terceira, os estudantes serão convidados a realizar a montagem de experimentos simples para exemplificação dos processos físicos que ocorrem durante o voo de uma aeronave. A quarta etapa consiste na apresentação de vídeos didáticos de curta duração, produzidos a partir das simulações virtuais de voo realizadas no software “Flight Simulator 2004®”. O software “Flight Simulator 2004®” é um jogo amplamente divulgado, de maneira que muitos podem conhecer e até mesmo jogá-lo, tornando o vídeo didático um elemento de interesse para o estudante. Intencionando, também, alcançar um ensino teórico mais consistente e significativo (EIRAS, 2004), propõe-se a utilização de um túnel de vento ainda na quarta etapa. O túnel de vento permite a realização de demonstrações a fim de se observar o comportamento das linhas de escoamento do ar em torno de perfis de asas.

Todas as atividades planejadas para a oficina têm por finalidade despertar a curiosidade do estudante para o aprendizado da Ciência, para que sinta não apenas vontade, mas também necessidade de perceber, questionar e entender aquilo que está ocorrendo a sua volta. Na aplicação da oficina é necessário discutir, ainda, a importância da aviação no contexto social, econômico e estratégico da região dos

Campos Gerais, visando à formação de uma opinião por parte dos próprios estudantes. Portanto, o avião, meio de transporte tão importante na atualidade, é um tema que pode e deve ser explorado no ensino de Física.

Aviação no mundo e o sonho de voar

O contexto histórico, etapa com duração de 40 minutos, deve ser abordado na forma de apresentação de “slides”. Os possíveis questionamentos dos estudantes serão base para uma discussão sobre a importância do trabalho científico para evolução tecnológica. Mas faz-se necessário enfatizar, durante o desenvolvimento desta etapa, tendo sempre em vista a valorização do esforço humano empregado, que a Ciência, muitas vezes, é construída a partir de sonhos aparentemente impossíveis. Neste contexto os aspectos históricos devem ser abordados explorando os fatos essenciais da história da aviação, para despertar o interesse referente ao tema e apontar o processo no qual o desenvolvimento científico se estruturou.

O desenvolvimento desta idéia tem como ponto de partida o ato de voar, por exemplo, que parecia ser um desses sonhos, algo inalcançável, concebido apenas na ficção. Mas foi esse desejo de imitar as aves, percebido ao longo de toda a História, que resultou no transporte aéreo como se conhece hoje. De fato, o voo inicialmente apresentou-se na forma de contos, lendas e inúmeras tentativas fracassadas (BOLTZMANN, 2006). A história da mitologia grega (VASCONCELLOS, 1998) é um exemplo disso, pois relata, entre outras histórias, a morte de Ícaro, consequência de um voo realizado com asas feitas de penas e cera. Mas, devido à persistência do homem, o voo foi adquirindo forma concreta com o passar do tempo. Isto é, muitos aventureiros, cientistas ou não, passaram a construir máquinas e a testá-las. O próprio artista e inventor, Leonardo Da Vinci, realizou estudos sobre o voo das aves, a fim de projetar máquinas capazes de imitá-las. No entanto, foi em 1709, em Lisboa, que um padre brasileiro chamado Bartolomeu Lourenço de Gusmão pediu patente para um “instrumento para andar no ar”, que seria conhecido mais tarde como “balão” ou “aeróstato”. Infelizmente Gusmão não conseguiu transportar pessoas em seu “balão” (VISONI; CANALLE, 2009a), mas seu trabalho revelou que faltava pouco para o homem alçar voo.

Neste ponto da História, a ciência da aviação se apresenta em pleno processo de desenvolvimento, caracterizando um intenso esforço humano, empregado na construção de uma máquina para transporte aéreo. Os balões, considerados máquinas mais leves que o ar e também os planadores, mais pesados do que o ar, surgiram como resultado desse processo. E nesse contexto, os irmãos Montgolfier ficaram conhecidos como os construtores do primeiro balão de ar quente, cabendo ao francês Jacques Alexandre Cesar Charles o título de inventor do balão de hidrogênio.

O homem, portanto, já era capaz de se locomover no céu com seus balões e os planadores também permitiam essa locomoção. No entanto, a dirigibilidade era um problema comum a estas máquinas de voar. Entra em cena, então, o inventor brasileiro Alberto Santos Dumont que se tornou o construtor dos primeiros dirigíveis. E partindo do aperfeiçoamento destes, idealizou e realizou o voo do avião 14 BIS. Finalmente, o sonho tão antigo do homem de realizar o voo em sua forma completa estava realizado. Isto é, para o homem um voo completo deveria ser alcançado quando uma máquina fosse capaz de levantar-se do chão por meios próprios,

locomover-se no ar com dirigibilidade e pousar também por meios próprios, com segurança. Esta foi a tarefa que Santos Dumont realizou com sucesso. Nesta mesma época, os norte americanos Wilbur e Orville Wright, conhecidos por irmãos Wright, reclamaram o título de inventor do avião, mas de fato o primeiro voo homologado da História foi realizado em 1906 pela aeronave 14 BIS de Santos Dumont (VISONI; CANALLE, 2009b). Em 1909 Santos Dumont projetou e construiu o Demoiselle, o primeiro modelo ultraleve da História construído em grande número (BARROS, 2003). Mas, com a aeronave 14 BIS, o homem havia definitivamente alçado voo, a partir de então, a ciência da aviação passou a buscar o aperfeiçoamento para suas máquinas de voar, figura 01.



Figura 01: Réplicas do balão construído pelos irmãos Montgolfier e do 14 bis.

Fonte: Museu da TAM – São Carlos –SP

Foi com a Primeira Guerra Mundial que a aviação ganhou impulso, por demonstrar um enorme poder ofensivo. Mas o transporte aéreo em grande escala, só teve início após a Segunda Guerra Mundial, com a introdução de aviões maiores e mais rápidos (www.portalbrasil.net/aviacao_historia.htm). Mas a evolução tecnológica da aviação tem realmente seu apogeu nas aeronaves a jato. Pois, aviões como o Airbus A380, são aeronaves impressionantes, capazes de percorrer grandes distâncias transportando grandes volumes de cargas em velocidades de cruzeiro elevadas. No entanto, atualmente, a aviação também pode estar causando um relevante impacto ao meio ambiente. Isto é, o transporte de passageiros e cargas vem crescendo em função da redução de custos, tendo como resultado um alto consumo de energia e emissão de poluentes. Faz-se necessária então uma busca por novas ou melhores alternativas como, por exemplo, fontes mais limpas de energia que venham a reduzir ou eliminar o possível impacto ao meio ambiente. (www.oaviao.com/oaviao_novo/artigos/celio/meio_ambiente.php). Novamente a Ciência se mostra indispensável, tendo o importante papel de encontrar um modo de evoluir sem causar destruição. Caso contrário, o homem pagará, num futuro próximo, um alto preço pela construção de suas asas. O trabalho científico tem o papel fundamental de possibilitar meios para melhoria e aperfeiçoamento das aeronaves, tendo em vista a preservação do ambiente.

Processo de voo de aeronaves

Esta etapa, com duração de 40 minutos, consiste em uma descrição física do processo de voo. Isto é, o processo de sustentação e direcionamento de

aeronaves deve ser compreendido a partir de conceitos relativos à mecânica dos fluidos como aerodinâmica, sustentação, viscosidade, escoamento e força.

Estabelecendo então, a aerodinâmica como a parte da Física preocupada com o movimento de objetos em meios fluidos, a oficina propiciará uma discussão qualitativa a respeito da sustentação. De modo a evidenciar a ação de algumas forças aerodinâmicas no voo de uma aeronave para que se torne clara a visão newtoniana sobre o assunto. De acordo com esta visão, ainda, as forças envolvidas no voo são a sustentação, o arrasto, a tração e a força peso. A sustentação seria uma força de reação do ar sobre a asa. Isto é, a asa provoca a aceleração do ar para baixo, e o ar reage provocando uma força de sustentação no sentido oposto (STUDART; DAHMEN, 2006). Essa aceleração do ar para baixo tem entre suas causas aspectos como a geometria das asas e o ângulo de ataque, que é o ângulo formado pela direção do vento em relação à direção do vôo. Portanto, tem-se no estudo das forças envolvidas, conforme a visão newtoniana, uma maneira complementar para se compreender o voo.

Mas o ar é um fluido, e é imprescindível compreender seu comportamento em relação às asas de uma aeronave. Isto é, o tipo de escoamento, a viscosidade e a pressão do fluido determinam a sustentação. A geometria das asas também é um fator determinante no processo de sustentação, tendo em vista que modifica e interfere no escoamento. Considerando então, a equação de Bernoulli, definida na forma

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

da qual resulta que se a velocidade de um fluido v_k , movendo-se horizontalmente em uma linha de fluxo, vier a aumentar, sua pressão p_k será reduzida, dada certa densidade de fluido ρ (HALLIDAY, 2009). Desse modo, analisando as velocidades do ar sobre e abaixo de uma asa, pode-se perceber que o ar deslocado por cima possui velocidade maior. De acordo com a equação de Bernoulli, a pressão na parte superior das asas deve ser menor que a pressão na parte inferior. Essa diferença de pressão é causa da sustentação nas asas. No entanto, a diferença de pressão não é causada pela diferença de velocidade. Mas a diferença das velocidades acima e abaixo das asas são conseqüências da diferença de pressão.

A diferença de pressão se deve ao modo como ocorre o escoamento do fluido em torno das asas. Um fluido ideal, por exemplo, apresentaria entre outros aspectos, um escoamento laminar, onde a velocidade em determinado ponto do campo de escoamento não sofreria variação com o tempo e sua pressão se manteria constante. Mas o ar não é um fluido ideal e apresenta diferença de pressão, como se pode perceber em torno das asas de uma aeronave. Ou seja, pode apresentar turbulências, resultando na variação de velocidade e pressão. Apresenta também viscosidade, que não é uma característica de um fluido ideal. A viscosidade é uma forma de resistência ao escoamento, de modo que um fluido viscoso, como é o caso do ar, pode apresentar desvio de escoamento. O Efeito Coanda, por exemplo, é a tendência do fluido de acompanhar o perfil curvo dos objetos, isto é, um efeito de desvio de escoamento. Tudo isto interfere diretamente na sustentação de uma aeronave, já que esta é conseqüência da pressão (WELTNER et al, 2001).

A sustentação, muitas vezes, é explicada através do princípio de trânsitos iguais, baseado numa geometria de asas, onde a curvatura superior é maior que a

inferior. Segundo esse princípio, o ar que escoar por sobre a asa deve aumentar sua velocidade, para encontrar-se, logo após o escoamento, com o ar que escoou por baixo dela. Mas esta é uma maneira equivocada de explicar o voo, pois demonstrações em túneis de vento revelam que este princípio não é válido (ANDERSON; EBERHARDT, 2006).

Sendo compreendido o processo de sustentação de uma aeronave, o processo de controle e direcionamento se dá através de mecanismos localizados na própria aeronave. Estes mecanismos são os profundores, lemes e “aileron”, entre outros, que possuem a função de modificar a geometria das asas, alterando, conseqüentemente, o escoamento do ar e provocando uma força do ar maior ou menor nas regiões onde estão localizados. São capazes de provocar o movimento da aeronave em relação aos seus eixos transversal, vertical e longitudinal.

A descrição física do voo como exposta acima visa a compreensão, por parte dos estudantes, do processo de sustentação e direcionamento de aeronaves a partir dos conceitos físicos como a viscosidade e a pressão de um fluido, por exemplo.

Os experimentos simples

Para esta etapa estabelece-se a duração de quarenta minutos e os participantes devem ser divididos em grupos, para realização de duas atividades simples. A primeira e a segunda consistem, respectivamente, da montagem de uma pequena asa e de uma pequena aerobalança, figura 02. A pequena asa consiste em um pequeno perfil de asa, feito de tira de papel, que pode deslocar-se livremente em uma estrutura de arame. Quando esta pequena asa é posicionada em frente a um secador de cabelos, operando a frio, torna-se possível a verificação do efeito da sustentação, sem a visualização das linhas de escoamento. A aerobalança, por sua vez, consiste em um conjunto copinho-régua em equilíbrio sobre uma caneta. Este experimento exige que um canudinho seja posicionado acima do copinho, em uma região bem próxima, e seja usado para soprar um fluxo de ar diretamente sobre o conjunto. O sopro desequilibra a aerobalança, de maneira que o fenômeno ocorrido pode ser associado ao Efeito Coanda (VALADARES; MATEUS; SILVA, 2006).

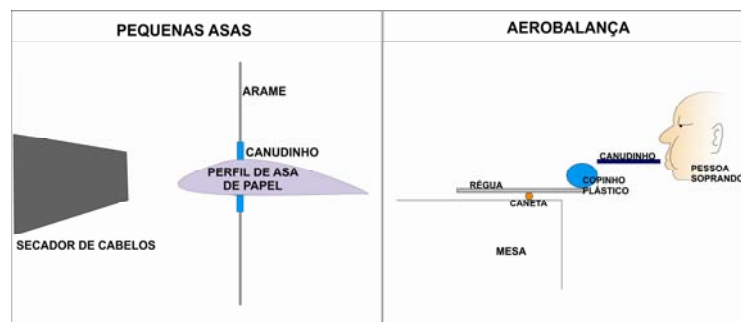


Figura 02: Esquemas dos experimentos simples

Os fenômenos que podem ser observados nos dois experimentos propostos, têm relação com os conceitos do processo de voo de aeronaves. Então, a realização dessas atividades tem por objetivo fazer com que os estudantes

percebam e relacionem os conceitos físicos e os assuntos que poderão ser tratados durante a oficina.

Simulações virtuais de voo e o túnel de vento

Esta etapa consiste na utilização do túnel de vento e de vídeos didáticos de curta duração como material alternativo. Deve ser realizada num tempo total de 80 minutos, podendo ser dividida em duas partes, cada uma com duração de 40 minutos. A primeira pode ser desenvolvida a partir da apresentação de vídeos didáticos, enquanto a segunda pela realização de experimentos demonstrativos no túnel de vento. Na primeira parte, foram produzidos seis vídeos de voos virtuais, cada um com duração aproximada de dois minutos. Foram realizados e capturados no software “Flight Simulator 2004[®]”, um simulador de voo que permite um grau elevado de realidade. Este software apresenta-se atualmente como um verdadeiro simulador de voo, proporcionando, conforme apresentado no próprio manual, diversão e desafio. É importante observar que o jogo é utilizado apenas para a realização das simulações de voos e para captura das imagens necessárias a edição dos vídeos. Ou seja, não é requerido o contato direto do estudante com o jogo em nenhum momento da oficina. Além disso, os vídeos produzidos podem ser apresentados de modo separado ou no formato de um único vídeo, desde que exista uma discussão qualitativa a respeito dos mesmos.

Quanto ao processo de produção desses vídeos, inicia-se com a captura das imagens das simulações virtuais de voo produzidas pelo software “Flight Simulator 2004[®]”. A captura pode ser realizada através de programas de fácil acesso como o “Fraps 2.0.0[®]”. Mas, tendo em vista que estas simulações são criadas e capturadas em formatos de vídeo de alta resolução, é indispensável realizar conversões para formatos em arquivos de tamanhos menores. Depois de finalizadas as conversões, os vídeos podem ser, ainda, editados em programas como “Windows Movie Maker 2 Creativity Fun Pack[®]”.

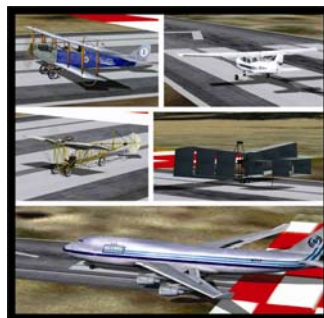


Figura 03: Algumas aeronaves virtuais utilizadas para simulação.

Nos vídeos obtidos neste trabalho, foram escolhidas as seguintes aeronaves virtuais, figura 03: o biplano Flyer dos irmãos Wright, o 14 BIS de Santos Dumont, um modelo de Curtiss, um modelo de Cessna, um modelo de Boeing, e também o Demoiselle, considerado o primeiro ultraleve da História. A escolha destas aeronaves deu-se em consideração aos seus aspectos históricos e tecnológicos.

Como ambiente virtual de simulação, optou-se pelo o aeroporto Comandante Antonio Amilton Beraldo (Ponta Grossa – PR), também conhecido como aeroporto

Santana, tendo em vista seus aspectos estratégicos, econômicos e sociais em relação à região conhecida como Campos Gerais, no estado do Paraná.

O jogo “Flight Simulator 2004[®]” permite que seus jogadores aprendam muito sobre o funcionamento de aeronaves, sobre o clima, sobre geografia e até mesmo sobre história da aviação. E é justamente essa versatilidade do jogo que se pretende enfatizar durante a oficina. Através de vídeos com cenas descritas na figura 04, os estudantes podem perceber que a Física não é algo desconectado do cotidiano. Pelo contrário, mesmo enquanto jogam e se divertem, em suas casas ou com seus amigos, por exemplo, vivenciam conceitos ensinados em sala de aula. Mas na aplicação da oficina, a idéia consiste apenas em apresentar os vídeos realizados no software “Flight Simulator 2004[®]”, o que não torna o aprendizado menos estimulante. Pelo contrário, permite aguçar a curiosidade.



Figura 04: Cenas de um dos vídeos produzidos por meio da simulação.

As demonstrações no túnel de vento didático podem constituir a segunda parte desta etapa. Tem por objetivo a visualização do efeito de sustentação das asas, do processo de direcionamento através de um leme e das linhas de escoamento de ar. No momento, a construção do túnel de vento encontra-se em fase de testes, por meio de um protótipo que está passando por aperfeiçoamentos técnicos, a fim de servir como modelo para o túnel de vento definitivo em escala maior. Tanto o túnel definitivo quanto o protótipo têm materiais alternativos como matéria prima. Entre eles, o isopor, o vidro, o papelão, a madeira e outros com baixo custo.

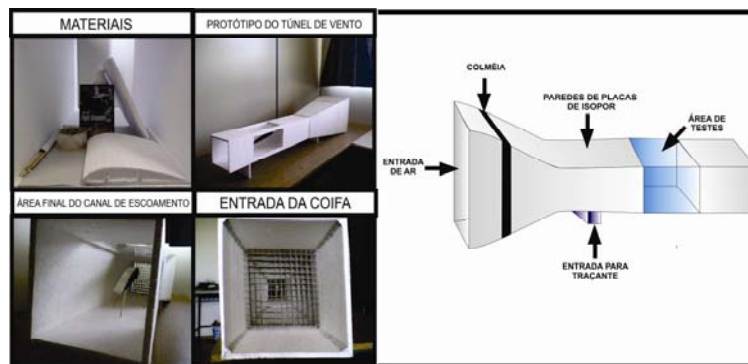


Figura 05: Materiais utilizados e protótipo do túnel de vento didático esquematizado

O protótipo é construído com placas de isopor e a grande dificuldade na construção do protótipo, encontra-se na montagem de um sistema injetor de traçante de baixo custo. Pois, faz-se necessário, não somente, a definição de uma substância traçante eficiente na visualização das linhas de escoamento do ar, mas também, a montagem e adaptação de um equipamento injetor para esta substância. Então,

diferentes tipos de substâncias traçantes estão sendo testados até que se chegue a um resultado satisfatório. Entre essas possíveis substâncias, têm-se como sugestões o vapor de glicerina e a fumaça não-tóxica, produzida pela queima de barbante de algodão cru. Como o protótipo do túnel ainda se encontra em desenvolvimento, alguns detalhes estão sendo modificados e aprimorados, visando um túnel definitivo em uma escala maior, eficiente para as demonstrações, porém, com o menor custo possível. Sua forma final será apresentada em breve. Dentro do túnel podem ser testados diferentes perfis de asas, construídos com isopor. Além disso, modelos de aeronaves em escala apropriada estão sendo desenvolvidos com materiais alternativos para serem aplicados no interior do túnel de vento, demonstrando o escoamento do ar em diferentes perfis de aeronaves.

Conclusão

A utilização de jogos como o “Flight Simulator 2004®” para produção de vídeos didáticos pode ser considerada uma proposta interessante para o ensino de Ciências. Isto, porque se trata de um “software” de baixo custo e grande versatilidade, abrangendo aspectos interdisciplinares como Geografia, História e Física. Ou seja, ao confeccionar vídeos didáticos, o professor estará diversificando sua aula, por exemplo, podendo tornar o conteúdo a ser ensinado mais atrativo. Portanto, os “softwares” similares aos empregados neste trabalho podem ser vistos como materiais alternativos com grande potencial para o ensino de Física. Quanto ao túnel de vento, a construção de um protótipo torna possível a identificação e a solução das dificuldades que se apresentam na elaboração do túnel de vento definitivo. Além disso, a partir do protótipo em desenvolvimento, já se pode afirmar que a construção do túnel de vento didático definitivo é possível com o uso de materiais baratos como isopor, vidro, entre outros. O contexto histórico, por sua vez, como apresentado, pode ajudar o estudante a situar a Ciência, em especial a Física, como um processo de evolução e aperfeiçoamento de idéias e conceitos. É útil, também, para perceber que o conhecimento não é encerrado por uma descoberta ou invenção, mas constrói-se por meio da busca sistemática de novas soluções.

Agradecimentos:

Agradecemos ao grupo de Instrumentação para o Ensino de Física da UEPG. Ao Prof. Dr. Alexandre Cacheffo por disponibilizar material fotográfico dos aviões do Museu da TAM de São Carlos. Este trabalho é desenvolvido em parceria com o projeto Clubes de Ciências – UEPG.

Referências

- ABREU, Célio Eugênio de. **O meio ambiente e a aviação no velho mundo**. Portal da Aviação Comercial. Disponível em:
<http://www.oaviao.com/oaviao_novo/artigos/celio/meio_ambiente.php> Acesso em: 21/07/10.
- ANDERSON, David ; EBERHARDT, Scott. Como os aviões voam : uma descrição física do voo. **Física na Escola**. v. 7, n. 2, p. 45-51, 2006.
- BARROS, Henrique Lins de. Santos Dumont: o voo que mudou a história da aviação. **Revista Parcerias Estratégicas**, n. 17, p. 303-34, 2003.

BRASIL. Lei nº 9394, de 20 de dezembro de 1996.

BRASIL, Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Disponível em:

http://portal.mec.gov.br/index.php?id=12598:publicacoes&option=com_content&view=article> Acesso em: 19/06/10.

BOLTZMANN, Ludwig. Acerca de viagens aéreas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 327-331, 2006.

CLEBSCH, Angeliza Benetti ; MORS, Paulo Machado. Explorando recursos simples de informática e audiovisuais: uma experiência no ensino de fluidos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 4, p. 323-333, 2004.

EIRAS, Wagner da Cruz Seabra. Atividades demonstrativas no ensino de Física. **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**, Jaboticatubas, 2004.

Fraps 2.0.0®. Disponível para avaliação e descarga em: <<http://www.fraps.com/>>

Flight Simulator 2004® - número de série 805529340404 -. Simulador virtual de voos. Informações disponíveis em:

<http://www.microsoft.com/games/pc/flightsimulator.aspx>

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. trad. Antonio Luciano Leite Videira, ed. 4, cap. 18, v. 2, Rio de Janeiro : LTC, 1984.

MONTEIRO, Marco Aurélio Alvarenga et al. A história da aviação: explorando a relação ciência-tecnologia-sociedade no ensino de conteúdos de mecânica dos fluidos. **XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Rio de Janeiro, 2005.

PORTAL BRASIL. **História da aviação civil**. Sítio de informação e pesquisas. Disponível em: <http://www.portalbrasil.net/aviacao_historia.htm> Acesso em: 19/06/10.

STUDART, Nelson ; DAHMEN, Silvio R. A física do vôo em sala de aula. **Física na Escola**, v.7, n. 2,p. 36-42, 2006.

SALES, Mauro Vicente; FARIA, Jailton Porto de; LIMA, Claudia Vianna. O centenário do primeiro vôo do avião, por Alberto Santos Dumont. **Revista UNIFA**, p. 22-27, 2006.

VALADARES, Eduardo de Campos; MATEUS, Alfredo Luis; SILVA, Juarez Dutra da. Aerodescobertas. **Física na Escola**, v.7, n. 2, p. 61-65, 2006.

VASCONCELLOS, Paulo Sérgio de. **Mitos gregos**. São Paulo: Objetivo. 1998.

VISONI, Rodrigo Moura; CANALLE, João Batista Garcia. Bartolomeu Lourenço de Gusmão: o primeiro cientista brasileiro. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, 2009a.

VISONI, Rodrigo Moura; CANALLE, João Batista Garcia. Como Santos Dumont inventou o avião. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, 2009b.

WELTNER, Klaus et al. A dinâmica dos fluidos complementada e a sustentação das asas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 4, p. 429-443, 2001.

Windows Movie Maker 2 Creativity Fun Pack®. Editor de vídeos. Informações em:

<<http://www.microsoft.com/brasil/windowsxp/downloads/powertoys/mmcreate.msp>>