



Exacta

ISSN: 1678-5428

exacta@uninove.br

Universidade Nove de Julho

Brasil

Henriques Librantz, André Felipe; Librantz, Hédio  
Efeitos da interferência eletromagnética em aeronaves causados por dispositivos eletrônicos portáteis  
(PEDs)

Exacta, vol. 4, núm. 1, janeiro-junho, 2006, pp. 55-63

Universidade Nove de Julho

São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81040105>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

55



## 1 Introdução

A preocupação com os efeitos da interferência eletromagnética em aviônicos e dispositivos eletroeletrônicos utilizados nas aeronaves foi formalmente estabelecida pelo governo dos Estados Unidos em 1961, por meio de uma recomendação que proibia a operação de receptores de frequência modulada a bordo de porta-aviões, quando esses dispositivos estivessem operando em altíssima frequência multidirecional, com propósitos de navegação. No entanto, o primeiro comitê que investigou a interferência eletromagnética em aeronaves civis havia-se constituído um ano antes, tendo investigado o caso de um receptor de rádio FM, que fez com que o sistema de navegação de um avião indicasse que ele estava 10 graus fora do curso. Porém, após o receptor ser desligado, o sistema passou a apontar a direção original, novamente, de forma precisa. Os trabalhos desse comitê foram responsáveis pela revisão das regras do uso de dispositivos eletrônicos portáteis (em inglês, *portable electronic devices* [PEDs]) a bordo de aviões em 1963 (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 1989).

A Federal Aviation Administration (FAA), diante dessa constatação, passou a suspeitar que outros PEDs poderiam ser potencialmente perigosos para equipamentos de comunicação e navegação em aviões, caso fossem operados a bordo deles. Por precaução, optou-se pela proibição do uso desses dispositivos em aeronaves.

A interferência eletromagnética emitida (em inglês, *electro-magnetic interference* [EMI]) pelos PEDs a bordo de aviões comerciais tem sido reportada como a maior responsável por eventos anômalos durante o voo. Levantamentos estatísticos indicam, porém, que as perturbações oriundas de PEDs figuraram como uma das prováveis causas em não mais que uma pequena porcenta-

gem dos incidentes e acidentes aéreos ocorridos nos últimos dez anos (STRAUSS; MORGAN, 2005). Em termos de acidentes fatais, ainda não há registro de nenhum em que a EMI decorrente do uso de PEDs tenha sido, conclusivamente, apontada como o motivo principal. Entretanto, em novembro de 1998, na Tailândia, um Airbus A310 da Thai Airways caiu na terceira tentativa de pouso no aeroporto Surat Thani. Como foram encontrados muitos celulares nos destroços, suspeitou-se que passageiros tenham usado os aparelhos para avisar parentes e conhecidos, que os aguardavam no aeroporto, que o pouso atrasaria (AGHDASSI, 1999).

A operação de PEDs produz emissões eletromagnéticas não controladas que podem interferir nos sistemas dos aviões, que são testados sob rigorosos padrões, para estabelecer e prover o controle de suas características e determinar suas compatibilidades eletromagnéticas. Por outro lado, os PEDs não estão sujeitos aos mesmos padrões em seus processos de qualificação e certificação. Embora muitos casos de EMI, relatados no decorrer de anos, sejam creditados a esses PEDs, é muito difícil a confirmação do efeito, em razão da dificuldade de reprodução dos eventos. A participação da empresa aeronáutica Boeing em diversas atividades relacionadas à pesquisa sobre esse assunto resultou em mudanças nas recomendações referentes ao uso de telefones celulares, inclusive para aeronaves em terra.

Apesar de todos os cuidados, os operadores aeronáuticos e suas respectivas tripulações são, ultimamente, responsáveis por permitir o uso dos PEDs a bordo de aviões. A fim de tomar decisões acertadas, os operadores devem ter conhecimento de várias informações a respeito dos dispositivos, tais como os testes e análises de suas interações com sistemas de aviões, e das novas recomendações das agências reguladoras.

## 1.1 Dispositivos eletrônicos portáteis (PEDs)

Os PEDs podem ser divididos em dois grandes grupos, conforme mostra o Quadro 1.

Transmissores não-intencionais de sinais eletromagnéticos	Transmissores intencionais de sinais eletromagnéticos
Tocadores de áudio e gravadores	Telefones celulares
Tocadores de CD	Brinquedos radiocontrolados
Jogos e brinquedos eletrônicos	Pagers receptores e transmissores
Laser pointers	Rádios receptores e transmissores
Laptops e palmtops	-

**Quadro 1: Principais transmissores intencionais e não-intencionais que os passageiros costumam levar**

Fonte: Os autores.

Para cumprir suas funções, os PEDs transmissores intencionais emitem sinais eletromagnéticos. Já os não-intencionais não precisam transmiti-los. Como qualquer aparelho elétrico ou eletrônico, eles emitem algum nível de radiação que, dependendo de suas características, pode interferir na operação de outros aparelhos. Uma lâmpada fluorescente acesa próxima a um rádio AM, por exemplo, causará efeitos de estática no sinal do aparelho.

Entre os principais suspeitos de provocar EMI significativa, estão os telefones celulares, que são PEDs transmissores intencionais, que operam no modo digital nas frequências 415 megahertz (MHz), 900 MHz ou 1,8 gigahertz (GHz), com ligeiras variações em algumas regiões do mundo. Existem também aparelhos operando no modo analógico e a potência máxima de transmissão destes é, tipicamente, da ordem de 1 a 2 watts (W), apesar de os aparelhos com potências mais elevadas poderem ser usados em algumas regiões. A potência real de transmissão – que pode variar de 20 miliwatts (mW) até a

máxima potência nominal – em determinado instante está diretamente relacionada com a distância e a qualidade do *link* entre o aparelho celular e a rede. Mesmo em modo de espera, quando nenhuma ligação está em andamento, o aparelho celular realiza emissões periodicamente, para manter-se em contato com a rede e a antena (estação-base). Um avião pousado num aeroporto pode estar próximo a uma estação-base, o que resulta numa ligação, provavelmente, muito forte entre ela e o celular a bordo. Sob essas condições, a rede deverá ajustar a potência de saída a níveis suficientemente baixos para manter o contato com a antena, o que representaria um pequeno risco de EMI. No entanto, a medida que o avião se afasta da antena, a potência de saída dos aparelhos celulares é reajustada, chegando, em alguns casos, a operar na potência máxima. Nessas circunstâncias, o risco de EMI torna-se potencialmente maior.

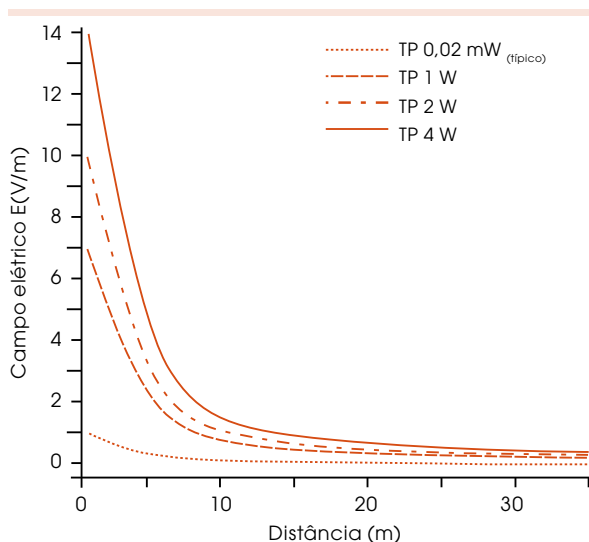
## 1.2 Níveis de interferência

Para um transmissor intencional como um telefone celular, existe risco de interferência, mesmo que ele esteja operando fora das bandas de frequência utilizadas normalmente em aeronáutica (CIVIL AVIATION AUTHORITY, 2003).

Com a aplicação de princípios básicos, podemos deduzir que a máxima intensidade de campo elétrico  $E$  transmitido a uma distância  $d$  de um telefone celular em um espaço livre de obstáculos pode ser dada (em volts por metro [V/m]) por:

$$E = \sqrt{7P/d} \quad (1)$$

em que  $P$  é a potência típica de operação do aparelho e  $d$  a distância que há entre o aparelho e o ponto de medição. O Gráfico 1 mostra a intensidade de campo elétrico  $E$  em função da distância para diferentes potências de operação dos aparelhos celulares.



**Gráfico 1: Intensidade de campo elétrico E em função da distância para as potências típicas de 0,02, 1, 2 e 4 W**

Fonte: Os autores.

Podemos perceber que, para a potência normal de operação dos celulares (20 mW), a intensidade de campo elétrico E não varia, significativamente, em função da distância em comparação com um celular operando em máxima potência. A Equação 1 é adequada a espaços livres, pois, no interior de uma fuselagem metálica de avião, diferentes e complexas trajetórias de propagação decorrentes das reflexões de campo elétrico na estrutura metálica podem levar a um aniquilamento ou reforço do campo em diferentes locais do avião e, por conseguinte, a resultados menos precisos. No entanto, testes realizados em fevereiro de 2000 pela Civil Aviation Authority (CAA) – órgão inglês de homologação de aeronaves – mostraram que intensidades de campo dos telefones celulares, transmitindo na máxima potência, excedem, de forma significativa, os níveis usados nos testes de susceptibilidade dos aviônicos a partir de padrões anteriormente estabelecidos.

Os mesmos testes mostraram que os níveis de EMI variam muito pouco com a mudança da posição do celular no avião. Por outro lado, constata-

se que pessoas obstruindo a transmissão reduzem a interferência. Essa redução na intensidade do campo eletromagnético pode ser explicada pelo chamado “efeito *skin*”, definido como a profundidade na qual a amplitude da onda eletromagnética (intensidade da radiação) é reduzida de  $1/e$  (cerca de 37% do valor inicial), e a densidade de potência, de  $1/e^2$  (cerca de 14% do valor inicial), refletindo, dessa forma, uma dissipação de energia de, aproximadamente, 86,5% do total incidente. Essa profundidade é decorrente do material no qual incide a radiação e da frequência da radiação incidente. A relação entre a frequência ( $f$ ) e a profundidade ( $d$ ) é dada por:

$$d = (\rho / f \mu)^{1/2} \quad (2)$$

em que  $\rho$  e  $\mu$  são a resistividade e a permeabilidade magnética do material, respectivamente. No caso de tecidos vivos, a profundidade diminui com o aumento da frequência (MICHAELSON, 1972; 1982; GUSEV et al., 2005).

## 2 Características dos problemas envolvendo PEDs

A Boeing tem recebido, de seus diferentes operadores aeronáuticos, muitos relatórios vinculados aos PEDs. Trata-se, na sua maioria, de dúvidas gerais sobre o funcionamento desses dispositivos; os relatórios restantes dizem respeito a anomalias verificadas em aviões e podem ser agrupados em três grandes categorias:

- 1) Eventos em que o PED é o suspeito de causar a EMI (a anomalia ocorreu quando um PED estava sendo operado);
- 2) Eventos com aparente correlação entre a operação de um PED e a anomalia constatada no avião (o problema desapareceu imediatamente).

te, ou num curto período, após o desligamento do PED);

- 3) Eventos mostrando forte correlação entre o PED e a anomalia no avião (o problema apareceu quando o aparelho foi ligado e desapareceu com seu desligamento).

Cabe salientar que poucos relatórios apontaram forte correlação entre a anomalia verificada no avião e o PED suspeito de causá-la.

### 3 Principais testes envolvendo PEDs

A Boeing e o CAA têm conduzido várias pesquisas com o intuito de mensurar os efeitos de PEDs sobre os sistemas dos aviões. As averiguações incluem análises dos relatórios de eventos relacionados pelos operadores – entre eles a investigação de exemplos específicos de suspeita de interferências causadas por PEDs –, testes em terra considerando a potência de emissão local do dispositivo, bem como análises dos próprios telefones celulares.

#### 3.1 Testes com aparelhos celulares e posterior análise realizados pela Boeing

A Boeing efetuou testes em laboratório e a bordo de aviões, utilizando 16 celulares com a configuração típica daqueles, usualmente, portados pelos passageiros, a fim de determinar as emissões características desses PEDs. Os resultados de laboratório indicaram que os aparelhos não somente produziam emissões na frequência de operação como também outras, dentro das bandas utilizadas na comunicação e navegação do avião, inclusive em sistemas de pouso por instrumentos (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 1989).

As emissões dos aparelhos celulares na frequência de operação excederam em 60 decibéis (dB) os limites de emissão incidente nos aviônicos. Em outras frequências ficaram, geralmente, dentro dos limites de emissão suportados pelos equipamentos de bordo. Só há interferência nos sistemas de comunicação ou navegação se os níveis de emissão forem suficientemente altos. A Boeing também efetuou teste semelhante com um avião em terra. Para tanto, a aeronave foi colocada em configuração de voo e teve os instrumentos, superfícies de controle e sistemas de comunicação/navegação monitorados. Nesse caso, nenhuma susceptibilidade a interferência eletromagnética foi detectada.

Os telefones instalados nos aviões fabricados pela Boeing ou pelos operadores não são celulares, mas parte de um sistema de comunicação via satélite certificado para instalação em aeronaves. Esses telefones são, eletromagneticamente, compatíveis com os sistemas do avião, pois tanto sua frequência quanto seus níveis de emissão são controlados, o que já não pode ser feito com as emissões provenientes de celulares de passageiros.

#### 3.2 Testes com aparelhos celulares e posterior análise realizados pelo CAA

Em outubro de 2002, o CAA executou uma série de testes para identificar a susceptibilidade de alguns aviônicos à EMI causada por dispositivos transmissores, tais como telefones celulares.

Expostos a aparelhos que simulavam celulares, os aviônicos apresentaram vários efeitos adversos em sua performance. Embora tenham mostrado tolerância satisfatória em relação a EMI – acima dos limites previstos pelos critérios de susceptibilidade –, ela não foi suficiente para proteger contra potenciais interferências decorrentes de celulares, em piores condições (CIVIL AVIATION AUTHORITY, 2003).



Ainda em outubro de 2002, um conjunto de aviônicos foi testado, sob condições controladas, em uma câmara para aferição de susceptibilidades à interferência decorrente do uso de telefones celulares. Foram usados equipamentos eletrônicos de aviação em geral tanto analógicos quanto digitais. Um transceptor *very high frequency* (VHF), um receptor VHF *omnidirectional radio range/instrument landing system* (VOR/ILS) e indicadores associados a sistemas de giroestabilização foram montados com o fito de criar um ambiente integrado.

Os testes cobriram as frequências de transmissão de celulares 412 MHz (Tetra), 940 MHz (GSM) e 1.719 MHz. Em alguns casos, houve a exposição simultânea às frequências de 940 e 1.719 MHz. Os campos elétricos foram aplicados acima de 50 volts por metro (V/m), para uma única frequência, e 35 volts por metro (V/m), para duas frequências.

As anomalias relatadas no Quadro 2, constatadas em níveis de interferência acima de 30 V/m, podem ser atingidas por um celular operando em sua potência máxima a uma distância de 30 centímetros (cm) do equipamento em teste.

Bússola congelada ou valor excedente na indicação de rumo magnético
Instabilidade de indicadores
Erros de até 5 graus na indicação de rumo do VOR digital
Indicação invertida de navegação VOR "de/para"
Erros de indicação de desvio de curso de VOR e ILS com e sem bandeira de erro da indicação
Redução da sensibilidade do receptor ILS Localizer
Ruído de fundo nas saídas de áudio

**Quadro 2: Principais anomalias detectadas nos testes**

Fonte: Civil Aviation Authority (2003).

A maioria das anomalias foi detectada em 1.719 MHz. Para os casos gerais, as consequên-

cias mais significativas incluem distração da tripulação, confusão e perda de confiança nos equipamentos. A queda na precisão de navegação pode resultar na impossibilidade de atender à performance de navegação requerida, com potenciais efeitos sobre a indicação de separação de aeronaves em voo e distância efetiva entre a aeronave e o solo.

Os testes não foram direcionados para verificar possíveis efeitos de interferência relacionados a baixos níveis de radiação, a partir de processos eletrônicos localizados dentro de um celular em modo de recepção, ou seja, em uma operação de transmissão não intencional. Além disso, foi constatado que o efeito de interferência eletromagnética decorrente dos PEDs é mais pronunciado em aviões que possuam muitas janelas ou muitas partes feitas de materiais compósitos. Investigações adicionais serão necessárias para uma melhor compreensão dessas implicações.

### 3.3 Pico cell: uma possível solução

Um acordo firmado entre a Airbus e uma empresa de tecnologia com base em Genebra, na Suíça, prevê que os passageiros dos novos jatos A380 poderão utilizar telefones celulares nos vôos comerciais. O *on air's voice* e o sistema de dados serão opções-padrão em todos os novos superjumbos A380 desde o início de suas operações comerciais, em 2006. Esses sistemas permitirão que os passageiros de viagens de curto a longo alcance façam ligações utilizando aparelhos próprios. A mesma tecnologia está sendo aplicada nos jatos da Boeing para tornar disponível aos passageiros o acesso à internet por meio de seus próprios *laptops*.

Usuários de celulares com capacidade de *roaming* conseguirão fazer e receber chamadas, usando uma antena chamada *pico cell*, localizada dentro do avião. Essa base utiliza a tecnologia GSM, principal sistema europeu.



O fato de os celulares transmitirem diretamente para essa antena mantém em níveis seguros a emissão eletromagnética, evitando, assim, a interferência decorrente dos PEDs. Não obstante, deve-se ter especial atenção em prevenir mau funcionamento dessa antena, pois qualquer disfunção pode ocasionar níveis elevados de emissão eletromagnética. Há que considerar, ainda, o eventual desconforto para passageiros que não façam uso de seus celulares durante o voo, diante do uso indiscriminado destes por várias pessoas simultaneamente.

## 4 Recomendações

Os resultados obtidos nos testes do CAA corroboram a política vigente que restringe o uso de telefones celulares em aviões, pois os testes mostraram exemplos de EMIs originadas por esses aparelhos. Recomendações são feitas no sentido de reduzir riscos e de continuar os estudos para aprofundar a compreensão dos efeitos de tais interferências sobre os aviônicos.

Nesse sentido, o CAA chama a atenção dos operadores para se certificarem de que todos os aparelhos foram desligados no *check-in*. Em geral, os regulamentos sobre o emprego de PEDs solicitam que os emissores intencionais não sejam operados em qualquer fase do voo e que os não intencionais não sejam utilizados nas fases críticas (decolagem e pouso). Muitas autoridades e linhas aéreas permitem o uso de emissores intencionais com o avião no portão de embarque.

O CAA recomenda ainda que testes sejam executados a bordo de um avião para que se possam avaliar os efeitos adicionais de EMI decorrentes do uso de telefones celulares a bordo.

Já a Boeing indica, além das medidas citadas, que os relatórios de incidentes descrevendo possível EMI originada pelos PEDs contendam

suficientes detalhes que permitam outras investigações necessárias.

## 5 Considerações finais

O número de ocorrências relatadas de interferências decorrentes do uso de telefones celulares é relativamente pequeno, se comparado ao número de aviões em operação.

Em 2001, a National Administration of Aeronautics and Space (Nasa) analisou 118 incidentes com PEDs. Em 25 desses casos, os telefones celulares foram citados com fortes indícios de relação com as falhas ocorridas. Desse total, somente 16, de fato, estão vinculados a uma interferência que tenha provocado uma anomalia crítica. A dificuldade em reproduzir os eventos, no entanto, levou muitos envolvidos, inclusive pilotos, a discutir a relação do PED – seja telefone celular ou outro aparelho emissor, intencional ou não –, com o efeito da EMI. Diante de situações de suspeita de anomalia gerada pelos PEDs, linhas aéreas e tripulações devem colher toda informação disponível que permita a posterior reprodução da anomalia e o estabelecimento de relações de causa e efeito. Cabe salientar que os PEDs são sempre considerados causadores de EMI. Deve haver, portanto, um cuidado redobrado por parte dos operadores em estabelecer, de forma clara, uma relação de causa (PED) e efeito (anomalia detectada). Outras possibilidades devem ser consideradas, incluindo problemas nas cablagens elétricas e outros itens de manutenção, relativos a atividades da tripulação e também a Hirf<sup>1</sup>.

Não obstante, os testes conduzidos pela Boeing e pelo CAA revelaram vários efeitos adversos nos equipamentos sujeitos à simulação de EMI decorrentes do uso de celulares. PEDs operados por passageiros em aeronaves continuarão





a ser fonte de perturbações eletromagnéticas mais difíceis de controlar que os equipamentos de bordo ou fontes de campo na superfície. Os PEDs serão ainda responsabilizados por muitas ocorrências anormais, independentemente de serem as causas reais dessas perturbações. Atualmente, a melhor medida de segurança que as autoridades e as linhas aéreas podem tomar é informar aos passageiros os procedimentos mais recentes com relação ao uso desses dispositivos. O potencial de um impacto adverso na segurança de vôo e a necessidade de manter os riscos em níveis toleráveis levam os grandes operadores a manter as restrições ao uso de celulares a bordo de aviões. Reconhecendo que a tecnologia evolui sem parar e que, em breve, outros dispositivos de comunicação estarão disponíveis, as autoridades reguladoras, os fabricantes e os operadores de aeronaves devem continuar as pesquisas de tal forma que os riscos de interferência originados do uso dos PEDs sejam devidamente compreendidos e controlados.

### **Effects of electromagnetic interference in aircrafts caused by portable electronic devices (PEDs)**

Great concern has been demonstrated by different aeronautic operators about the effects of electromagnetic interference in avionics and electronic equipments of airplanes, due to the use of portable electronic devices (PEDs), which can be easily carried by the passengers. Among the suspect devices, there are laptops and palmtops, audio recorders and reproducers, electronic games and toys, laser pointers, cell phones, communication radios and pagers. Uncouplings or automatic pilot deviations, mistaken indications in displays and, even, the unadverted disconnection of the avionics or

variations not commanded in the control surfaces are flaws attributed to these devices. In spite of suffering critics, several regulation agencies in aeronautics, all over the world, have prohibited the use of these portable devices, specially in the critical phases of the flight – landing and take off. Nevertheless, it's getting bigger the passengers desire of using, uninterruptely, laptops and cell phones, what makes necessary the adoption of safety procedures to satisfy this demand. Besides the concern over these dangerous effects, there are yet, doubts over the topic, and, therefore, it's indicated the need of more investigations over these phenomenons. In this work, we relate the main accomplished experiments with the intent to clarify how the PEDs, more specifically the cell phones, cause an undesirable electromagnetic interference.

**Key words:** Aircrafts. Electromagnetic interferences. PEDs. Cell phones.

## **Notas**

- 1 *High intensity radiated fields* (Hirf), ou requisito de proteção de aeronaves contra campos gerados do solo, e *lightning*, requisito de proteção contra raios, são dispositivos de proteção contra ameaças externas de interferência eletromagnética encontráveis em aeronaves certificadas nos últimos 20 anos.

## **Referências**

- AGHDASSI, N. *An assessment of the use of PEDs on board of aircraft and their implications on flight safety*. 1999. (MSc Thesis)-Cranfield University College of Aeronautics, Cranfield, 1999.
- CIVIL AVIATION AUTHORITY. Effects of interference from cellular telephones on aircraft avionic equipment. *CAA Paper*, Londres, v. 2.003, n. 3, 30 abr. 2003. Disponível em: <[http://www.caa.co.uk/docs/33/CAPAP2003\\_03.PDF](http://www.caa.co.uk/docs/33/CAPAP2003_03.PDF)>. Acesso em: 10 jan. 2006.
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Aviation Regulations (FARs), part 91, section 21, Portable electronic devices. *Docket*, Washington, n. 18.334-18.354, FR 34.292, 18 ago. 1989.

GUSEV, A. A. et al. The shelter of high energy electrons produced by the powerful HF transmitter. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MICROWAVE AND OPTOELECTRONICS, 2005, Brasília. *Annals...* Brasília: SBMO/IEEE, jul. 2005. p. 298-302.

MICHAELSON, S. M. Health implications of exposure to radiofrequency microwave energies. *The British Journal of Industrial Medicine*, Londres, v. 39, n. 2, p. 105-119, 1982.

MICHAELSON, S. M. Human exposure to nonionizing radiant energy: potential hazards and safety standards. *Proceedings of the IEEE*, Nova York, v. 60, n. 4, p. 389-421, abr. 1972.

STRAUSS, B.; MORGAN, M. G. Everyday threats to aircraft safety. *Issues in Science and Technology*, Richardson, 2002. Disponível em: <<http://www.issues.org/19.2/strauss.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2006.

recebido em: 6 mar. 2006 / aprovado em: 1º jun. 2006

**Para referenciar este texto**

LIBRANTZ, A. F. H.; LIBRANTZ, H. Efeitos da interferência eletromagnética em aeronaves causados por dispositivos eletrônicos portáteis (PEDs). *Exacta*, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 55-63, jan./jun. 2006.