

Efeito da Polarização de Antenas nas Medidas de Refletividade de Microondas pelo Método do Arco NRL

Mirabel Cerqueira Rezende*, Inácio Malmonge Martin**, Marco Antônio Ferraz***

* *Divisão de Materiais/Instituto de Aeronáutica e Espaço/Centro Técnico Aeroespacial*

São José dos Campos - SP - mirabel@iae.cta.br

** *Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP-IFGW-DRCC*

Campinas-SP - inaciosjc@uol.com.br

*** *Consultor Técnico*

Evandro Luís Nohara, Marcelo Alexandre Souza Miacci,

Fábio Santos da Silva, Josiane de Castro Dias

Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Departamento de Física

Recebido em 8 de outubro, 1999. Aceito em 13 de dezembro de 2000.

O efeito da polarização das antenas (tipo corneta piramidal) transmissora e receptora nas medidas de refletividade de microondas no espaço livre, pelo uso do método do arco NRL foi estudado, com o objetivo de avaliar as suas prováveis contribuições na caracterização de materiais absorvedores de radiação. As antenas foram posicionadas em co-polarização e polarização cruzada (90°), e foram analisados os resultados obtidos de medidas de refletividade de uma placa de alumínio (material refletor de microondas) e de materiais absorvedores de radiação eletromagnética (RAM - Radar Absorbing Materials) com textura homogênea (absorvedores Jauman) e heterogênea (mantas contendo ferritas). Os resultados mostram que as medidas devem ser realizadas com as antenas em co-polarização e que os absorvedores testados não provocaram a inversão de polarização da onda.

The polarization effect of the transmitter and receive antennas (pyramidal horn type) in microwave reflectivity measurement using the NRL arch method (Naval Research Laboratories), was studied in order to evaluate its contributions in reflectivity measurements of Radar Absorbing Materials (RAM). The antennas were positioned in co-polarization and cross-polarization (90°) and the reflectivity measurements obtained from an aluminum plate (microwave reflector) and from a homogeneous texture RAM (Jauman absorbers) and a heterogeneous (blend were analyzed). The results show that the measurements must be carried out with the antennas in co-polarization position and the RAM tested do not provoke the inversion of wave polarization.

I Introdução

Com a ênfase que tem sido dada na redução de radiações espúrias oriundas de equipamentos eletrônicos modernos geradores de microondas, como telefones celulares, microcomputadores, antenas de rádio-transmissão, entre outros, o interesse no desenvolvimento e caracterização de materiais absorvedores de radiação (RAM- Radar Absorbing Materials) tem sido renovado. Uma das técnicas empregadas para orientar o desenvolvimento e a caracterização de um RAM é baseada no uso de guias de onda, que estima a refletividade

do material via medidas de propriedades magnéticas e dielétricas, em uma larga faixa de frequências. No entanto, essas medidas possuem alguns inconvenientes, como a preparação de amostras de pequenas dimensões, que podem mascarar a heterogeneidade e a anisotropia freqüentemente encontradas em materiais compósitos de altas perdas. Por essas razões amostras maiores e técnicas de medidas no espaço livre são normalmente utilizadas para determinar a refletividade de um RAM. O tipo de erro encontrado nas medidas de refletividade de RAM no espaço livre depende da configuração do sistema de medidas empregado e já foi objeto de estudo

na literatura, mostrando que possíveis erros, devido ao ângulo de incidência da radiação, difração da radiação no corpo-de-prova e mudança da fase da onda, podem ser considerados desprezíveis, quando da adequada utilização da técnica de medida no espaço livre [1,2].

Neste trabalho as medidas no espaço livre foram baseadas no método do arco NRL (Naval Research Laboratories), concebido inicialmente no Laboratório de Pesquisa Naval dos Estados Unidos da América na década de 50, como um meio de avaliar materiais quanto à sua refletividade, quando incidido por uma onda eletromagnética em determinada faixa de frequências. O aparato utilizado nessas medidas consiste, basicamente, de uma estrutura em madeira na forma de arco, que permite fixar um par de antenas tipo corneta piramidal em uma variedade de ângulos, ao longo dessa estrutura. A amostra a ser caracterizada é posicionada sobre um pequeno pedestal no centro da curvatura do arco, obedecendo a condição de campo distante e eliminando o efeito de acoplamento indutivo entre a antena transmissora e o corpo-de-prova [1-6].

A estrutura do arco é projetada de modo a manter a antena apontada para o centro do corpo-de-prova em teste, não importando onde essa estrutura seja posicionada. As antenas transmissora e receptora podem ficar próximas, contanto que seja colocado um material absorvedor de microondas com características conhecidas entre as mesmas, de modo a reduzir as interferências, devido aos lóbulos laterais da radiação. O material em teste é colocado no centro geométrico do arco, conforme a Figura 1 [3].

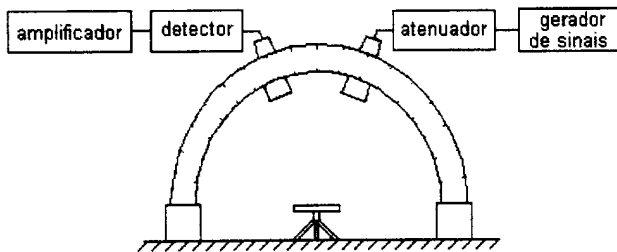


Figura 1: Arco NRL clássico [3].

No presente trabalho, medidas de refletividade no espaço livre de RAM foram realizadas, visando estudar

o feito da polarização das antenas transmissora e receptora em amostras de textura homogênea e heterogênea. Para isto, foi utilizado o método do arco NRL, adaptado com cornetas piramidais na faixa de 8 a 12 GHz.

II Experimental

Os equipamentos e acessórios utilizados nas medidas de refletividade no arco NRL foram: 1) arco NRL, construído em madeira compensada para evitar a presença de reflexões indesejadas, com altura regulável até, aproximadamente, 200 cm, 2) gerador de frequências (2,0 - 18,6 GHz) modelo HP 8350B (Hewlett Packard), 3) conectada ao analisador de espectro modelo HP 8593E, 4) microcomputador PC, com interface HPIB, 5) adaptadores e cabos coaxiais de baixas perdas da empresa *Huber-Suhner*, modelo Sucoform SM-141-PE (50Ω), 6) um par de antenas tipo piramidal, na faixa de 8-12 GHz, 7) Inversor de polarização de 90° *twist reflector*, 8) materiais de referência de textura homogênea, constituídos de placas planas de poliuretanos, tipos: Eccosorb AN-74 de 1,9 cm de espessura e AN-75, com 2,9 mm de espessura, da empresa Emerson & Cuming Microwave Products, USA, e absorvedores piramidais, tipo EHP-8, da empresa RANTEC, USA, 9) placas de referência de alumínio, liga 2024, de uso aeronáutico, 10) material de textura heterogênea, constituído de uma manta polimérica de silicone aditada com partículas de ferrita de MnZn e negro de fumo, processado na Divisão de Materiais do Centro Técnico Aeroespacial (CTA) [7,8].

Arco NRL

Várias modificações foram feitas na configuração original do arco NRL, de modo a otimizar as medidas de refletividade. Na presente versão, o suporte onde a amostra é posicionada é constituído dos próprios absorvedores piramidais da câmara anecóica e a base de apoio dos corpos-de-prova trata-se de uma placa plana de poliestireno expandido (isoporTM). Estas modificações podem ser visualizadas nas Figuras 2 e 3. Ao redor e ao lado do arco são colocados absorvedores de microondas piramidais, com absorção de no mínimo 20 dB, para garantir que não haverá reflexões externas causando interferências indesejadas nas medidas.

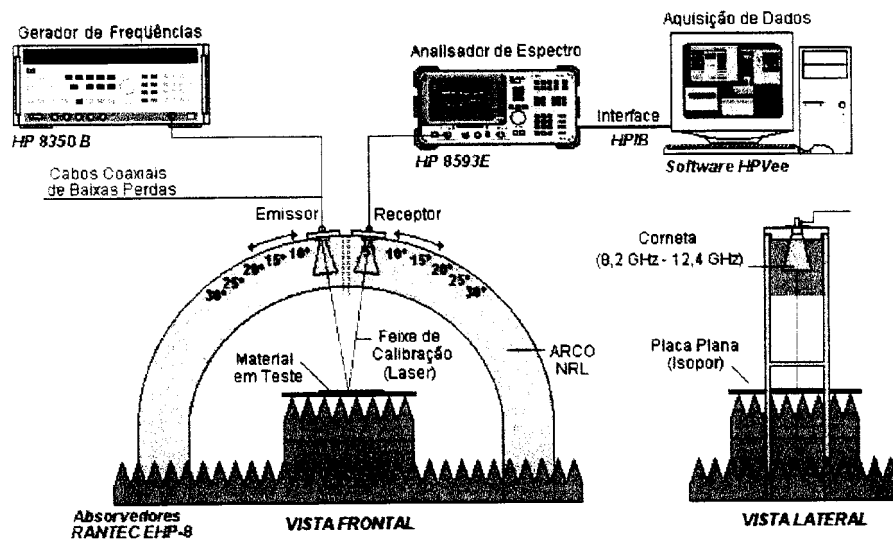


Figura 2. Esquema do arco NRL utilizado nas medidas de refletividade no CTA.

Para garantir que a incidência da radiação está coincidindo com o centro do corpo-de-prova em teste é feito o ajuste do posicionamento das antenas no arco, utilizando-se para isto duas ponteiros laser, colocadas no centro de cada antena. Após o ajuste as ponteiros laser são retiradas.

O ensaio é realizado com o auxílio de um gerador de sinais Hewlett Packard, modelo HP 8350B. Este equipamento fornece sinais em alta frequência, que são emitidos pela antena transmissora e incidem no material em teste. Com a incidência da radiação eletromagnética sobre o material, parte ou o todo da mesma é refletida e detectada pela antena receptora, conectada ao analisador de espectros, modelo HP 8593E.

A primeira medida obtida é sempre de um mate-

rial refletor (placa de alumínio), gerando o sinal de referência, que será comparado com o sinal gerado pela refletividade do material em teste. A medida do material em teste deve ser obrigatoriamente realizada com o material sobre a placa de referência. Se a medida for realizada sem esta placa sob o material em teste, a leitura obtida será a contribuição da provável atenuação do sinal pelo material em teste somada à atenuação dos absorvedores abaixo da região de colocação do corpo-de-prova (placa de isoporTM). Ambos materiais (referência e teste) devem possuir as mesmas dimensões e o valor da leitura é obtido em decibéis (dB), sendo esta uma medida relativa. No presente trabalho a caracterização dos corpos-de-prova foi realizada com antenas de 8 12 GHz.

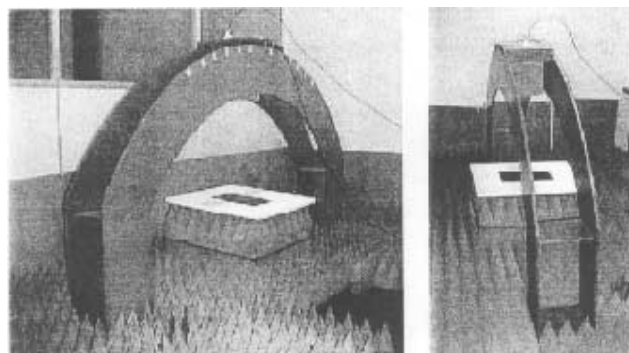


Figura 3. Vistas do arco NRL montado no CTA.

III Resultados e Discussão

As medidas de refletividade foram realizadas com as antenas posicionadas no ângulo de 5° , em co-polarização (co-pol), e posteriormente, em polarização cruzada (cross-pol), mostrada na Figura 4. Em co-polarização as antenas estão alinhadas em fase, e em polarização

cruzada a antena receptora está a 90° em relação à transmissora. Na Figura 4 pode-se observar entre as antenas, placas de material absorvedor de microondas tipo AN-74, da Emerson & Cuming (indicadas pelas setas), com espessura 1,9 cm. A colocação deste material é feita para garantir que os lóbulos secundários das antenas não se interfiram.

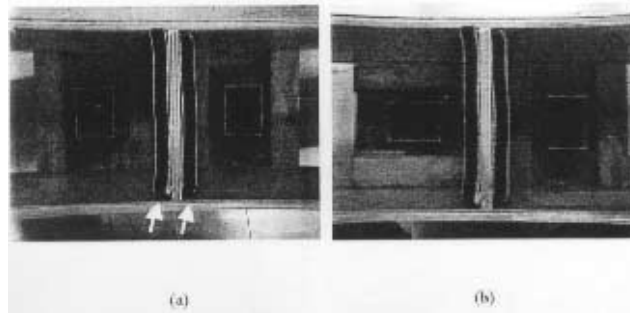


Figura 4. Vista inferior do arco NRL, mostrando a disposição em (a) co-polarização entre as antenas transmissora e receptora e (b) polarização cruzada.

Os gráficos da Figura 5 relacionam as medidas de refletividade com as antenas em co-polarização. O gráfico da Figura 5-(a) mostra a gama dinâmica do setup utilizado, onde a curva superior é o sinal de referência obtido com o gerador do sinal ligado, utilizando a placa de referência de alumínio (100 % refletora) e a curva inferior é a obtida sem a emissão de sinal. O gráfico da Figura 5-(b) mostra a medida de refletividade do ab-

sorvedor de referência, tipo AN-75 podendo-se observar que o material atenua o sinal (curva inferior) na faixa de -15 a -20 dB. Todas as medidas foram realizadas com o nível de sinal de saída do gerador utilizado em 17 dBm, isto é, na potência máxima do aparelho disponível para a faixa de frequência de 8-12 GHz, visando maximizar a gama dinâmica.

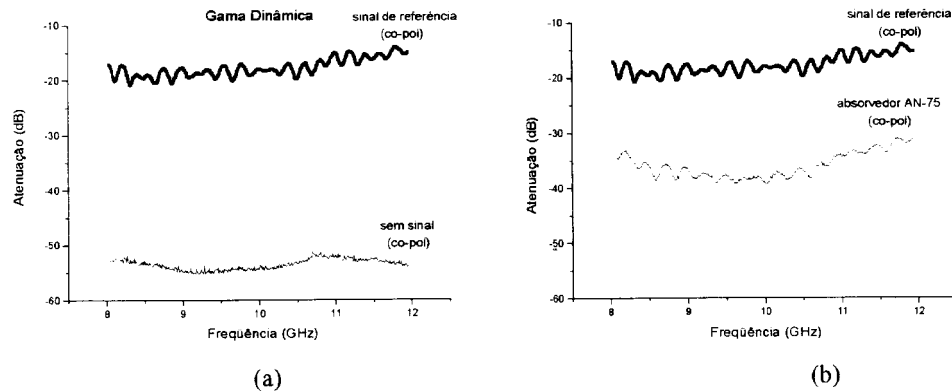


Figura 5. Medidas de refletividade (arco NRL) com as antenas dispostas em co-polarização (a) gama dinâmica e (b) absorvedor AN-75 - Emerson & Cuming.

Os gráficos da Figura 6 mostram as medidas de refletividade com as antenas em polarização cruzada - receptora 90° . O gráfico da Figura 6-(a) relaciona a medida da gama dinâmica do setup utilizado nesta condição, podendo-se observar que a intensidade do sinal de referência (curva inferior) caiu de -30 a -35 dB em relação à condição das antenas em co-polarização

(Figura 5-(a)), diminuindo, conseqüentemente, a gama dinâmica. O gráfico da Figura 6-(b) relaciona a medida de refletividade do absorvedor de referência AN-75, podendo-se observar que a atenuação do sinal é pequena, se comparada ao gráfico da Figura 5-(b), uma vez que as antenas estão em polarização cruzada. O mesmo comportamento foi observado quando a antena

transmissora é posicionada em 90° em relação à antena receptora (Figura 7).

Estas medidas têm o objetivo de mostrar o que ocorre caso o material sob teste promova a mudança de polarização da onda incidente, ou as antenas sejam posicionadas em cross-pol durante as medidas. Es-

tas condições invalidam as medidas de refletividade, pois a queda do sinal se deve ao decréscimo da gama dinâmica do set up, provocado pela mudança de polarização da onda, e não à atenuação da radiação pelas características absorvedoras do material em teste.

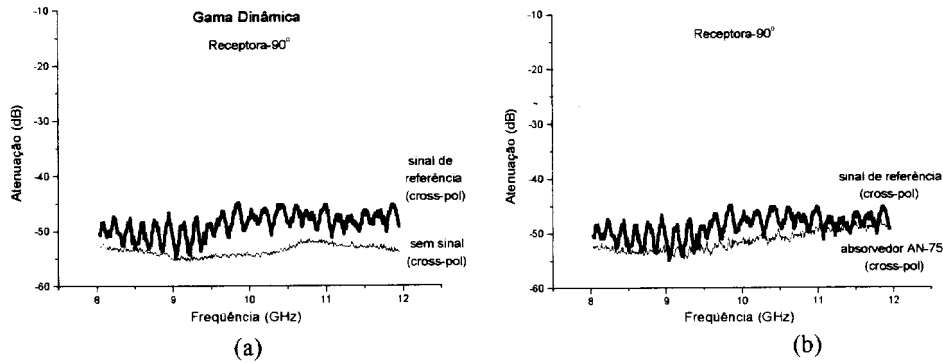


Figura 6. Medidas de refletividade (arco NRL) com as antenas dispostas em polarização cruzada, antena receptora em 90° . (a) gama dinâmica e (b) absorvedor AN-75 - Emerson & Cuming.

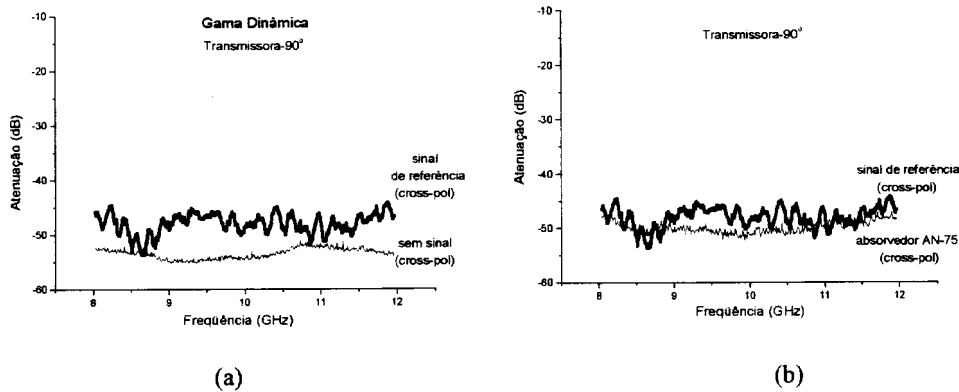


Figura 7. Medidas de refletividade (arco NRL) com as antenas dispostas em polarização cruzada, antena transmissora em 90° . (a) gama dinâmica e (b) absorvedor AN-75 - Emerson & Cuming.

Para ilustrar a mudança de polarização da onda incidente foi realizada uma medida de refletividade, incidindo a radiação sobre um refletor inversor de polarização conhecido como “twist reflector” [9-14]. Os gráficos da Figura 8 mostram as medidas de refletividade obtidas com as antenas em polarização cruzada. De maneira semelhante à curva da Figura 6-(a), o gráfico da Figura 8-(a) ilustra a medida da gama dinâmica do setup utilizado, onde a linha superior é o sinal de referência (gerador do sinal ligado), utilizando uma placa de alumínio (100% refletora), e a curva inferior é a medida sem sinal. O gráfico da Figura 8-(b) mostra a medida de refletividade posicionando o “twist reflector” sobre a placa de alumínio, na mesma condição de análise da Figura 8-(a), onde a linha inferior é o sinal

de referência, e a linha superior a medida do inversor de polarização. O mesmo tipo de comportamento foi observado quando a antena transmissora é posicionada em 90° em relação à antena receptora e vice-versa.

A análise do gráfico da Figura 8-(b) mostra que a curva obtida com o inversor de polarização e as antenas dispostas em polarização cruzada (linha superior) está em torno de 40 dB mais intenso em relação ao sinal de referência, na faixa de 8,0 a 10 GHz, caracterizando de maneira nítida o fenômeno de inversão de polarização da onda. A queda do sinal a partir de 10 GHz se deve ao inversor de polarização utilizado, construído para operar na frequência de 9 GHz, por esse motivo se observa uma queda de até 10 dB em 12 GHz, em relação a intensidade de sinal na faixa de 8,0 a 10 GHz.

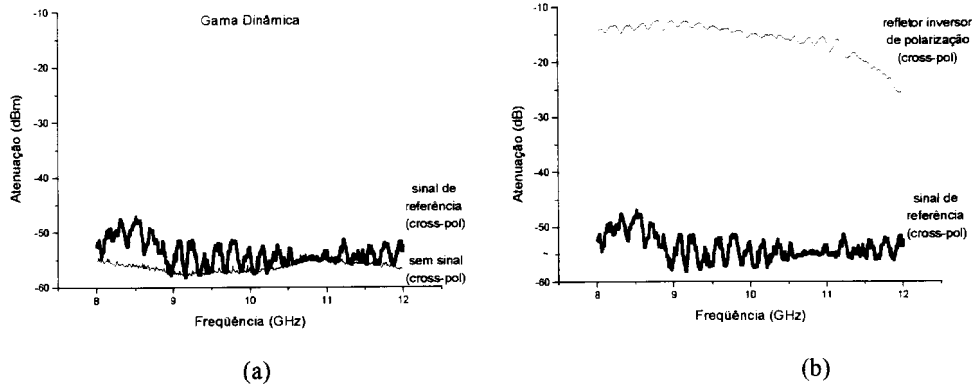


Figura 8. Medidas de refletividade (arco NRL) com as antenas dispostas em polarização cruzada. (a) gama dinâmica e (b) refletor inversor de polarização “twist reflector”.

Os gráficos da Figura 9 relacionam as medidas de refletividade em co-polarização e polarização cruzada de uma manta polimérica, aditada com partículas de ferritas e negro de fumo, apresentando textura rugosa [8,9]. A análise desta figura mostra que esta amostra também não inverte a fase da onda, apresentando um comportamento similar ao observado na Figura 5-(b) para o absorvedor de textura homogênea AN-75, constituído de uma espuma de poliuretano impregnada com negro de fumo.

Comparando-se os gráficos das Figuras 5, 6 e 9 pode-se concluir que o absorvedor comercial de microondas

utilizado, tipo AN-75 da Emerson & Cuming e o processado no CTA a partir de partículas de ferritas, não promovem a inversão da polarização do sinal, uma vez que os gráfico das Figuras 6-(b) e 9-(b) mostram que os sinais dos absorvedores estão praticamente coincidentes com o sinal de referência (cross-pol), em torno de - 50 dB. Se o absorvedor AN-75 e a manta polimérica aditada com partículas de ferrita e negro de fumo mudassem a polarização do sinal, iria se observar o deslocamento de sua curva para valores maiores em relação ao sinal de referência.

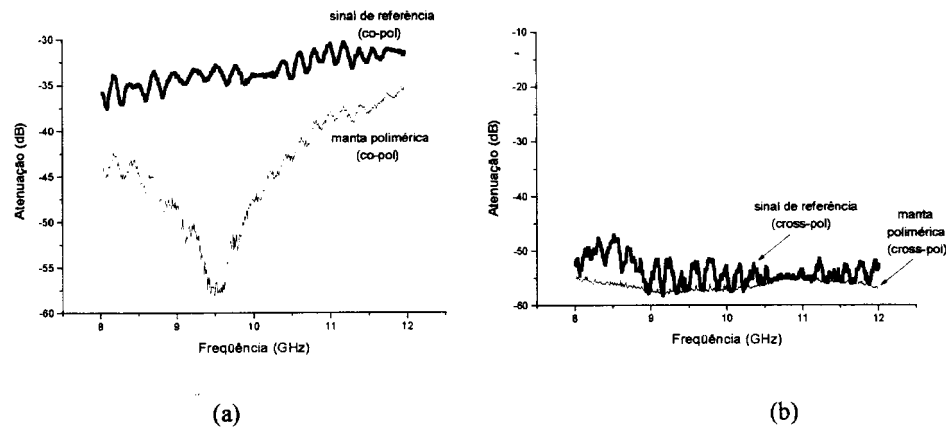


Figura 9. Medidas de refletividade (arco NRL) do absorvedor tipo manta polimérica aditada com ferrita, com as antenas dispostas em (a) co-polarização e (b) polarização cruzada.

IV Conclusões

A partir do estudo realizado conclui-se que as medidas de refletividade no arco NRL devem ser realizadas com as antenas posicionadas em co-polarização, pois essa geometria assegura que o sinal emitido esteja em fase com o sinal recebido pela antenna receptora, após ser atenuado e/ou refletido na amostra. Caso contrário, o sinal refletido pelo material praticamente não é detectado na antenna receptora, uma vez que esta se encontra fora de

fase. Medidas de refletividade utilizando-se materiais absorvedores de radiação com texturas homogênea (absorvedor tipo Jauman) e heterogênea (mantas de ferritas e negro de fumo) mostram que estes RAM não promovem a alteração da fase da onda.

Tendo em vista os resultados obtidos neste trabalho, concluímos que o método do arco NRL é uma alternativa rápida e confiável para se determinar experimentalmente a absorção de radiação eletromagnética

de diversos tipos de materiais, empregados nos setores espacial, aeronáutico e de telecomunicações.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP (Proc. 97/14055-7, 98/11030-6 e 98/15839-4) CNPq Proc. 300228/87-2, à CAPES pelo apoio financeiro e ao Comando da Aeronáutica através do CTA/IAE/AMR, pelo incentivo a este trabalho.

References

- [1] SMITH, F. C.; CHAMBERS, B.; BENNETT, J. C. Methodology for accurate free-space characterisation of radar absorbing materials. IEE Proc.-Sci. Meas. Technol. Vol. **141**, n. 6, 538-546, novembro, 1994.
- [2] SMITH, F. C.; CHAMBERS, B.; BENNETT, J. C. Calibration techniques for free space reflection coefficient measurements. IEE Proceedings-A, Vol. **139**, n. 5, 247-253, setembro, 1992.
- [3] KNOTT, E. F.; SCHAEFFER, J. F.; TULEY, M. T. *Radar Cross Section*. 1a. Ed. Artech House, Inc., 1985. North Bergen, N. J.
- [4] SLEMING W. J. An introduction to microwave absorbent materials. Plessey Materials. Nota técnica.
- [5] CUMMING CORPORATION. Microwave Materials Testing Fundamentals. Cumming Corporation News. Vol. **2**, n.2, 1987.
- [6] MASSA, J. L. Development of rf-absorbers for anechoic chambers. Relatório Técnico. INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Julho, 1986.
- [7] DIAS, J.C. Obtenção de revestimentos absorvedores de radiação eletromagnética (2-18 GHz) aplicados no setor aeronáutico. Tese de doutorado, ITA/CTA, 2000.
- [8] SILVA, F.S. Obtenção de estruturas híbridas absorvedoras de radiação eletromagnética na faixa de 8-16 GHz, aplicadas no setor aeronáutico. Dissertação de mestrado, ITA/CTA, 2000.
- [9] Ferraz, M.A. ; Fleming, W.J. ; Gonçalves, P.M. Antena Cassegrain Inversa para Sistemas Monopulso. V Simpósio Brasileiro de Microondas. Brasília - DF, 1992.
- [10] Ferraz, M.A.; Fleming, W.J. ; Gonçalves, P.M. Secondary Effects in Cassegrain Inverse Antenna Structures. International Microwave Conference. Brasil, SBMO, 1993.
- [11] Lewis, B.L.; Shelton, J.P. Mirror Scan Antenna Technology. IEEE International Radar Conference. Abril, p. 279-283, 1980.
- [12] Hanflinh, J.B. ; Jerenic, G. ; Lewis, L.R. Twist Reflector Design Using E- Type and H- Type modes. IEEE Transaction on Antennas and Propagation. Vol AP 29, N. 4 , p. 622-628, July 1981.
- [13] Cross, D.C. ; Howard, D.D. ; Titus, J.W. Mirror - Antenna Radar Concept. Microwave Journal. Maio, p. 323-335, 1986.
- [14] Howard, D.D., Cross, D.C. Mirror Antenna Dual - Band Lightweight Mirror Design. IEEE Transaction on Antennas and Propagation. Vol AP 33, N 3 , Março, p. 286-294, 1985.