

Estudo Preliminar para o Processamento de Redes de Camuflagem Absorvedoras de Microondas

Luiza C. Folgueras^{1,2} e Mirabel C. Rezende¹

¹ Divisão de Materiais/IAE/CTA – São José dos Campos – SP ² Universidade de Taubaté – Depto. Eng. Mecânica – Taubaté - SP

Resumo — Trabalhos estão sendo realizados visando aliar a camuflagem no visível, com a camuflagem na região de microondas, tornando um alvo furtivo não somente à luz do dia, mas, também, ao monitoramento por satélites, por exemplo, o sistema SAR. A proposta deste trabalho visa o desenvolvimento de redes de camuflagem ao radar via impregnação de tecidos, previamente camuflados para região do visível, com aditivos absorvedores de microondas. Assim, tecidos de nylon foram impregnados com polianilina aditada na resina EVA. Os resultados preliminares mostram ser possível o uso desta metodologia na obtenção de camuflagens mistas, que aliam visível e microondas, com atenuação da radiação incidente em até 60%. Análises morfológicas obtidas por MEV revelam aspectos da impregnação nos substratos.

Palavras-chaves — Material absorvedor de radiação eletromagnética, polímeros condutores, tecidos condutores, microondas.

I. INTRODUÇÃO

A busca por novos materiais é cada vez mais necessária, para atender às exigências ditadas pelos avanços tecnológicos em diversas áreas. Assim, a demanda por fibras e ou tecidos eletricamente condutores vem crescendo de forma que a sua utilização também vai se diversificando em aplicações civis e militares [1]-[3]. O uso de materiais com propriedades específicas e a integração com novos processos permitem desenvolver propriedades diferenciadas nos têxteis. Como, por exemplo, os baseados em propriedades da condução elétrica, que permitem a integração desses tecidos eletricamente condutores em dispositivos eletrônicos modificando, conseqüentemente, sua funcionalidade [4],[5]. Nestas aplicações, o elemento básico é a fibra têxtil. Em função disto, a modificação das propriedades da fibra (elétricas ou outras) promove alterações nas propriedades gerais do têxtil, de modo a conferir novas funções. Assim, o interessante comportamento dos polímeros condutores (especialmente o da polianilina - PANi), com relação à modulação de sua condutividade elétrica intrínseca, tem viabilizado a sua utilização como centro absorvedor de radiação eletromagnética [6],[7] no processamento de tecidos condutores de eletricidade. Os mecanismos de atenuação da energia da onda eletromagnética, que atuam em um centro absorvedor, são muitos e complexos.

L. C. Folgueras, luiza@ita.br, M. C. Rezende, mirabel@iae.cta.br, Tel +55-12-39476429, Fax +55-12-39476405. As autoras agradecem ao CNPq (Processo n°. 303528/2003-6 e 151929/2005-0) e ao Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial pelo apoio que vem recebendo.

De um modo simplificado pode-se dizer que estes materiais promovem a troca de energia da radiação eletromagnética pela energia térmica, devido às características intrínsecas de determinados componentes, como os polímeros condutores [8],[9].

Os materiais absorvedores de radiação eletromagnética (MARE), quando utilizados na área militar, são uma importante ferramenta utilizada na guerra eletrônica, sendo o domínio de sua aplicação em sistemas de camuflagem de grande importância. O uso de camuflagem, como o próprio nome sugere, visa mascarar um alvo, dissimulando a sua presença no cenário em que esse se encontra. Este processo é bastante utilizado, principalmente, na região do visível, adotando-se estampas e a combinação de cores, em função do ambiente em que o alvo se encontra.

O presente trabalho tem como objetivo a obtenção de camuflagens mistas, que aliam visível e microondas. A partir do desenvolvimento de material absorvedor de radiação eletromagnética na faixa de microondas, com espessura reduzida, baixa massa específica e flexibilidade; promovendo, então, novos meios de sua utilização, devido às facilidades de transporte e de manuseio deste material. Para tal, tecidos de nylon que compõem as redes de camuflagem visual, utilizadas em campanhas militares, foram impregnados com uma matriz de resina à base do copolímero de etileno-acetado de vinila (EVA) aditada com o polímero condutor polianilina. Os materiais obtidos foram avaliados quanto ao aspecto morfológico por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e quanto à sua característica eletromagnética de absorção de microondas na faixa de 8 a 12 GHz.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Como substrato ao material absorvedor foi usado o tecido de nylon de redes de camuflagem, normalmente utilizadas em campanhas militares. Este tecido tem espessura próxima de 0,36 mm e boa resistência mecânica.

A polianilina foi sintetizada quimicamente em escala laboratorial, em meio ácido (ácido dodecilbenzeno sulfônico -DBSA) [10], e adicionada na forma dopada, em uma matriz de resina de etileno-acetado de vinila, disponível comercialmente, na concentração de 15% m/m, homogeneizada por agitação mecânica. Previamente à mistura com a PANi, o EVA foi aquecido até 90°C em estufa, visando formar um fluído viscoso e facilitar a impregnação do nylon. A impregnação foi realizada em formato de manchas, para acompanhar o padrão geométrico pré-existente

na rede de camuflagem. Foram processados materiais com duas espessuras diferentes: de, aproximadamente, 1,60 e 2,30 mm. A mistura preparada foi aplicada no substrato de nylon e secada ao ar, com uma placa de vidro colocada sobre a impregnação, visando obter uma superfície lisa. A técnica de aplicação da mistura EVA/PAni nos tecidos foi a de pintura convencional, isto é, com o auxílio de pincel.

O material preparado foi avaliado por medidas de refletividade da energia da onda refletida utilizando-se a técnica de guia de ondas. Utilizou-se neste método um guia de ondas para a faixa de frequências de 8 a 12 GHz, acoplado a um analisador de rede vetorial Agilent 8510C e a um gerador de frequências sintetizado Hewlett Packard 8340B (10 MHz - 26,56 GHz) [11],[12].

A análise morfológica do material processado foi realizada pelo uso de um microscópio eletrônico de varredura da marca LEO, modelo 435 Vpi, sem a necessidade de preparação especial da amostra, que apresenta condutividade elétrica necessária para a análise.

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os aspectos dos materiais processados diretamente sobre o tecido de nylon da rede de camuflagem são apresentados na Fig. 1. Observar-se que, o material impregnado, em cor escura, não acompanha o padrão pré-existente na rede. Isto se deve à dificuldade em manusear a mistura EVA/PAni, pois a cura ocorre muito rápida.

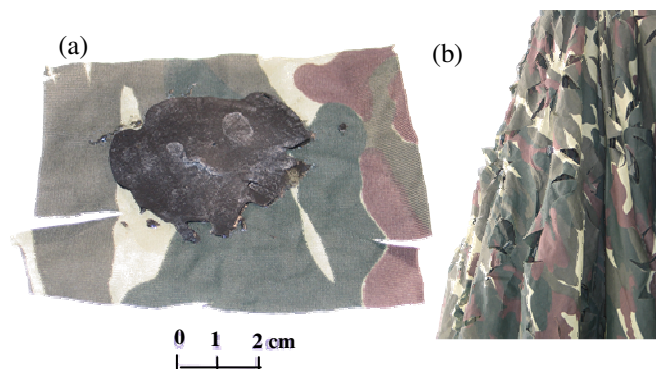


Fig. 1 (a) Aspecto do material impregnado em tecido de nylon e (b) padrão geométrico de rede de camuflagem.

Após a impregnação do suporte de nylon pela mistura de resina EVA e Pani, os substratos foram avaliados quanto à morfologia por microscopia eletrônica de varredura (MEV), e as imagens da camada de EVA/PAni depositada sobre o substrato são apresentadas na Fig. 2, e são representativas para ambos materiais processados com espessuras diferentes. É observado na Fig. 2(a) o aspecto da superfície da camada impregnada no substrato de tecido de nylon; superfície esta lisa e homogênea, não apresentando grânulos remanescentes de pó da polianilina dispersos na matriz de EVA. Na seção transversal do material processado (Fig. 2(b-c)) pode-se observar que os filamentos do tecido de fibra de vidro estão bem envolvidos pela mistura depositada, devido ao bom molhamento da mistura no substrato, proporcionando uma boa ancoragem do polímero na parte mais interna do tecido.

No entanto, a Fig. 2(d) mostra o aspecto geral do material processado, onde se observa que existem partículas soltas no tecido de nylon. Este aspecto é atribuído à tinta utilizada nos padrões da rede de camuflagem. Para que o material processado possa ser impregnado, é necessário ser depositado sobre o substrato na temperatura de processamento, isto é, 90°C, o que pode ter favorecido a remoção de algumas partículas da tinta, da região impregnada.

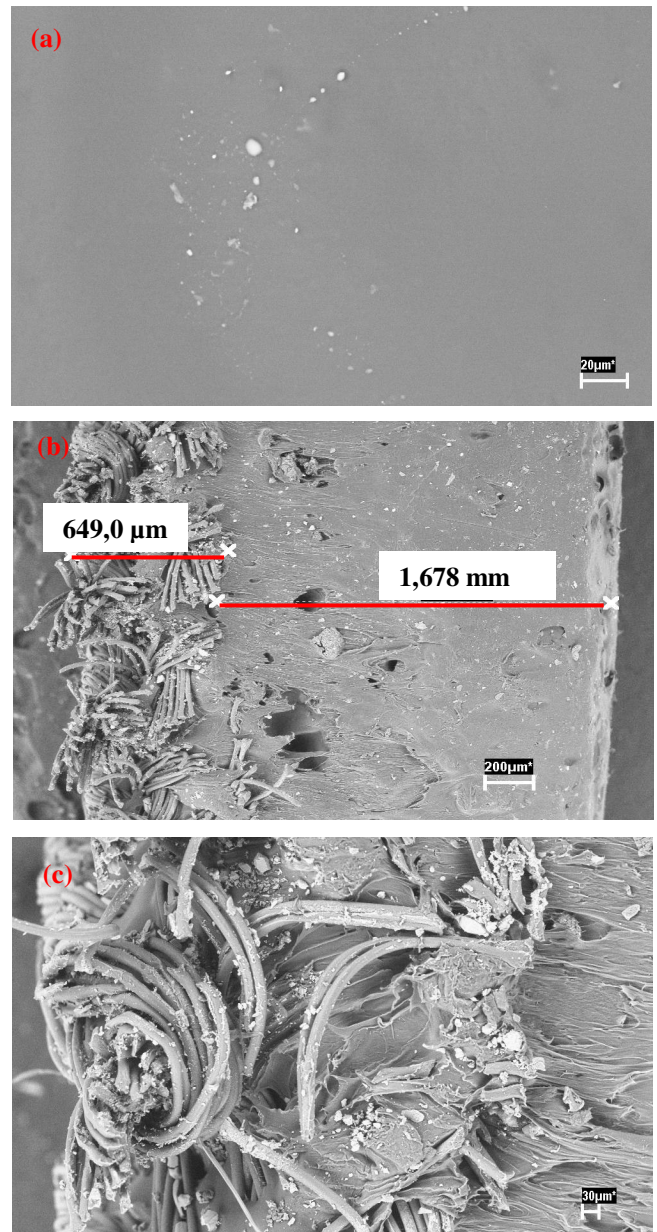


Fig. 2 MEV do substrato tipo tecido de fibra de vidro, impregnado com EVA/PAni: (a) aspecto da região impregnada, face superior (400x), (b) seção transversal do material processado (36x), (c) ancoragem da mistura nos filamentos do tecido (100x).

Para avaliar a influência da espessura dos materiais processados, os substratos impregnados foram caracterizados por medidas de refletividade na faixa de microondas (8-12 GHz). Os resultados obtidos são apresentados na Fig. 3, o material de referência utilizado nas medidas de refletividade (linha preta) foi uma placa de alumínio, sendo a curva obtida

considerada com 100% de reflexão da energia incidente (0% de atenuação da radiação).

Na Fig. 3 são apresentadas as medidas de refletividade obtidas para o material processado com as espessuras diferentes sobre o tecido de nylon da rede de camuflagem. Observa-se que houve um acréscimo na absorção da radiação, quando o mesmo material foi obtido com uma espessura maior, atingindo valores de atenuação de, aproximadamente, 60% da radiação incidente (~4 dB); e tendência a se comportar como material absorvedor tipo banda larga. O material processado em menor espessura, se comportou de modo diferente em relação ao mais espesso, isto é, como absorvedor banda estreita (ressonante) e com um máximo de absorção na frequência de 12 GHz.

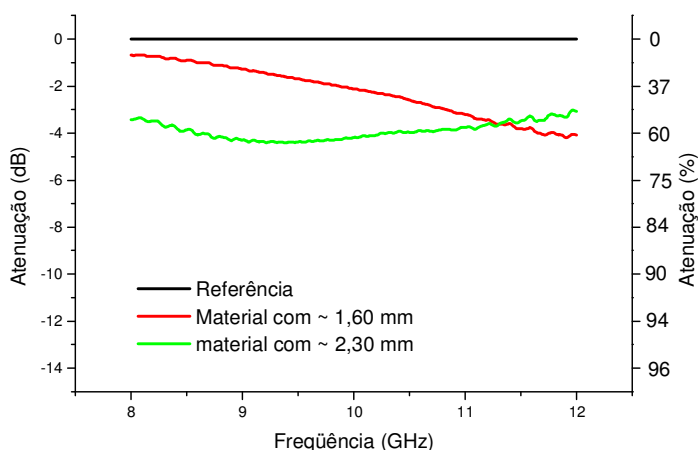


Fig. 3 Medidas de atenuação da radiação eletromagnética na faixa de microondas dos materiais processados em tecido de nylon e mistura EVA/PAni: (a) camada impregnada mais fina, com ~1,60 mm; (b) camada mais espessa, com ~ 2,30mm.

Verifica-se que para este material estudado, o acréscimo da espessura de impregnada sobre o tecido de nylon influenciou no comportamento do material, fazendo com que este apresentasse diferentes desempenhos na atenuação da radiação eletromagnética incidente. Este comportamento é atribuído ao fato da alteração de espessura atender ao parâmetro $\lambda/4$, ou seja, o aumento da espessura favorece o cancelamento de fases da onda eletromagnética incidente [7],[13],[14]. Conclui-se ainda que, os primeiros materiais possivelmente apresentem menor resistividade em relação ao segundo tipo de processamento, favorecendo menor absorção da radiação eletromagnética incidente. Materiais que favorecem a propagação da onda em maior profundidade, devido valores adequados de resistividade e também a uma maior espessura das camadas do material, favorece a formação de reflexões múltiplas, que anulam as ondas refletidas e o material atenua mais eficientemente a radiação eletromagnética incidente [15],[16].

IV. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que o uso de tecido de nylon (espessura de ~0,36 mm) como substrato na impregnação de polianilina mostra-se adequado. A dificuldade observada na impregnação do tecido pelo uso da

resina EVA sugere que novos estudos devam ser realizados como outras matrizes poliméricas ou otimização do processamento apresentado. Os substratos processados apresentaram 60 % em média de atenuação da radiação, o que indica a necessidade de otimização do processo. Os resultados obtidos neste trabalho são preliminares, mas mostram a viabilidade de processamento em redes de camuflagem, possibilitando além da camuflagem visual, o efeito de não detecção por radar.

Este estudo, em um futuro próximo, deve ser combinado com outras técnicas de caracterização, de modo que o efeito de camuflagem seja melhor caracterizado.

REFERÊNCIAS

- [1] Kima B., Koncara V., Devauxa E., Dufourb C., Viallierc P, *Synthetic Metals*, 2004,146, 167.
- [2] Park I.D., Chang D.H., Kor J., *Fiber. Soc.*, 1996, 33, 17.
- [3] Folgueras L. C., Nohara E. L., Faez R., Rezende M. C., *Material. Research*, 2007, 10, 1, 95.
- [4] Service R. F., *Science*, 2003, 301, 909.
- [5] Rossi D. D., *Nature Materials*, 2007, 6, 328.
- [6] Olmedo L., Hourquebie P., Jousse F., *Synthetic Metals*, 1995, 69, 205-208.
- [7] Folgueras, L. C. Obtenção e caracterização de materiais absorvedores de microondas flexíveis impregnados com polianilina. Tese de Doutorado. ITA, 2005.
- [8] Schleher D. C. *Electronic Warfare in the Information Age*. London: Artech House, 1999.
- [9] Silva, F. S., Rezende, M. C. In: *Simpósio Brasileiro de Microondas optoeletrônica*, 9., João Pessoa, PB, 2000. Anais... 2000.
- [10] MacDiarmid, A. G. et al. In: Alcacer, L. (ed.). *Conducting Polymers: Special Applications*. Dordrecht: Reidel, 1984. p.105.
- [11] Laverghetta, T. S. 1976. *Microwave Measurements and Techniques*. Artech House, Dedham, Massachusetts.
- [12] Lee, S. M. 1991. *International Encyclopedia of Composites*. VCH Publishers.
- [13] Hippel, A. 1954. *Dielectric Materials and Applications*. Artech House, Boston, London.
- [14] Balanis, C. A. *Advanced Engineering Eletromagnetics*. New York: John Wiley Sons, 1989.
- [15] Lima C. C., *Fundamentos de telecomunicações: teoria eletromagnética e aplicações*, Salvador: P&A Editora, 2005
- [16] Rmili H., Miane J.-L., Zangar H., Olinga T. E., *Eur. Phys. J-Appl. Physics*, 2005, 29, 65.