

# Desenvolvimento e Difusão da Tecnologia de Fabricação de Estruturas em Guias de Ondas em Alumínio

**Alfrêdo Gomes Neto**

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DA PARAÍBA - CEFET-PB

Grupo de Telecomunicações e Eletromagnetismo Aplicado – GTEMA

Av. 1º de Maio, 720, Jaguaribe, João Pessoa, PB – CEP: 58015-905

83-3208-3000, fax: 83-3208-3004, e-mail: [alfredogomes@ieee.org](mailto:alfredogomes@ieee.org)

**Resumo:** *As estruturas em guias de ondas geralmente são fabricadas em ligas metálicas, inox ou alumínio. Na banda X (8GHz-12GHz), os guias de ondas e antenas tipo corneta são, na maior parte dos casos, importados, o que inviabiliza a sua utilização nos laboratórios didáticos de microondas, tanto pelo custo como pelo processo de importação. Nos últimos anos, a tecnologia de fabricação de estruturas em guia de ondas em alumínio vem sendo desenvolvida no GTEMA/CEFET-PB. Além da utilização de perfis em alumínio com outras aplicações comerciais, facilmente adquiridos em empresas locais, um considerável avanço é a substituição das soldas, geralmente tipo TIG, pela utilização de adesivo epóxi. Esta tecnologia permite a fabricação de estruturas em alumínio com uma boa qualidade, assim como o reparo de estruturas danificadas, com um custo de aproximadamente 15% das estruturas equivalentes importadas. Neste artigo são apresentados guias de ondas e antenas tipo corneta, sendo avaliadas as dificuldades encontradas e os resultados comparados com os das estruturas importadas. É proposta a fabricação de outras estruturas, tais como linhas fendidas, filtros, atenuadores, etc. Dessa forma, espera-se contribuir para a difusão dessa tecnologia e o estabelecimento de parcerias entre instituições.*

**Palavras Chave:** *guias de ondas, antenas corneta, banda X, microondas.*

**Abstract:** *Waveguide structures are usually manufactured either in metal alloys, stainless steel or aluminium. In the X band (8GHz-12GHz), waveguides and horn antennas are, in most cases, imported, making their use impossible in the microwave didactic laboratories, both due to the cost and import process. In the last years, manufacturing technology of aluminium waveguide structures has been developed in the GTEMA/CEFET-PB. Besides the aluminium profile use with other commercial applications, easily acquired in local enterprises, a considerable improvement is the substitution of the solders, generally of TIG type, for the use of epoxy sticker. This technology allows the manufacturing of structures in aluminium with a good quality, as well as the repair of damaged structures, with a cost of approximately 15 % of the equivalent imported structures. In this article, waveguides and horn antennas are introduced, the difficulties of manufacture are discussed and the results are compared with those of the imported structures. The manufacture of other structures is proposed, such as slotted lines, filters, attenuators, etc. In this way, we hope to contribute to the diffusion of this technology and to the establishment of partnerships between institutions.*

**Key-words:** *waveguides, horn antennas, X band, microwaves*

## 1. Introdução

As estruturas em guias de onda geralmente são fabricadas em ligas metálicas, cobre ou alumínio. Na banda X, 8GHz-12GHz, usualmente os guias de onda são fabricados em latão, Fig. 1, sendo, na maior parte dos casos, importados. Considerando o custo e as dificuldades de importação, o uso dessas estruturas fica inviabilizado na maioria dos laboratórios didáticos, o que é lamentável, pois é um recurso importante na sedimentação de fundamentos de microondas e antenas, tais como as equações de Maxwell. No Brasil, pelo menos devidamente documentada e divulgada, uma das poucas propostas de fabricação de kits didáticos para laboratórios de microondas e antenas é apresentada em (SMIT, 1987). No GTEMA/CEFET-PB, aproveitando a experiência acumulada em mais de 10 anos de atuação na área de microondas (SCAICO, CARVALHO, GOMES NETO, 1997) (CARVALHO, SILVA, FERREIRA, PRADO, GOMES NETO, 1998) vem sendo desenvolvida a tecnologia de fabricação de estruturas em guias de onda em alumínio. Além da utilização de perfis em alumínio com outras aplicações comerciais, facilmente adquiridos em empresas locais, Fig. 2, um considerável avanço é a substituição das soldas, geralmente tipo TIG, pela utilização de adesivo epóxi. Esta tecnologia permite a fabricação de estruturas em alumínio com uma boa qualidade, assim como o reparo de estruturas danificadas, com um custo menor reduzido em aproximadamente 15% em relação às estruturas equivalentes importadas.

Neste artigo são apresentados guias de ondas e antenas tipo corneta fabricados em alumínio, sendo avaliadas as dificuldades encontradas e os resultados comparados com os das estruturas importadas. É proposta a fabricação de outras estruturas, tais como linhas fendidas, filtros, atenuadores etc. Dessa forma, espera-se contribuir para a difusão dessa tecnologia e o estabelecimento de parcerias entre instituições.

## 2. Processo de fabricação

Inicialmente, foram identificadas quais as peças que apresentavam uma maior dificuldade de fabricação. Para as estruturas básicas (antenas e guia de ondas), a que sofreu maior dificuldade de fabricação foi o flange, Fig. 3. Embora seja uma peça relativamente simples, praticamente um retângulo vazado, a precisão requerida limitou as opções de fabricação. Após algumas tentativas, o que incluiu a fundição dos flanges, foi identificada uma empresa no distrito industrial de João Pessoa, (METALPIL, 2008) que produziu os flanges com a qualidade desejada. Embora essa não fosse a única empresa, foi a que apresentou uma melhor qualidade, prazo e custo. Vale destacar que essa limitação deve-se ao número reduzido de peças. Para uma produção em maior escala, existem diversas opções locais que permitem a fabricação dos flanges com baixo custo.



Fig. 1 – Guia de ondas comercial importado



Fig. 2 – Perfil em alumínio utilizado

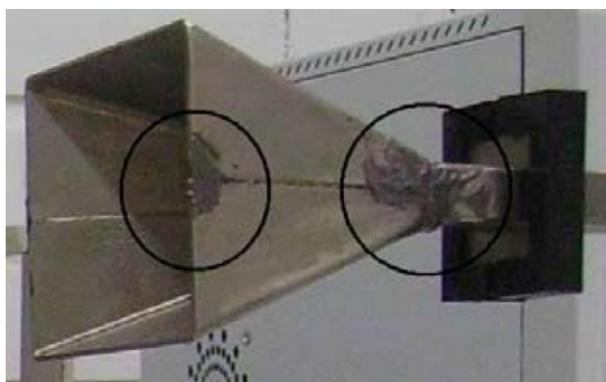


Fig. 3 – Flange utilizado nos guias de onda em alumínio

Solucionado o problema de fabricação dos flanges, foi avaliada qual a melhor opção para realizar a fixação dos mesmos no guias em alumínio. Inicialmente, estava prevista a utilização de solda tipo TIG. Entretanto, optou-se por um adesivo epóxi super rápido, ESR-Titânio, Wurth, que substituiu com vantagens a utilização da solda. Entre essas vantagens, pode-se citar:

*1-O uso do adesivo é realizado a frio, evitando deformações nas peças em alumínio.*

*2-Não é necessária a utilização de acessórios ou máquinas especiais. A fixação das peças pode ser feita de maneira artesanal. Como exemplo, são destacados detalhes de uma antena corneta consertada no próprio laboratório do GTEMA, Fig. 4.*



**Fig. 4 - Detalhes dos reparos feitos em uma antena corneta comercial utilizando o adesivo epóxi**

*3-Custorelativamentebaixo e continuidade de fornecimento. Por se tratar de um produto para aplicações industriais, o custo é relativamente baixo, aproximadamente R\$ 56,00 para uma embalagem de 25ml.*

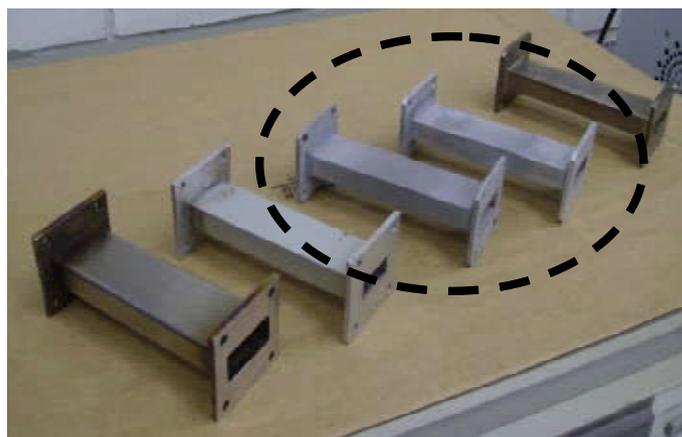
Superada a etapa de fixação, as peças foram fabricadas e testadas, sendo os resultados obtidos apresentados a seguir.

### 3. Estruturas fabricadas

As primeiras estruturas fabricadas foram guias de ondas retangulares, padrão WR-90, tendo esses apresentado uma qualidade equivalente à dos guias importados, Fig. 5.



**Fig. 5 – Guia de ondas em alumínio usando adesivo epóxi, à esquerda, e guia de onda comercial importado**

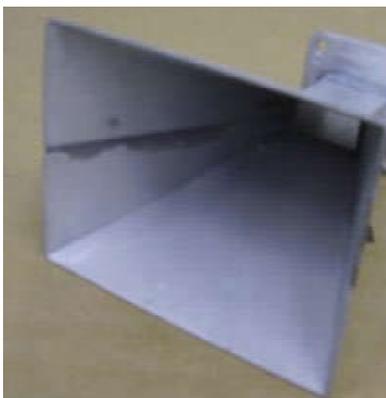


**Fig. 6 -Comparando diversas tecnologias – inox, alumínio com solda, alumínio com adesivo (em destaque), comercial**

Uma outra estrutura fabricada foi uma antena padrão tipo corneta, com ganho de 15dB, Fig. 7. As mesmas vantagens observadas para os guias de ondas em alumínio podem ser estendidas à antena corneta.

### 4. Comparação com as estruturas importadas

O primeiro passo na avaliação das estruturas fabricadas foi comparar o seu desempenho com o das estruturas importadas. Um teste bastante simples e eficaz é a implementação de um enlace em microondas, em que uma das antenas e um dos guias de ondas importados são substituídos pelas estruturas fabricadas, Fig. 8- Fig. 11. São então medidos os módulos dos coeficientes de reflexão,  $|S_{11}|$ , e transmissão,  $|S_{21}|$ , comparando-se então os resultados antes e depois da substituição.



**Fig. 7 – Antena corneta em alumínio utilizando adesivo epóxi**

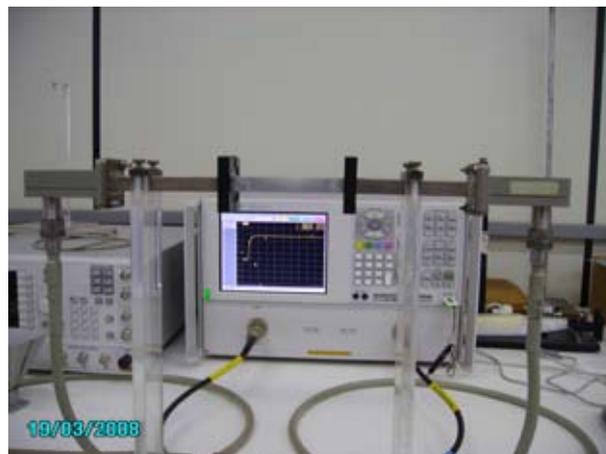
Diante dos resultados dos testes realizados conclui-se que o desempenho apresentado pelas estruturas fabricadas é semelhante ao das estruturas importadas.



**Fig. 8 – Verificação do desempenho da antena - Resultado equivalente ao comercial**



**Fig. 9 – Comparação do desempenho da antena – Ch1: Antena importada, Ch2: Antena em alumínio**



**Fig. 10 – Verificação do desempenho do guia de onda - Resultado equivalente ao comercial**



**Fig. 11 – Comparação do desempenho do guia de onda – Ch1: Guia importado, Ch2: Guia em alumínio**

## 5. Discussão dos resultados

Avaliando os resultados obtidos, observa-se o desenvolvimento de uma tecnologia muito mais acessível que a solda tipo TIG em alumínio e a difusão tecnológica através da interação com empresas do setor privado. Destaque-se ainda que tanto os guias de ondas como as antenas estão em utilização no GTEMA/CEFET-PB.

Do ponto de vista financeiro, apenas para efeito de comparação, em termos de custo, a antena corneta desenvolvida apresentou um custo menor de aproximadamente 15% em relação ao custo da antena importada, Fig. 12. Contudo, além do aspecto financeiro, que é extremamente favorável (na comparação não foram incluídos taxas de importação, frete etc), um ponto de grande importância é a difusão de novas tecnologias, através da interação com o setor produtivo.



Antena corneta padrão – WR90  
PE9856-15 - \$553.80, preço FOB, USA.

**Fig.12 – Antena comercial (PASTERNAK, 2008)**

## 6. Conclusão

Os resultados apresentados neste trabalho e as expectativas decorrentes destes são um exemplo típico do que se pode alcançar a partir da interação “setor acadêmico/setor produtivo”. Sem a pretensão de resolver desafios em larga escala, identificar nichos constituintes de demandas tecnológicas é uma oportunidade aberta ao setor acadêmico. Entretanto, essa relação é permeada por uma desconfiança mútua. O setor produtivo, em geral, não enxerga o setor acadêmico como uma possibilidade de solução dos seus desafios. Analogamente, o setor acadêmico não consegue transferir os conhecimentos desenvolvidos para o setor produtivo. Esse contexto é decorrente de uma construção histórica distorcida, que, felizmente, começa a ser gradativamente revista.

Neste artigo foram apresentados produtos, com uma excelente relação custo-benefício. Entretanto, trata-se apenas de uma etapa de um projeto maior. Estruturas como linhas fendidas, filtros e atenuadores podem ser fabricadas de maneira semelhante. O GTEMA/CEFET-PB está disponível para o estabelecimento de parcerias com outros grupos de pesquisa que queiram se engajar nesse desafio.

## 7. Referências

SMIT, Jaroslav: **Microondas**, Ed. Érica, São Paulo, 1987

SCAICO, Alexandre; CARVALHO, Joabson Nogueira de; GOMES NETO, Alfredo, *Caracterização Experimental de Circuitos em Microfitas Utilizando Detectores de Microondas*. **PRINCIPIA**, v.01, p.40 - 43, 1997.

CARVALHO, Joabson Nogueira de; SILVA, Jefferson Costa e; FERREIRA, K. P. D.; PRADO, M. E.; GOMES NETO, Alfredo, *A Low Cost Scalar Network Analyzer*. In **Applied Microwave And Wireless**, v.10, p.42 - 44, 1998.

METALPIL, [www.metalpil.com.br](http://www.metalpil.com.br), acesso em abril de 2008

PASTERNAK, [www.pasternack.com/Pdf/PE9856-15-.pdf](http://www.pasternack.com/Pdf/PE9856-15-.pdf), acesso em julho.2008

## Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente financiado através do **Programa Institucional de Bolsas Pesquisador, CEFET-PB**, Edital N° 001/2007, projeto: “**μDeDiTEC - DESENVOLVIMENTO E DIFUSÃO DA TECNOLOGIA DE FABRICAÇÃO DE ESTRUTURAS EM GUIAS DE ONDAS EM ALUMÍNIO**”

## Responsabilidade de autoria

As informações contidas neste artigo são de inteira responsabilidade de seu autor. As opiniões nele emitidas não representam, necessariamente, pontos de vista da Instituição e/ou do Conselho Editorial.