

ANTENAS DE FAIXA-LARGA DE POLARIZAÇÃO CIRCULAR IMPRESSAS EM MICROFITA

JOEL MUNIZ BEZERRA¹, CYNTHIA JUNQUEIRA², FLAVIO PILLON RICHARDS¹

Empresa Mectron Engenharia Ind. E Com. Ltda.¹
São José dos Campos - SP
Tel.: 0-xx-12-341-7722, Fax: 0-xx-12-341-5677
e-mail: mectron@mectron.com.br

Centro Técnico Aeroespacial²
Instituto de Aeronáutica e Espaço
São José dos Campos - SP
Tel.: 0-xx-12-347-4937, Fax: 0-12-347-5019
e-mail: cynthia@iae.cta.br

RESUMO

Neste trabalho, apresenta-se o desenvolvimento de antenas faixa-larga de polarização circular dos tipos linha setorial curvada e espiral logarítmica impressas em microfita. Resultados experimentais obtidos entre 1,7 e 8 GHz são apresentados e analisados.

1. INTRODUÇÃO

Antenas impressas tem se mostrado ao longo dos últimos anos um mercado bastante promissor, visto do crescimento comercial dos “sem fio”, onde esta tecnologia é utilizada para aplicações “in-door”, arranjos de antenas empregadas nas torres de transmissão de telefonia celular, nos sistemas de comunicação de dados em microondas, e sistemas de posicionamento global (GPS), comunicação por satélite e também no setor aeroespacial.

As antenas de faixa-larga de polarização circular são amplamente utilizadas em aplicações aeroespaciais, pois possibilitam a utilização de uma mesma antena atendendo a uma gama maior de frequências, reduzindo área útil para as antenas e aumentando o número de informações obtidas a cada vôo [1].

O escopo deste trabalho é a descrição e a apresentação do projeto e desenvolvimento de dois tipos de antenas faixa-larga impressas: antenas de linha setorial curvada e espiral logarítmica, dimensionadas para frequências entre 1,7 e 8 GHz.

Serão descritos os procedimentos de projeto das antenas e “baluns”, detalhes da montagem; apresentados os resultados experimentais, bem como a sua análise, comentários e conclusões.

2. PROJETO E MONTAGEM

2.1 Antena de Linha Setorial Curvada

Antenas de linha setorial curvada consistem basicamente de trechos de linha de transmissão curvados e impressos em microfita, tendo nas suas terminações “baluns” de faixas largas, do tipo “taper” impresso.

A existência de duas terminações coaxiais torna possível a utilização destas antenas nas polarizações circular à direita e circular à esquerda simultaneamente, o que é muito interessante

em diversas aplicações. Utilizaram-se aqui, linhas setoriais com extensão angular de 270°.

Este tipo de antena é de construção muito simples, sendo intrinsecamente muito compacta e podendo apresentar uma grande largura de faixa, sob os aspectos de VSWR e diagrama de irradiação.

O projeto destas antenas consiste basicamente em estimar os raios interno e externo da linha curvada, em função das frequências inferior e superior da faixa de operação desejada e dimensionar o “balun” que fará a transição coaxial/linha em microfita [2].

A frequência central de operação da antena, no modo fundamental $m=1$, f_r é estimada, em termos do raio médio $\langle r \rangle$ da linha curvada, pela seguinte expressão:

$$f_r = \frac{c}{2\pi \langle r \rangle} \quad (1)$$

sendo

$$\langle r \rangle = \frac{a+b}{2} \quad (2)$$

onde:

c : é a velocidade da luz no espaço livre;

a : raio interno e

b : raio externo.

Os “baluns” também são confeccionados em microfita, sendo transformadores de impedância, que consistem de uma transição coaxial/microfita e um trecho de linha com largura e espessura de substrato linearmente variável com o comprimento de maneira diversa à utilizada em [2], onde foram usados trechos de “fin lines”.

A largura inicial da linha de alimentação após a transição coaxial/microfita, é estimada pelas expressões, encontradas em [3] e representadas abaixo:

$$\frac{w}{h} = \frac{8 \exp A}{\exp(2A) - 2}, \quad \text{para } \frac{w}{h} \leq 2 \quad (3)$$

$$\frac{w}{h} = \frac{2}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B-1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B-1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\}$$

para $\frac{w}{h} \geq 2$ (4)

onde:

$$A = \frac{Z_0}{60} \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{1/2} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left(0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r} \right) \quad (5)$$

e

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (6)$$

sendo:

w : largura da linha ;

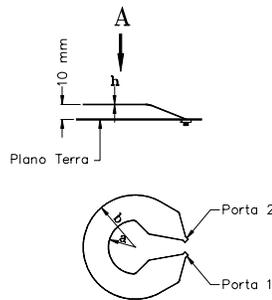
Z_0 : impedância característica inicial da linha ;

ϵ_r : permissividade elétrica relativa do material do substrato e

h : espessura inicial do substrato.

Destaca-se que a largura da linha setorial (elemento irradiador) é igual a largura final do “balun”.

O conjunto antena e “balun” foi confeccionado em microfita utilizando-se o substrato CuClad GX-0300-55 da 3M, com permissividade elétrica relativa de 2,55 e espessura de 0,79 mm, correspondente à espessura inicial do “balun”. A antena foi montada sobre um plano de terra, com um espaçamento de 10mm, em espuma rígida de PVC, correspondente à espessura final do “balun”. A montagem descrita pode ser vista na figura 1 e a antena construída na figura 3.



Vista de A

Figura 1. Montagem da Antena de Linha Setorial Curvada

2.2 Antena Espiral Logarítmica

Antenas espirais logarítmicas são estruturas de polarização circular, teoricamente descritas como estruturas que evoluem a partir de um centro de expansão, o qual é seu ponto de alimentação e crescem até o infinito [4]. Praticamente, existe uma dimensão (raio) mínima a qual fixa-se a mais alta frequência de funcionamento e uma dimensão máxima (raio) que está relacionada à frequência mais baixa.

O projeto destas antenas parte da definição de uma faixa de frequências de operação e do material a ser utilizado, os quais possibilitam a determinação das dimensões com contornos definidos por equações de espirais [5].

Os parâmetros principais de uma espiral logarítmica podem ser vistos na figura 2, onde o comprimento do arco entre a origem e o ponto M é dado por:

$$s = \frac{\rho}{\cos \varphi} \quad (7)$$

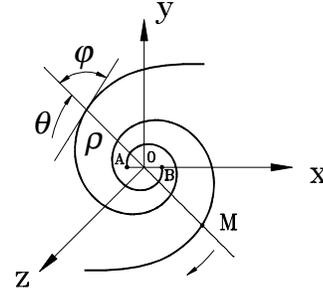


Figura 2. Parâmetros da Antena Espiral Logarítmica

Uma espiral com grande valor de φ determina maior simetria ao diagrama, entretanto a seleção de φ deve ser um compromisso entre a simetria do diagrama e a largura de faixa.

Para que a antena tenha impedância independente da frequência, é necessário que a largura da parte irradiante seja proporcional ao comprimento do braço que é formado por uma faixa limitada por duas espirais conforme mostram as equações abaixo:

$$\rho_1 = \rho_0 e^{a\theta} \quad (8)$$

$$\rho_2 = \rho_0 e^{a(\theta-\delta)} \quad (9)$$

A antena espiral é então completada por mais um braço espiral simétrico definido pelas equações:

$$\rho_3 = \rho_0 e^{a(\theta-\pi)} \quad (10)$$

$$\rho_4 = \rho_0 e^{a(\theta-\pi-\delta)} \quad (11)$$

Mostra-se [5] que o campo irradiante apresentará polarização circular quando o comprimento dos braços for maior que o comprimento de onda λ . É a distância AB que fixa o valor de frequência mais elevada, de maneira que será pequena comparado com λ . Praticamente sabe-se que esta dimensão deve ser inferior a $\lambda/4$.

Projetaram-se “Baluns” de faixa-larga tipo “taper” curvado em microfita [6], [7], [8], os quais convergem gradualmente de uma linha não balanceada para uma linha de fios paralelos balanceada, utilizando o mesmo tipo e espessura de substrato que o utilizado nas espirais.

O conjunto antena - “balun” foi confeccionado, utilizando-se o substrato CuClad GX-0300-55 da 3M, com permissividade elétrica relativa de 2,55 e espessura de 0,79 mm. A antena foi montada sobre um plano de terra, com um espaçamento de 15

mm, em isopor. A montagem das antenas implementadas pode ser vista na figura 3.

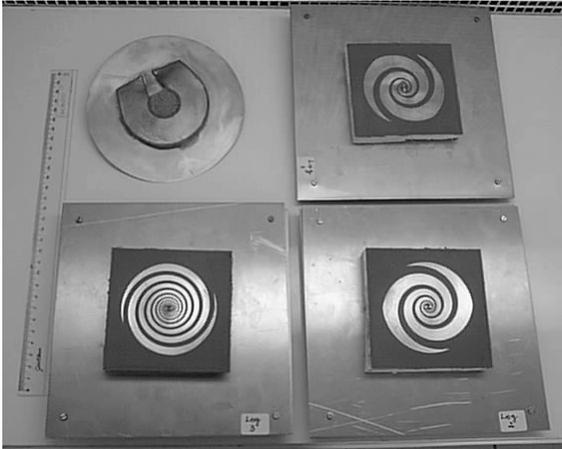


Figura 3. Montagem das Antenas Implementadas

3. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

A *antena de Linha Setorial Curvada* apresenta um ótimo desempenho no aspecto de impedância de entrada em toda a faixa de frequências de medição, principalmente quando montadas sobre um plano de terra espaçadas de 10 mm. Verificou-se $VSWR < 1,5$ na faixa de 1,7 a 2,6 GHz, representando uma largura de faixa de 900 MHz.

Nas figuras 4, 5 e 6, mostram-se os diagramas de irradiação desta antena nas frequências de 1,7; 2,0; e 2,2 GHz, destacando-se principalmente pelas características de ganho de até 10 dBi, razão axial menor que 1,5 dB em $\theta = 0^\circ$ (360°) e menor que 3 dB no setor angular de -60° a $+60^\circ$, uma boa simetria dos diagramas, razão frente costa maior que 20 dB e largura de feixe de aproximadamente 90° .

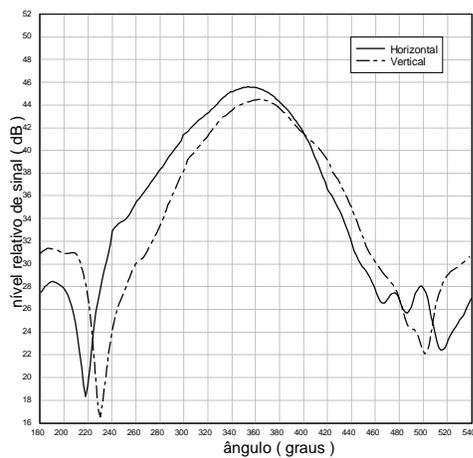


Figura 4. Antena AR03 – 1.7 GHz

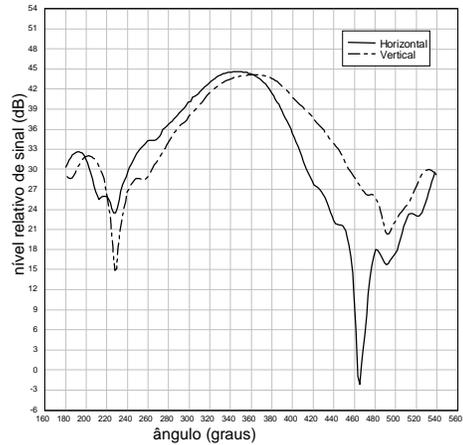


Figura 5. Antena AR03 – 2.0 GHz

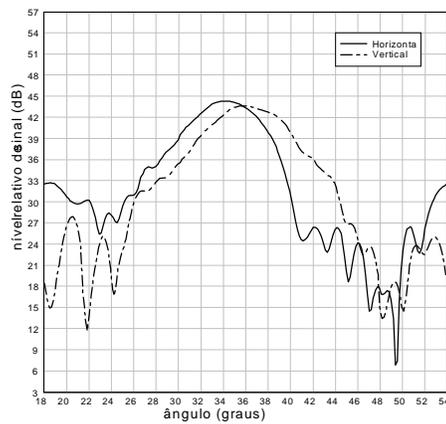


Figura 6. Antena AR03 – 2.2 GHz

Vale salientar que as antenas em questão foram dimensionadas para a faixa de frequências de 0,8 a 2 GHz, mas não foram realizados diagramas de irradiação abaixo de 1,7 GHz devido a indisponibilidade de equipamentos para estas medidas.

As *antenas espirais logarítmicas* mostram ótimo desempenho quanto a impedância de entrada, verificou-se $VSWR$ menor que 1,5 na faixa de 1,5 a 10 GHz o que pode ser visto na figura 7.

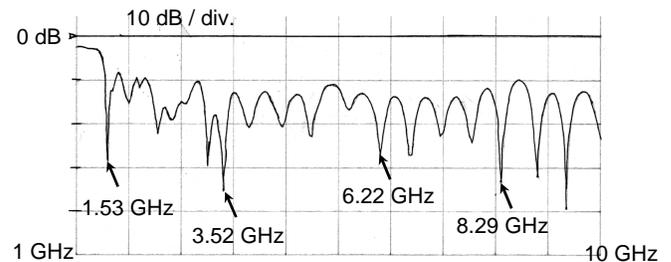


Figura 7. Característica de casamento na entrada da Antena AR07 - $|S_{11}|$ (dB)

As diferenças básicas entre os projetos das três antenas espirais logarítmicas se devem à variação dos valores dos parâmetros ρ e ϕ , de maneira que a antena AR09 apresentou mais voltas e menor espaçamento entre os braços em relação as antenas AR08 e AR07.

Estas antenas foram dimensionadas para a faixa de frequências entre 2 e 8 GHz e os resultados dos diagramas de irradiação em algumas das frequências de projeto podem ser vistos nas figuras de 8 a 11.

Observando-se os diagramas de irradiação nota-se razão axial menor que 3 dB para $-60^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$, razão frente-costas de até 20 dB, e ainda uma boa simetria na maioria dos diagramas .

A antena AR07 apresentou ganho na frequência de 1,9 GHz de aproximadamente 6 dBi; por outro lado na antena AR09 o ganho, na mesma frequência foi da ordem de 2 dBi.

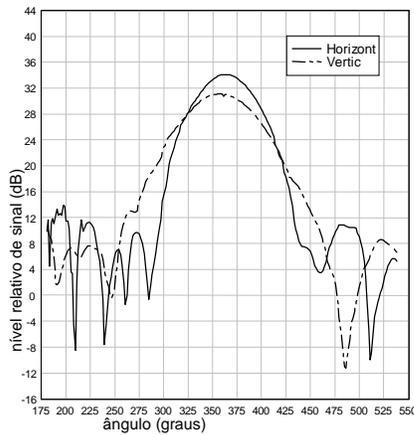


Figura 8. Antena AR07 – 1.9 GHz

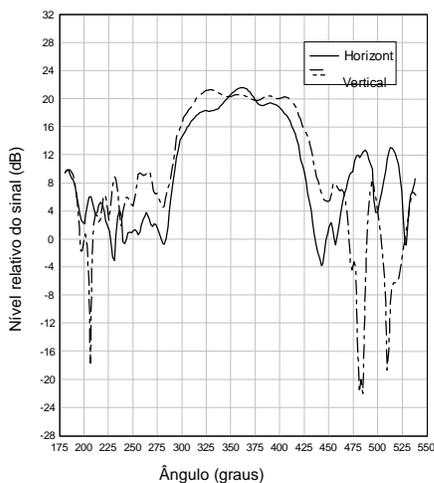


Figura 9. Antena AR08 – 3.6 GHz

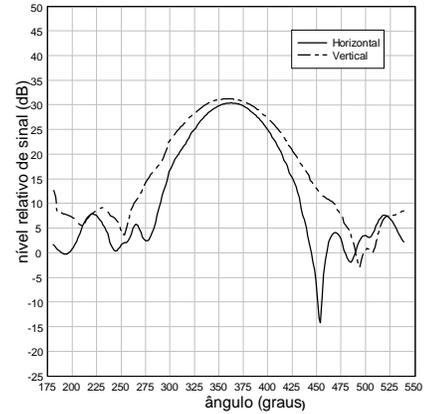


Figura 10. Antena AR09 – 1.9 GHz

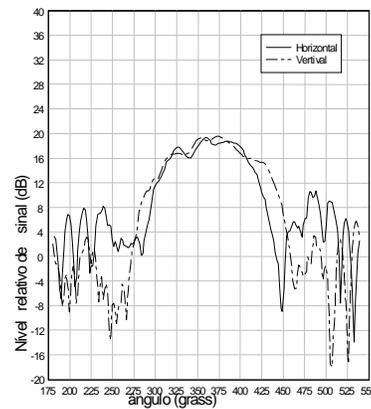


Figura 11. Antena AR09 – 5.5 GHz

4. CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS

As antenas desenvolvidas, embora protótipos e em fase de otimização, apresentaram boas características de casamento, diagramas de irradiação, ganho e largura de faixa.

Além dessas características de desempenho, destacam-se outras virtudes como simplicidade de projeto e construção, facilidade de integração elétrica com outros estágios de sistemas de transmissão e recepção, compactidade, robustez, reprodutibilidade e facilidade de conformação em superfícies curvas.

A antena do tipo linha setorial curvada, além do ganho elevado, apresenta uma propriedade intrínseca de grande interesse que é a possibilidade de operação nas duas polarizações circulares.

Por outro lado, as antenas do tipo espiral logarítmica destacam-se pela extensa largura de faixa e possibilidade de se obter qualquer polarização utilizando-se um número maior de braços e “baluns” integrados a circuitos especiais (híbridas).

Quanto aos resultados da medições, algumas deformações nos diagramas de irradiação foram observadas, as quais podem ser

atribuídas ao processo de medição, especialmente erros de apontamento.

Mesmo sendo antenas-protótipo, tais resultados indicam importantes vantagens quando comparadas a outras antenas comercialmente disponíveis no mercado para aplicações similares, tais como: espirais sobre cavidades, hélice quadrifilar, espirais cônicas e “patch” em microfita.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]-Zürcher J., Gardiol F.E. *Broadband Patch Antennas*. Artech House, 1995.
- [2]-Drewniak, J.L. and Mayes, P.E. *ANSERLIN: A Broad-Band, Low-Profile, Circularly Polarized Antenna*. IEEE Trans. on Antennas and Propagation, vol. AP-37, pp. 281-288, march 1989.
- [3]-Gupta, K.C. ; Garg, R. ; Bahl I. and Bhartia, P. *Microstrip Lines and Slotlines*. Artech House, Second Edition, 1996.
- [4]-Jasik, H. Johnson, R. *Antenna Engineering Handbook*. Kingsport Press, 1984.
- [5]-Thourel, L. *Les Antennes*. Dunod, deuxième édition, 1971.
- [6]-Hofer, D.A. and Tripp, V.K. *A Low-Profile, Broadband Balun Feed*. IEEE, 1993.
- [7]-Collin, R.E. *Foundations for Microwave Engineering*. McGraw-Hill International Editions, Second Edition, 1992.
- [8]-Rumsey, V.H. *Frequency Independent Antennas*. New York: Academic, 1966.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração dos técnicos Ricardo Ramalho de Campos Ramos (Mectron) , Valéria Cristina Maria Nascimento Leite, Walter Pereira Junior e Fabiano Oliveira (IAE/CTA) na construção e testes das antenas e “baluns”.

Este trabalho foi parcialmente financiado pelo CNPq (Programa RHAE – Processo 610057/99-5).