

# Antenas de Loop Magnético

Fernando Pimenta<sup>1</sup>

Quando falamos de sistemas de comunicação, inevitavelmente deixamos a escolha da antena para um plano secundário, e muitas vezes na hora da escolha da mesma, o orçamento já é reduzido ou mesmo nulo. No caso de comunicações de HF, o tamanho da antena torna-se um fator predominante na escolha da mesma, bem como o espaço que esta irá ocupar. Nesta ótica, surgem cada vez mais adeptos das antenas curtas, nomeadamente as antenas de Loop Magnético, facilmente dissimuladas no cimo de um prédio, numa varanda ou mesmo num pequeno jardim.

As antenas de Loop Magnético curtas são as mais vulgares e caracterizam-se pelo facto da corrente desenvolvida no seu elemento radiante, ser independente da distância do ponto de alimentação. Isto só é verdade para as antenas com comprimento total inferior a  $\lambda/10$ .

Um aro, com o diâmetro [b] e uma espessura de raio [a], tem uma indutância,

$$L = \mu_0 \cdot b \cdot \left[ \ln \left( 8 \cdot \frac{b}{a} \right) - 2 \right]$$

em que  $\mu_0$  é a permeabilidade magnética.

Para determinar a eficiência de radiação da antena temos de determinar:

A resistência de perdas - que é obtida somando a resistência de perdas DC com a resistência de perdas devido ao efeito pelicular.

$$R_{DC} = \frac{P}{2 \cdot a \cdot \pi \cdot \sigma} \quad R_{pelicular} = \frac{b}{a} \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot f \cdot \mu_0}{\sigma}}$$

A resistência de radiação - que é calculada pela expressão:

$$R_{rad} = 320 \cdot \pi^4 \cdot [S/\lambda^2]^2$$

Em que: P - potência do sinal de excitação  $\sigma$  - Condutividade eléctrica S - área do Loop.

O rendimento é calculado, por  $\mu = \frac{R_{radiação}}{R_{perdas} + R_{radiação}}$

Este valor só é real se a energia disponível no excitador é completamente entregue à antena.

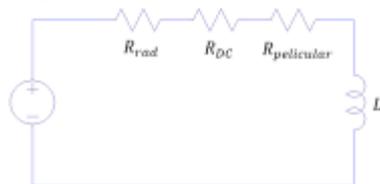
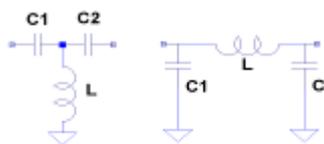


Fig. 1: modelo eléctrico do Loop

Através do modelo eléctrico da antena calcula-se a impedância da antena:

$$Z = R_{rad} + R_{DC} + R_{pelicular} + jWL$$

Sabe-se que a máxima transferência de energia é obtida quando a impedância de saída da fonte é igual ao conjugado da impedância da antena.



Na maioria das antenas isso é obtido com uma malha do tipo em Pi ou em T, ver figura.

Nas antenas de banda larga é mais difícil de se obterem bons resultados, motivo pelo qual é frequente ver-se atenuadores à entrada das mesmas, para

garantir um rácio VSWR mais uniforme. Quanto mais predominante for a parte real da impedância da antena, mais fácil é a sua adaptação e menos esta variará com a frequência.

A resolução deste tipo de problemas passa pelo desenvolvimento de antenas, com impedância puramente resistivas, próximas de 50  $\Omega$ . No caso das antenas de banda estreita isso é facilmente alcançado, desde que se garanta certas regras. No caso da antena de Loop, torna-la puramente resistiva é fácil, bastando colocar um condensador em série e promover a ressonância LC.

A seleção do condensador deve ter em conta que a tensão desenvolvida nos seus terminais é amplificada pelo fator de qualidade do sistema, o que significa alguns kV, dependendo obviamente da potência aplicada.

O fator de qualidade é calculado por  $Q = \frac{X_L}{R_{perdas} + R_{radiação}}$

Relembrando que o rendimento é dado por:

$$\mu = \frac{R_{radiação}}{R_{perdas} + R_{radiação}} = \frac{R_{radiação} \cdot Q}{X_L}$$

Podemos dizer que quanto maior é Q maior é o rendimento da antena, contudo há um compromisso entre o máximo fator de qualidade possível e a largura de banda, LB; mínima necessária para o tipo de modulação usada  $LB = \frac{f}{Q}$

Embora a impedância do Loop, seja puramente resistiva, não se aproxima de 50 $\Omega$ , o que implica um VSWR elevado.

Na adaptação da impedância da antena recorre-se geralmente a um de dois processos: *Gama Match* ou *Loop de Faraday*

Na prática ambos os processos originam resultados equivalentes a nível de adaptação da impedância. Em HF é típico obterem-se adaptações inferiores em toda a banda. Teoricamente o *Loop de Faraday* é mais inume ao campo eléctrico próximo, pois metade do Loop é blindado pela malha do cabo coaxial.

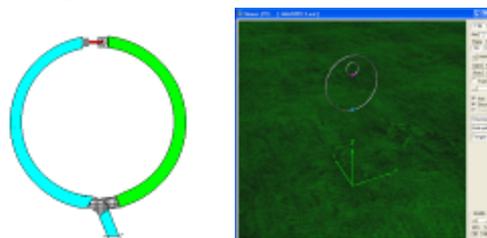


Fig. 3: Loop de Faraday e Fig. 4: Loop Magnético com diâmetro de 2 m.

As dimensões do Loop de Faraday é aproximadamente igual a um quinto do Loop principal, devendo o seu tamanho final ser ajustando em função do VSWR.

A título de conclusão apresento a simulação dum Loop Magnético com diâmetro de 2 metros, sintonizado para a frequência de 7,05MHz, com um condensador de 71 pF, utilizando o programa 4NEC2.

A corrente máxima calculada, no Loop principal, foi de 13 A e a tensão nos terminais do condensador ronda os 4 kV. Os diagramas de radiação são os seguintes:

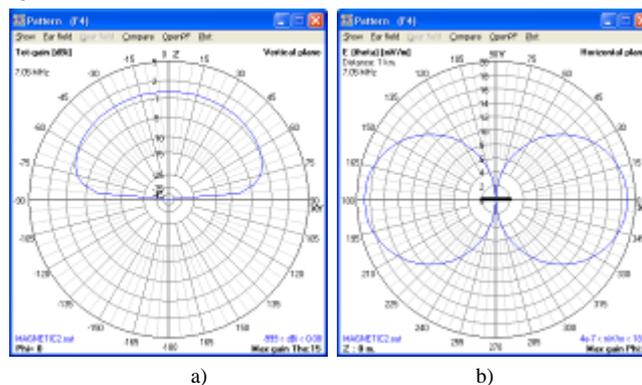


Fig. 5: Diagrama de Radiação Vertical a) e Horizontal b).

Para finalizar recorde que um dipolo de hertz tem um lóbulo de radiação idêntico quando a altura do mesmo, ao solo é de  $\lambda/4$ .

Para esta antena foi desenvolvido um sistema computadorizado que a sintoniza automaticamente na banda de 2 a 16 MHz, em cerca de 2s, mas com frequências pré-sintonizadas leva apenas 5 ms a fazer a comutação. Este tempo é compatível com a utilização em transctores que usem espalhamento espectral por saltos de frequência com até 10 saltos por segundo, em HF.



**1- Fernando Martinho Pimenta**

Sócio- Fundador da AMRAD.  
Titular de CAN CEPT, indicativo CT1EXL  
Licenciado pela Universidade de Aveiro em Engenharia de Eletrónica e de Telecomunicações. Engenheiro de Desenvolvimento na EID, na unidade de comunicações táticas, onde trabalha desde 1997, nas mais diversas áreas, nomeadamente: amplificadores de potência de HF de Banda Larga, combinadores de potência, adaptadores e sistema de sintonia automática de antenas, tanto a nível de hardware como na programação dos sistemas digitais de controlo - DSPs.

Contacto: [ferpimenta@gmail.com](mailto:ferpimenta@gmail.com)