

Em que medida o efeito antena é real em sistemas de cabeamento estruturado e pode ser um impedimento para a transmissão de sinais devido ao acoplamento de ruído por interferência eletromagnética? Este efeito pode ser detectado na certificação do cabeamento?

Paulo S. Marin

*Doutor em EMI/EMC, especialista em infraestrutura de TI
Coordenador da CE 003:046.005 ABNT/Cobei*

(Artigo publicado na Revista RTI, Ano XX, N° 232, setembro/2019)

Essa é uma questão interessante e há muitos mitos e mal entendidos acerca do tema. Vamos entender o que significa o efeito antena e suas eventuais consequências em sistemas de cabeamento estruturado.

Os mitos mais comuns são os seguintes:

- os cabos blindados são mais suscetíveis ao efeito antena que cabos sem blindagem;
- o aterramento da blindagem do cabo em ambas as extremidades do enlace contribui para minimizar o efeito antena.

De fato, qualquer condutor metálico (incluindo a blindagem) pode se comportar como uma antena sob certas condições quando exposto a um campo elétrico ou magnético e acoplar ruído em um canal de transmissão. No entanto, o fenômeno não acontece assim de forma tão simples e em qualquer condição. Na verdade, é raríssimo em sistemas de cabeamento estruturado.

Para entender o assim tão chamado 'efeito antena', é importante entender o que é uma antena. De forma simples e prática, uma antena é um dispositivo que permite a irradiação de uma onda eletromagnética (vou adotar este termo para simplificar a explicação, sendo uma onda eletromagnética a combinação entre campos elétrico e magnético) no espaço, quando utilizada para transmissão. Da mesma forma, quando utilizada para recepção, é um dispositivo que captura a energia de uma onda eletromagnética propagada através do espaço. Assume-se, de forma equivocada, que as características de uma antena são exatamente as mesmas em ambos os modos: transmissão e recepção.

Na prática, isso não se comprova. O principal parâmetro de uma antena operando no modo transmissão é seu ganho de *diretividade*, que pode ser entendido como a forma como a energia da onda eletromagnética é irradiada no espaço. Há que se levar em consideração, também, seu ganho em termos de potência irradiada, pois há perdas na estrutura da antena.

Portanto, se temos uma antena operando em modo transmissão precisamos ter outra operando em modo recepção ou, ainda, precisamos de um enlace de rádio ou enlace de comunicação estabelecido entre as duas antenas e o meio de propagação. Na verdade, não há como falar em

antena sem que haja um enlace, ou seja, um circuito de comunicação entre os dispositivos conectados em ambas as antenas, transmissora e receptora.

Voltando aos parâmetros operacionais, do lado da recepção o principal parâmetro de interesse é a área efetiva de recepção (definida em função do comprimento de onda operacional, comprimento da antena, seu ganho, distância entre transmissor e receptor, entre outros fatores) que permite à antena receptora capturar a energia da onda eletromagnética incidente. Há outros parâmetros auxiliares que são a área efetiva da antena transmissora e seu ganho.

Enfim, a teoria que embasa essa discussão não é trivial, exige uma boa dose de cálculos avançados e não é meu objetivo aqui aprofundar tal discussão. De qualquer maneira, o leitor já deve ter notado a complexidade que envolve os temas antena e enlace de rádio ou comunicação via ondas eletromagnéticas. Para aqueles interessados no assunto, recomendo estudar a equação de Friis, que determina a perda da potência de transmissão no espaço livre.

Portanto, é claro que o simples fato de haver um condutor exposto no espaço não o torna, necessariamente, uma antena. Recapitulando um pouco da discussão anterior, extraímos daí duas informações importantes: comprimento de onda e distância entre as fontes de transmissão e recepção. Isso já é o suficiente para entendermos que um condutor livre no espaço poderá se comportar como uma antena em casos muito específicos para determinados comprimentos de onda, comprimento da “antena” e distância entre esta e a fonte de sinal irradiado no espaço.

Embora o ruído acoplado em um canal de transmissão devido ao efeito antena tenha a possibilidade de afetar seu desempenho, na prática isso é muito pouco provável e depende de:

- condições da instalação, comprimento de onda, potência da onda eletromagnética incidente;
- tipo de cabo, tipo de blindagem, material da blindagem, frequência de operação, etc.

A Figura 1 ilustra de forma simplista a propagação de ondas a partir de um condutor que propaga uma corrente elétrica (condutor interferente) e a cobertura de seu campo no qual se encontra inserido um condutor passivo (que não propaga corrente alguma), que é o condutor interferido.

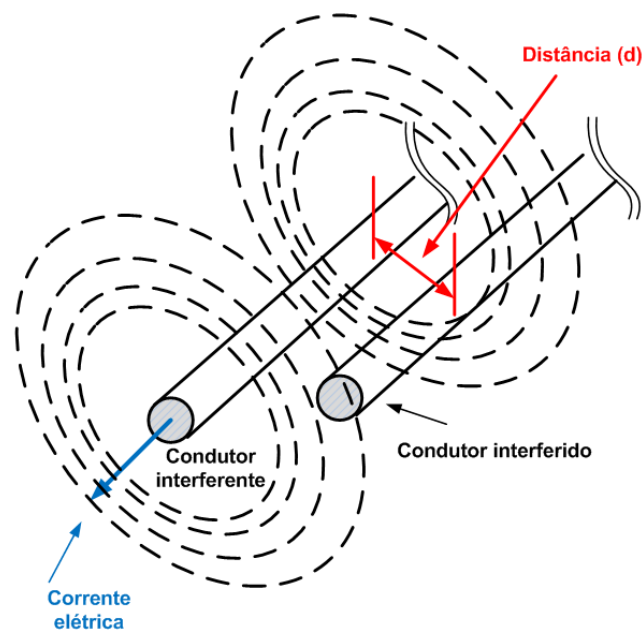


Figura 1 – Esquema mostrando dois condutores que podem se comportar como antenas

Algo que vale destacar a partir da Figura 1 é que, ao contrário do que intuitivamente consideramos, pode haver duas antenas aí: uma operando em modo transmissão e outra em modo recepção. É muito comum, ao falarmos em efeito antena, considerarmos apenas o condutor que opera em modo recepção como uma antena.

Uma onda eletromagnética é formada, então, por campos elétrico e magnético. O campo elétrico é gerado a partir da tensão elétrica (*volt*) aplicada à seção transversal de um condutor e o campo magnético, a partir de corrente elétrica (*ampère*) que flui através de um condutor elétrico. A distâncias superiores a um sexto do comprimento de onda operacional ($\lambda/6$), os campos elétrico e magnético são combinados para formar uma onda eletromagnética completa com seus componentes de campos elétrico e magnético. Até esse limiar, o efeito antena não ocorre na prática. Para citar um exemplo, para uma frequência operacional de 30 MHz e velocidade de propagação de 90% da velocidade da luz no vácuo, a transição para uma onda eletromagnética completa ocorre a uma distância de 1,5 m. Com o aumento da frequência, o tratamento dos condutores como meros emissores de campos elétrico e magnético se torna inadequado.

Outros efeitos ocorrem com o aumento da frequência. Por exemplo, quando λ se aproxima do comprimento da antena, ocorre o efeito de ressonância. Ainda, quando esse comprimento se aproxima de $\lambda/4$ para o tipo mais simples de antena (representada por um segmento unifilar de condutor metálico circular), cem por cento do sinal que se propaga pelo condutor é convertido em campos elétrico e magnético.

Para uma fonte irradiando campos elétrico e magnético, conforme o arranjo mostrado na Figura 1 e, considerando uma NVP (velocidade nominal de propagação) do meio (cabo de cobre) de 70%, podemos construir a Tabela 1 que apresenta a distância para campos elétrico e magnético em função da frequência de operação para antena de comprimento $\lambda/6$ e $\lambda/4$.

Tabela 1 – Distância para campos elétrico e magnético em função da frequência operacional

Frequência (MHz)	Distância (d) para campos elétrico e magnético, $l = \lambda/6$	Distância (d) para campos elétrico e magnético, $l = \lambda/4$
10	3,5 m	5,25 m
30	1,16 m	1,75 m
50	1,7 m	1,04 m
100	0,35 m	0,525 m
250	0,14 m	0,21 m
500	0,07 m	0,105 m

Conforme mostrado na Tabela 1, quanto maior a frequência do sinal interferente, mais próxima a fonte deve estar do condutor interferido para que o efeito antena possa ocorrer.

Para finalizar, o gráfico apresentado na Figura 2 mostra relações entre o comprimento do condutor e a frequência de operação para diferentes condições do efeito antena.

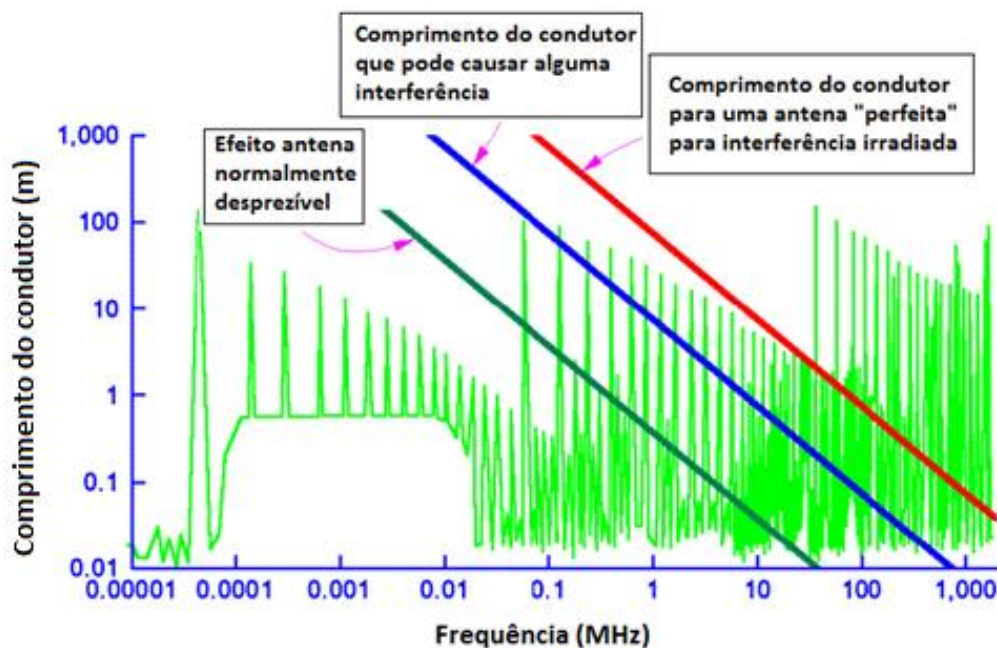


Figura 2 – Comprimento do condutor em função da frequência de operação
Fonte: *Design techniques for EMC, Eur Ing Keith Armstrong, Cherry Clough Consultants, UK*

A curva em azul mostra a relação entre o comprimento do condutor e a frequência de operação que pode causar o efeito antena. Por exemplo, em 100 kHz o efeito antena pode acontecer para um condutor com 8 m de comprimento.

Enfim, respondendo a pergunta inicial, embora o efeito antena seja real, raramente ele ocorre na prática em sistemas de cabeamento levando a erros de transmissão por acoplamento de ruído devido a tal efeito.

Quanto a métodos e equipamentos de testes para a detecção desse efeito, o especialista precisará de um medidor de campo elétrico e magnético, antenas de prova e um osciloscópio ou analisador de espectro. Os equipamentos de certificação do cabeamento não são dotados de capacidade para detectar o efeito antena.