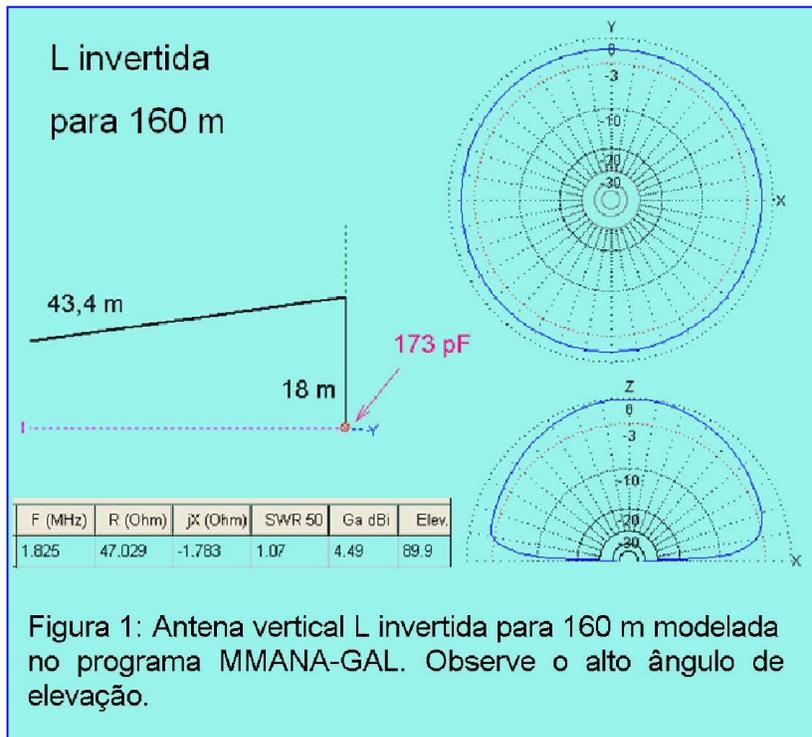


# Antena vertical encurtada para 160 m com baixo ângulo de irradiação

Por Paulo Renato F. Ferreira, PY3PR  
P.O. Box 15, Xangri-lá, RS 95588-970, Brasil  
py3pr@arrrl.net

**P**or residir em um terreno urbano de 24 x 30 m, meus primeiros passos nos 160 m deram-se com uma antena modesta, encurtada e fácil de fazer. A escolha recaiu sobre a “L invertida” (fig. 1), a antena mais popular para a maioria dos estreantes na “top band”. Na ocasião, o fio horizontal media mais de 43m de comprimento e se distribuía de uma forma semi-espiralada ao redor do terreno. A antena não era propriamente uma vertical, pois parte dela irradiava no plano horizontal e, conseqüentemente, tinha um ângulo de elevação de quase 90°. O resultado era uma performance interessante nos contatos até uma distância de 1000 km, mas sofrível nos DX. Com o tempo, passei a perceber quais os predicados que uma antena ideal de DX nos 160 m, instalada num pequeno lote urbano, deveria ter: baixo ângulo de irradiação, algum ganho em relação ao dipolo tradicional, sintonia simples, largura de banda satisfatória, baixo custo e, certamente, caber no meu espaço sem o ziguezague da L invertida. Um desafio enorme, mas tentador...

Nas próximas páginas, abordo a evolução da minha primeira antena até chegar a uma solução mais definitiva e apropriada em termos de DX. Originalmente, publiquei este artigo na revista QST, número de abril de 2010 [ref. 1].



## Chapéus, cargas e perdas

Antenas verticais encurtadas têm baixa impedância no ponto de alimentação (<20 Ω) em relação a um monopolo vertical de ¼ de onda (36 Ω), que costuma medir cerca de 41 m de comprimento. Na antena L invertida, a porção horizontal do fio atua como um chapéu capacitivo - ou “top hat” - que completa a carga faltante na antena para atingir os 50 Ω. A “top hat” consiste numa maneira muito simples e com baixas perdas para compensar o encurtamento vertical da antena. Como o comprimento total do fio (porção horizontal somada à vertical) passa dos 41 m, a impedância no ponto de alimentação chega facilmente

aos 50  $\Omega$ . A reatância capacitiva causada por esse procedimento é adequadamente compensada por um capacitor variável (C1) colocado em série no ponto de alimentação.

O acoplamento para o cabo coaxial de 50  $\Omega$  também pode ser feito de várias outras maneiras, como por exemplo, utilizando um transformador de RF com núcleo toroidal de ferrite, um indutor associado ou não a um capacitor, um transformador de RF com cabo coaxial de  $\frac{1}{4}$  de onda, etc. Essas opções são mais complicadas e algumas delas introduzem perdas ôhmicas. Por exemplo, para sintonizar em 1,8 MHz e tolerar 1000 watts de potência, núcleos toroidais devem ser grandes, requerem o auxílio de um analisador de antenas e podem ser difíceis de encontrar. Os indutores também costumam ser grandes, encurtam a largura da banda, são complicados para sintonizar, causam perdas e diminuem a eficiência da antena. Capacitores, por outro lado, causam menos perdas, oferecem menor complexidade e restringem menos a largura da banda.

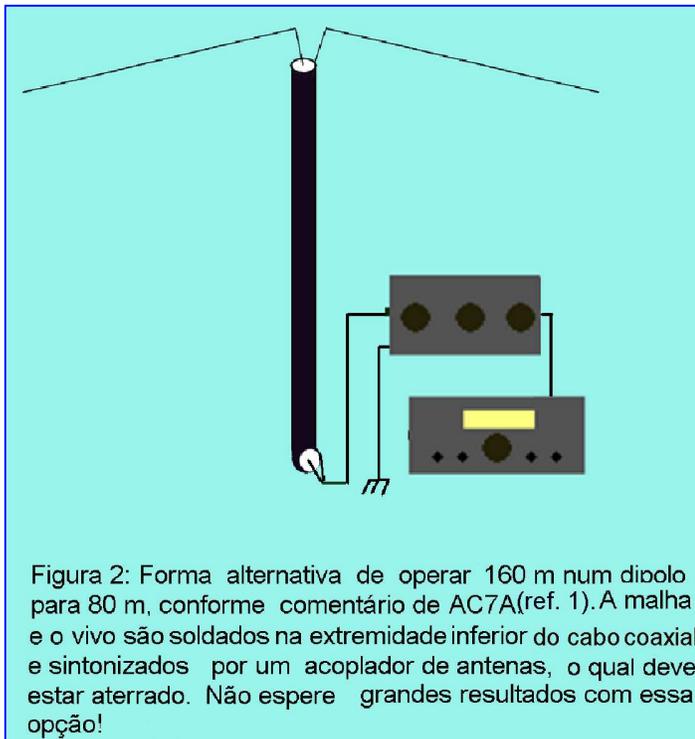


Figura 2: Forma alternativa de operar 160 m num dipolo para 80 m, conforme comentário de AC7A(ref. 1). A malha e o vivo são soldados na extremidade inferior do cabo coaxial e sintonizados por um acoplador de antenas, o qual deve estar aterrado. Não espere grandes resultados com essa opção!

### Entra o acoplamento capacitivo

Insatisfeito pelo longo comprimento da porção horizontal da L invertida, passei a estudar outras formas de carga utilizando comprimentos menores de fio e, ainda assim, tentando obter 50  $\Omega$  no ponto de alimentação. Num certo momento, deparei-me com um interessante artigo de AC7A, publicado na revista QST [ref. 2]. O autor referia-se ao exemplo de um dipolo para 80 m que era utilizado em 160 m, mediante modificações. Ele colocou em curto a extremidade distal do cabo coaxial junto ao acoplador de antenas, o qual foi aterrado (fig. 2). O cabo coaxial tornou-se, então, o irradiante e os braços horizontais do dipolo formaram um chapéu capacitivo. Como esses braços do dipolo estão separados em 180°, as correntes ficam fora de fase, cancelam-se e contribuem pouco para a irradiação. Seguindo esta idéia, fiz algumas adaptações e passei a modelar dois fios no segmento vertical de uma nova antena, como se fossem duas L invertidas conectadas e alimentadas na base.

Utilizando o programa MMANA-GAL [ref. 3], encontrei um arranjo interessante, cuja ressonância ocorreu em 1,825 MHz (fig. 3). A antena resultante foi montada no topo de um poste de eucalipto, imediatamente abaixo de uma Yagi de 2 elementos para 40 m, modelo PP5UA. O segmento vertical (itens C e D) consistiu numa linha aberta com 18 m de comprimento feita por dois fios de cobre #16 AWG correndo paralelos ao poste e soldados na base. Utilizei espaçadores plásticos feitos com mangueirinha de chuveiro para manter a separação entre os fios com 2,5 cm. Entretanto, nada impede que se utilize uma linha aberta comercial com separação de 2,5 cm (“open wire line” de 450  $\Omega$ ). Embora, comercialmente, não seja produzida no Brasil, a construção de uma linha aberta é simples; porém tediosa. Em cada uma das duas extremidades superiores da linha aberta soldei um segmento de fio

de cobre #16 AWG medindo 20,22 m. Por conveniência, baixei as extremidades distais desses dois fios, que ficaram a cerca de 5 m do solo. Esta inclinação não afetou significativamente os resultados. A sintonia foi obtida por um capacitor variável (C1) conectado em série com o condutor central de um cabo coaxial RG-213 (leia o artigo **“Um capacitor variável para alta potência feito por você mesmo”** na minha coluna da Feirinha Digital). A malha desse cabo foi conectada a 60 radiais de  $\frac{1}{4}$  de onda, em média (alguns mediram 25 m, devido às minhas limitações de espaço). Conforme o livro ARRL Antenna Book, 40 ou mais radiais - com no mínimo 0,2 comprimento de onda - podem ser suficientes [ref. 4].

Também simulei no programa o impacto de outras separações da linha aberta, assim como a presença de uma torre metálica, ao invés do poste de eucalipto. Avaliei separações de até 30 cm entre os fios, mas a impedância no ponto de alimentação tendeu a ser inferior a  $50 \Omega$ . Felizmente, o espaçamento de 2,5 cm da linha aberta apresentou o resultado mais prático. A simulação da presença de uma torre metálica, ao invés do poste, separada 30 a 50 cm da linha aberta, revelou leves variações no ganho, no ângulo de irradiação e na impedância, todas facilmente compensadas por pequenas modificações no comprimento dos fios inclinados e nos valores de C1.

Para fins de DX, os resultados obtidos no MMANA-GAL foram muito promissores (fig. 4). A antena mostrou uma irradiação onidirecional e um baixo ângulo de elevação de  $19,6^\circ$ .

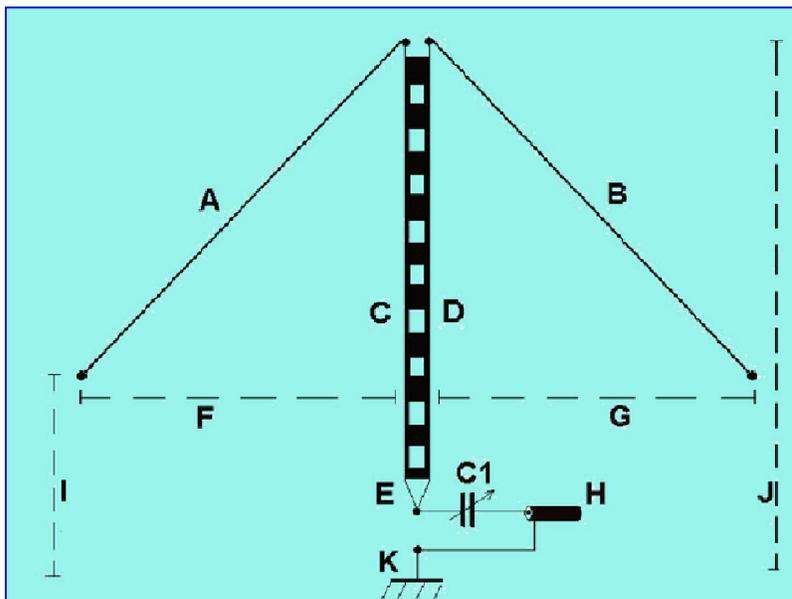


Figura 3: Antena vertical encurtada para 160 m com carga capacitiva e baixo ângulo de elevação projetada pelo autor. As legendas são as seguintes:

- A, B Fios de cobre encapado #16 AWG com 20,22 m de comprimento soldados ao topo dos segmentos C e D, formando um ângulo de  $45^\circ$ , e amarrados a esticadores de nylon nos extremos inferiores.
- C, D 18 m de linha aberta de  $450 \Omega$  ou, alternativamente, dois fios paralelos de 18 m AWG #16 com separação de 2,54 cm.
- C1 capacitor variável de 0-1500 pF com isolamento de 7 KV.
- E Triângulo de 25 cm formado pelas extremidades inferiores da linha aberta soldados firmemente no vértice formando um segmento único e curto de fio conectado a C1.
- F, G 15,5 m: distância entre as extremidades inferiores dos segmentos A e B dos segmentos C e D.
- H Qualquer segmento de cabo coaxial de  $50 \Omega$  (neste caso, RG 213). O condutor central deve ser soldado a C1 e a malha, aos radiais.
- I 5 m: distância entre o solo e as extremidades inferiores dos segmentos A e B.
- J 18,25 m: distância do topo da antena ao solo.
- K Sistema de aterramento composto por 60 radiais de cobre #16 AWG, encapados ou não, com  $\frac{1}{4}$  de onda (a ARRL recomenda acima de 40 radiais).

### Detalhes da construção

Observe que os valores mostrados na figura 4 podem se alterar, dependendo do diâmetro e comprimento dos fios de cobre usados, da separação dos fios da linha aberta, do ângulo entre os fios da linha aberta e os fios inclinados, e do valor de C1. Recomendo que você tenha a mão um analisador de antenas para poder monitorizar os valores da impedância ( $rX$ ) e da reatância ( $jX$ ). Ele facilitará enormemente a sintonia da antena. Como regra geral, se  $rX$  mostrar um valor inferior ao desejado (isto é,  $<50 \Omega$ ), você deve aumentar simetricamente os comprimentos dos fios inclinados. Por cautela, não corte mais do que 5 cm deles a cada medida.

Quando a antena está com a sintonia perfeita, o valor da reatância é zero. Valores próximos a zero também pode ser aceitáveis, desde que a ROE seja menor do que 1,5:1. Caso você obtenha uma alta reatância no analisador, compense-a variando a capacitância de C1.

Alguns analisadores de antena não mostram o sinal da reatância, mas ele pode ser perfeitamente estimado ao aumentarmos ou diminuirmos a frequência levemente. Se a reatância subir com o aumento da frequência, ela é indutiva (negativa). Se descer, é capacitiva (positiva). Na prática, atue simplesmente no capacitor variável e no comprimento dos fios inclinados para obter a menor reatância possível e uma ROE  $<1,5:1$ . No meu caso, obtive a melhor sintonia com cerca de 1000 pF em C1.

Tente manter os fios da linha aberta os mais paralelos e esticados possível, o que impedirá oscilações da impedância e da ROE devido à ação do vento. Igualmente, mantenha esses fios distantes da torre ou de outras estruturas metálicas o máximo possível. Amarre firmemente a extremidade superior da linha aberta na torre ou outro suporte e puxe a linha para baixo. Mantenha a tensão e fixe a extremidade inferior da linha aberta numa vareta fincada no solo (uma barra de aterramento, por exemplo). Para tal, utilize um fio isolante, como nylon de pesca ou nylon-seda. Mantenha em cerca de 20 cm o afastamento entre a extremidade inferior da linha aberta e o solo.

Acondicione C1 numa caixa plástica próxima da extremidade inferior da linha aberta. Alternativamente, você pode substituí-lo por capacitores fixos.

### Resultados

Comparando-se o ângulo de elevação da figura 1 com o da figura 4 ( $89,9^\circ$  versus  $19,6^\circ$ ), observa-se uma nítida melhora em favor da antena vertical com

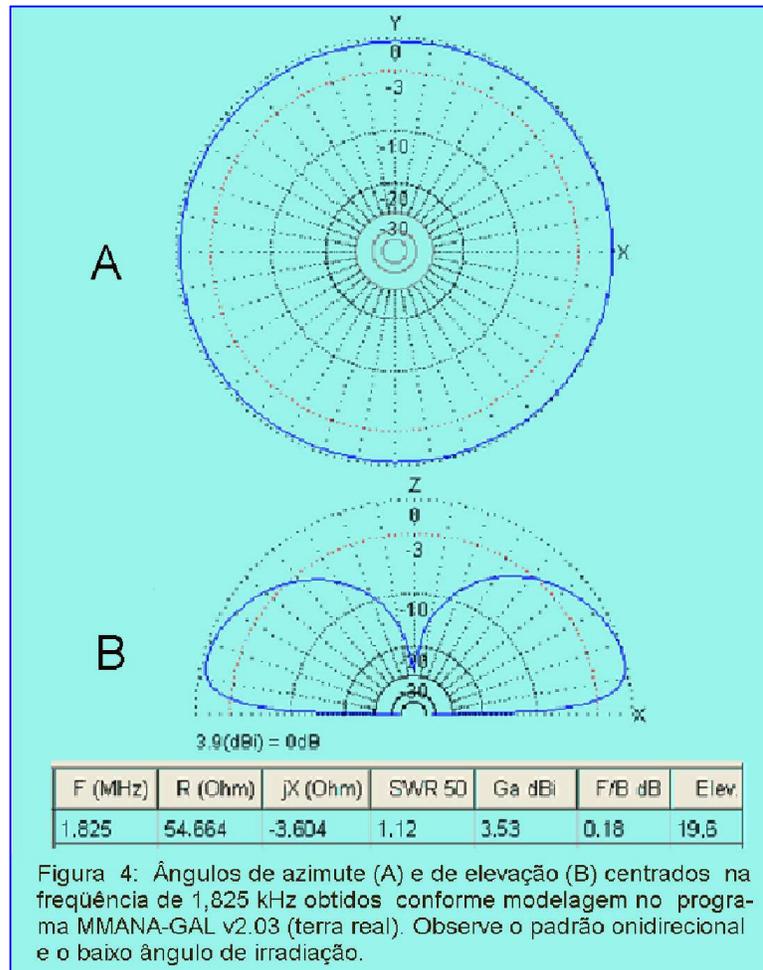


Figura 4: Ângulos de azimute (A) e de elevação (B) centrados na frequência de 1,825 MHz obtidos conforme modelagem no programa MMANA-GAL v2.03 (terra real). Observe o padrão onidirecional e o baixo ângulo de irradiação.

carga capacitiva. Um baixo ângulo de irradiação é condição fundamental para aumentar a eficiência no DX. Esse resultado assemelha-se ao produzido por uma vertical monopolo de  $\frac{1}{4}$  de onda. A largura de banda de 26,2 kHz, dentro de uma ROE <2:1, foi também favorável (fig. 5).

Não notei aquecimento ou centelhamento com potência de 1000 W e um cabo coaxial RG-213.

Considerando que eu já possuía o suporte do poste, o capacitor variável e os radiais, o custo final ficou abaixo dos R\$ 130.

Como uma vertical para a “top-band”, esta antena apresenta um nível de ruído típico na recepção e forma uma boa combinação com a antena Flag, exclusiva para recepção (leia matéria a respeito na minha coluna da Feirinha Digital).

### Em conclusão

Adequar-se ao meu espaço físico limitado e oferecer uma razoável performance nos DX são os principais argumentos a favor desta antena encurtada para 160 m. Entretanto, ela não deixa de ser uma solução alternativa e não tem a intenção de igualar-se a uma vertical monopolo de  $\frac{1}{4}$  de onda. De qualquer modo, após meses de uso, ela me proporcionou enorme satisfação e me sinto muito contente de compartilhá-la com vocês. Confira os “spots” que recebi nos sítios de DX da internet.

Terei prazer de enviar por e-mail as tabelas do MMANA-GAL, caso você deseje modelá-la. Informe-me sobre seus resultados e bons DX na “top band”!

### Referências

1. Paulo Renato F. Ferreira, PY3PR: “A shortened capacitive loaded 160 meter vertical antenna”. QST, Abril de 2010, pág. 41-43.
2. Thomas Kuehl, AC7A: “Build efficient, short vertical antennas”. QST, Março de 1998, pág. 39-44.
3. MMANA-GAL v. 2.03 é uma ferramenta de análise de antenas baseada no “Método do Momento”, introduzido na versão 3 do MININEC. O código fonte básico está publicado como PDS no MININEC. Todas as versões do programa, assim como as versões 2.03 e superiores, usam o MININEC-3 modificado por Alexandre Schewelew, DL1PBD, e são escritas em Borland C++ Ver. 4.0. O MMANA-GAL está disponível gratuitamente em <http://mmhamsoft.amateur-radio.ca/mmana>
4. The ARRL Antenna Book. (21ª edição) pág. 6-36. 2007.

