

ANTENA MULTIBANDA ENCURTADA

PARTE II *

MÁRIO JORGE O. TAVARES, PY5CDL **

NA primeira parte deste artigo, fornecemos uma descrição geral da Antena Multibanda Encurtada. Nesta segunda parte abordaremos os aspectos construtivos, bem como outras informações que serão de utilidade aos interessados em construir esta antena.

Na Fig. 2 temos representada a antena montada pelo Autor, ligada ao equipamento de transmissão. Para facilitar a assimilação, os cálculos e dados para confecção de cada componente, bem como as demais etapas da construção, serão tratados separadamente.

COMPONENTES DA ANTENA E ASPECTOS CONSTRUTIVOS

Indutor

Segundo a literatura consultada, o indutor deve ter aproximadamente $4,7 \mu\text{H}$. O enrolamento deve ser feito com fio de cobre de 2,05 mm de diâmetro (12 AWG), sobre fôrma com um diâmetro de 63,5 mm (2,5"), com

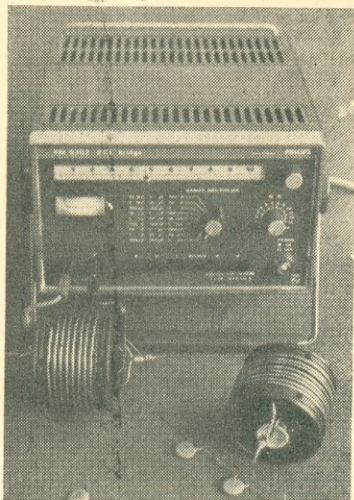


FOTO II — Ajuste do indutor, utilizando uma ponte RCL, Philips PM 6302. Observe que foi propositadamente inserido o isolador tipo "castanha", a fim de obter-se a condição mais real possível. Efetuou-se, com a ponte, a escolha entre capacitores (com 56 pF nominais), de valor tal que um par em série obtivesse os 27 pF desejados.

nove espiras, espaçadas de uma espira (\approx seis espiras por polegada, ou passo = 4,2 mm). Em nosso caso, adotou-se uma luva de eletroduto de PVC marca "Tigre", com diâmetro externo de \approx 69 mm.

O número de espiras foi determinado através da expressão:

$$N = \frac{10 LP \pm \sqrt{(10 LP)^2 + (1,42 LR^3)}}{0,079R^2} \quad (9)$$

onde:

- N = n° de espiras do indutor
- L = indutância da bobina em μH (4,7 μH , no caso)
- P = passo em mm (4,2 mm, no caso)
- R = raio médio da bobina em mm (34,5 mm, no caso = 69/2)

Aplicando-se a expressão (9), obtém-se:

$$N = \frac{(10 \times 4,7 \times 4,2) + \sqrt{(10 \times 4,7 \times 4,2)^2 + (1,42 \times 4,7 \times 34,5^3)}}{0,079 \times 34,5^2}$$

$$N = \frac{197,4 + \sqrt{313\,025,39}}{94,0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N = \frac{197,4 + 559,5}{94,0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N = \frac{756,9}{94,0} \Rightarrow N \approx 8,0 \text{ espiras}$$

A expressão (9) foi deduzida da equação básica:

$$L = \frac{N^2 \times 0,0394R^2}{9R + 10A} \quad (10)$$

onde:

- L = indutância da bobina em μH
- N = n° de espiras
- 0,039 = inverso da conversão de uma polegada em mm

$$\left(\frac{1}{25,4} = 0,0394 \right)$$

- 9 e 10 = constantes da expressão
- R = raio médio da bobina em mm
- A = comprimento da bobina em mm

Considerando que o comprimento (A) da bobina é igual ao número de espiras (N) multiplicado pelo passo das espiras (P), ou seja: $A = N \cdot P$ (Fig. 3), substituindo na expressão (10), obtém-se:

$$L = \frac{N^2 \times 0,0394R^2}{9R + 10NP}, \text{ ou:}$$

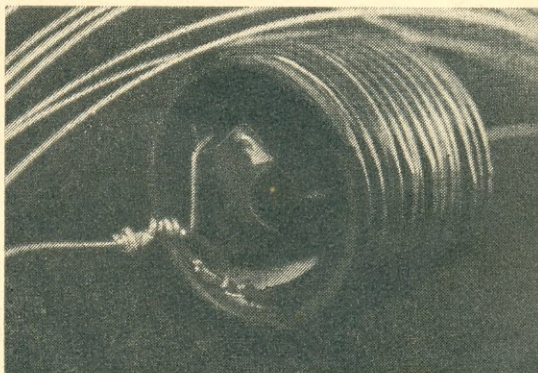
$$L(9R + 10NP) = 0,0394N^2 \cdot R^2, \text{ igualando-se a zero, obtém-se.}$$

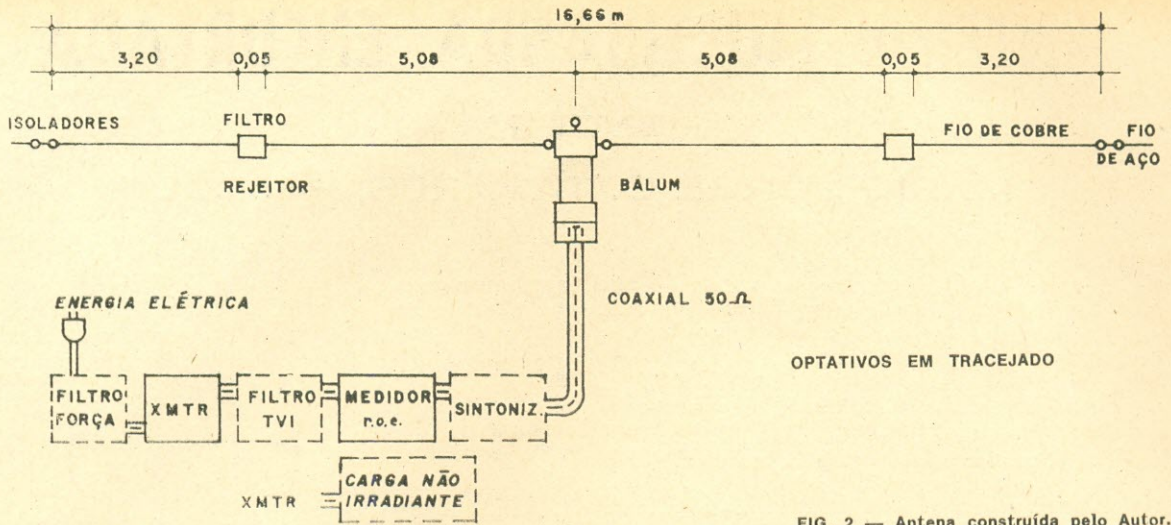
$$0,0394R^2N^2 - 10LPN - 9LR = 0.$$

(*) Parte I: *Eletrônica Popular*, vol. 51, nº 1, julho de 1981.

(**) Técnico em Telecomunicações do SERCONTEL.

FOTO III — Filtro rejeitor depois de pronto, com o devido acabamento.





OPATIVOS EM TRACEJADO

FIG. 2 — Antena construída pelo Autor.

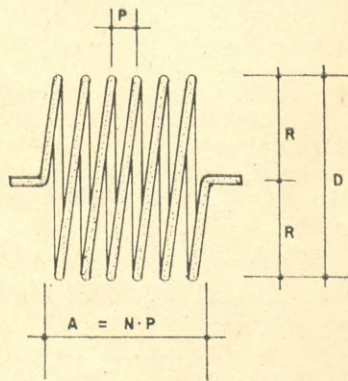


FIG. 3 — Nesta figura vemos que o comprimento do enrolamento (A) é igual ao número de espiras (N) multiplicado pelo passo (P).

Tal equação de 2º grau pode ser solucionada, através da fórmula de Báscara:

$$X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (11)$$

onde:

- x = N
- a = 0,0394R²
- b = -10LP
- c = -9LR, ou seja:

$$N = \frac{-(-10LP) \pm \sqrt{(-10LP)^2 - 4(0,0394R^2) \cdot (-9LR)}}{2(0,0394R^2)}$$

ou, como já vimos na expressão (9):

$$N = \frac{10LP \pm \sqrt{(10LP)^2 + 1,42LR^3}}{0,079R^2} \quad (N.A.1)$$

Após enroladas as oito espiras na luva de PVC, ajustou-se, com o auxílio de uma ponte RCL (Foto II), a indutância em 4,7 μH,

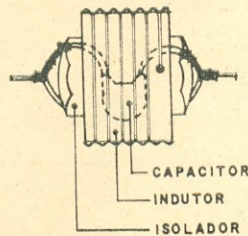


FIG. 4 — Com o ressonímetro e o freqüencímetro determina-se a freqüência de ressonância do filtro rejeitor, que deve ser em torno de 14,1 MHz.

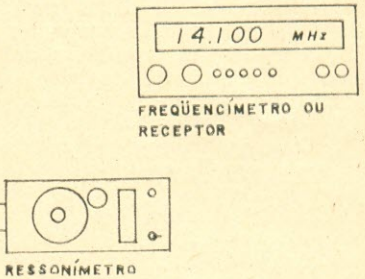
o que foi conseguido com aproximadamente 7,8 espiras.

Capacitor

Para que o filtro rejeitor ressoe em torno dos 14,1 MHz, o capacitor deve ter cerca de 27 pF, podendo tal valor ser calculado através da expressão (3) apresentada na primeira parte, e que

$$iremos repetir: C = \frac{25330}{(Fr)^2 \cdot L}$$

Para suportar potências de até 1 kW, a literatura recomenda o uso de capacitores de cerâmica



56 pF cada, com ± 10% de tolerância e isolamento de 5 kV, ligados em série, formando um conjunto de 28 pF × 10 kV (veja Foto II). Após soldados os capacitores no interior da bobina, aproximou-se um ressonímetro, efetuando um acoplamento o mais frouxo possível e, através de um freqüencímetro digital, leu-se a freqüência em que se obteve o "mergulho" no ressonímetro, tendo esta sido próximo aos 14,1 MHz procurados (Fig. 4).

Caso a freqüência obtida no filtro rejeitor seja inferior à desejada, pode-se ou diminuir cuidadosamente o número de espiras, ou a capacitância.

No caso de capacitores tipo cerâmica-disco, diminui-se a ca-

N.A.1 — Através da calculadora tipo A (L/C/F Calculator Type A) da ARRL, pode-se efetuar cálculos diretos, envolvendo indutância, capacitância, freqüência, comprimento de onda e enrolamento de bobinas de uma só camada.



FOTO IV —
Balum BN100
da Soundy, após
as modificações
realizadas.

pacitância, esmerilhando com atenção a borda dos mesmos, passando-se em seguida lixa d'água nº 400, usando-a a seco, até que o dielétrico fique completamente branco, o que indica ter sido retirada a carbonização, poeira e demais contaminações. Após se conseguir com o ressonômetro a frequência desejada, deve-se "lacrar", com verniz ou resina isolante, o capacitor, a fim de que suas características elétricas não fiquem demasiadamente comprometidas.

Após ter sido efetuada tal medição, soldaram-se os fios do dipolo, aplicando-se duas "demãos", intervaladas de uma hora, do "Anti-Corona Philips" (código 4822 389 50069), em aerossol, sobre toda a bobina e capacitores, visando obter uma boa proteção e estabilidade do filtro rejeitor.

Depois de bem seco, passou-se fita elétrica de autofusão nº 23 e, por cima, fita isolante nº 33, ambas da Scotch, 3M (Foto III).

Balum

Utilizou-se o BN100 da Soundy, no qual se colocou com "Araldite" comum uma "pingadeira" de PVC marca "Tigre", visando evitar a penetração de águas pluviais no conector coaxial (Foto IV). Considerando-se a natureza de metais diferentes, passou-se "Araldite" comum nas ligações, a fim de evitar, ao máximo, a ocorrência de corrosão galvânica (ocasionada entre metais diferentes).

Quando dois metais diferentes são postos em contato, em presença de umidade aparece uma d.d.p., que, quanto maior for, maior será a corrosão, mesmo que os metais "não sejam do tipo que enferrujam". Como exemplo, vemos na Tabela IV que, enquanto o latão com o cobre originam uma tensão de aproximadamente 0,04 V, o latão, quando é posto

Coaxial

Apesar das características do cabo coaxial RG-213/U serem bastante tentadoras (conforme apresentamos na Tabela III, na primeira parte), a necessidade de 70 m, e a baixa potência do transmissor (200 W de entrada), levou o Autor a adquirir o RG-58C/U.

Não houve preocupação em se utilizar múltiplos inteiros de meia onda para o coaxial, face à antena operar em quatro faixas.

Enquanto no vácuo e no ar, a velocidade de propagação das on-

Metal	Cobre	Latão	Ferro	Alumínio	Estanhado	Zinco	Chumbo	Cádmio
Cobre	—	0,04 V	0,78 V	0,60 V	0,50 V	0,98 V	0,46 V	0,65 V
Latão	0,04 V	—	0,90 V	0,60 V	0,50 V	1,04 V	0,48 V	0,64
Ferro	0,78	0,90	—	0,20	0,32	0,10	0,36	0,14
Alumínio	0,60	0,60	0,20	—	0,08	0,32	0,01	0,15
Estanho	0,50	0,50	0,32	0,08	—	0,40	0,04	0,15
Zinco	0,98	1,04	0,10	0,32	0,40	—	0,41	0,28
Chumbo	0,48	0,48	0,36	0,01	0,04	0,41	—	0,20
Cádmio	0,65	0,64	0,14	0,15	0,15	0,28	0,20	—

TABELA IV — Dois metais com potenciais de oxidação diferentes, estando em contato e em presença de umidade, geram uma diferença de potencial entre eles que provocará o fenômeno da corrosão galvânica.

em contato com o zinco, forma cerca de 1,04 V (uma verdadeira pilha). Tal distúrbio é visível em antenas de televisão, quando poucos têm o cuidado de proteger convenientemente as conexões das intempéries.

das eletromagnéticas é praticamente 300×10^6 m/s, nas linhas de transmissão tal velocidade é bem inferior.

Para os cabos da Tabela III (1ª parte), a velocidade é da ordem de 198×10^6 m/s, ou seja,

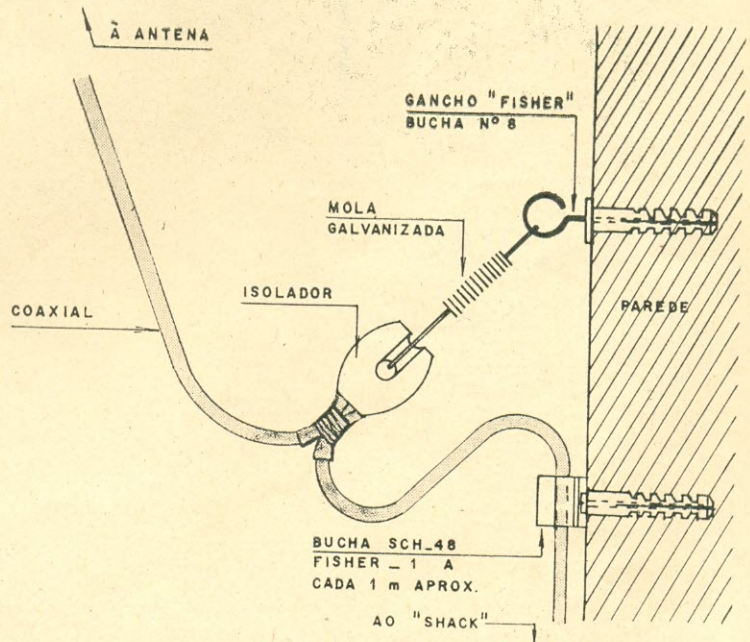


FIG. 5 — Sistema adotado pelo Autor para fornecer um amortecimento contra o efeito dos ventos sobre o cabo coaxial.

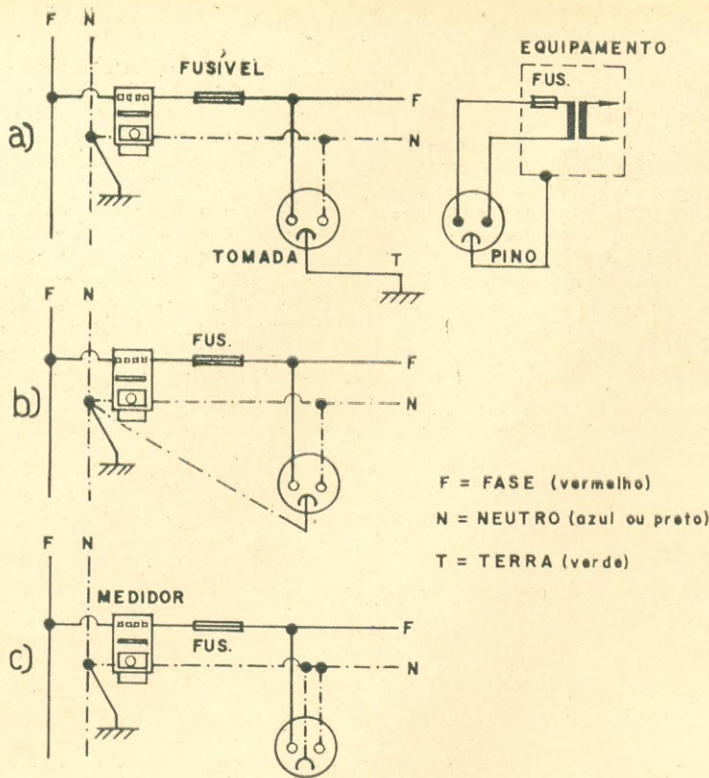


FIG. 6 — A condição ideal para se aterrar o chassi do equipamento é através de um condutor independente (a); em b o aterramento é feito ligando-se um condutor ao neutro e, finalmente, o sistema adotado pelo Autor foi utilizar diretamente o neutro (c).

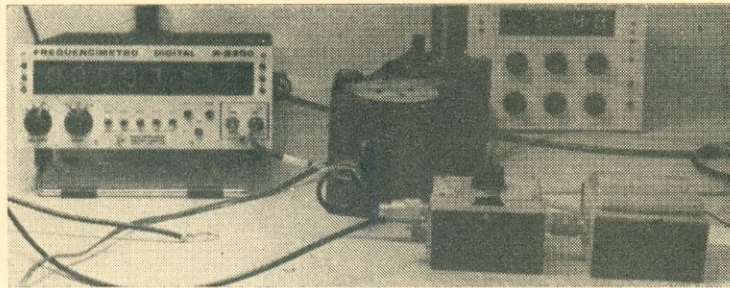


FOTO V — Arranjo para se determinar o comprimento de um cabo coaxial.

Centelha-dor PTT —	Tensão de disparo (V C.C.)
16-A	150... 300
16-B	300... 500
16-C	500... 900

Capacitância entre eletrodos
 A e B ≤ 1,0 pF
 A e T, B e T ≤ 2,5 pF

ESQUEMÁTICO

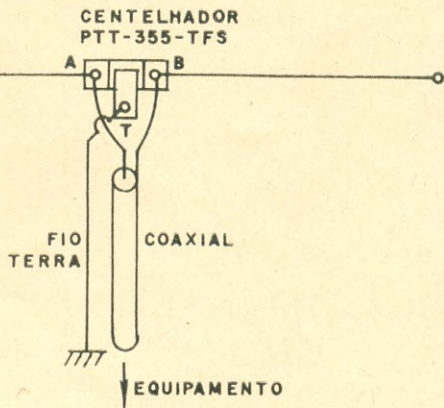
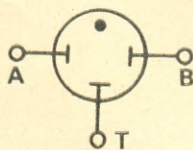


FIG. 7 — Configuração sugerida pelo fabricante para se fazer a proteção do equipamento. O centelhador deve ficar em paralelo com o isolador central (ou o balun) a fim de não ficar submetido a esforços físicos demasiados.

66% da velocidade das ondas no vácuo. Por isso, diz-se que o fator de velocidade (f_v) é igual a 0,66. Considerando que uma linha de transmissão, quando cortada em múltiplos inteiros de meia onda, reflete numa extremidade a impedância da extremidade oposta, pode se calcular teoricamente o comprimento de qualquer linha de transmissão, através da expressão básica:

$$l_c = \frac{150 \times f_v \times K}{F} \quad (12), \text{ onde:}$$

l_c = comprimento do cabo de transmissão, em metros

150 = constante, cuja origem já foi explicada na primeira parte

f_v = fator de velocidade da linha de transmissão. Para os cabos coaxiais já vistos = 0,66 e, para as linhas paralelas (utilizadas em antenas de TV e FM), = 0,82 aproximadamente

F = frequência em MHz.

Assim, para os coaxiais mencionados, ter-se-á:

$$l_c = \frac{150 \times 0,66 \times K}{F}, \text{ ou}$$

$$l_c = \frac{99K}{F} \quad (13), \text{ ou seja:}$$

o comprimento de um cabo coaxial, cortado a $\lambda/2$ ou múltiplos deste valor, para a frequência de

$$7,148 \text{ MHz será } l_c = \frac{99}{7,148}$$

$l_c = 13,85 \text{ m}$ ou múltiplos inteiros (K), ou seja:

$13,85 \times 2 = 27,70 \text{ m};$
 $13,85 \times 3 = 41,75 \text{ m, etc.}$

Para as linhas paralelas de 300Ω , ter-se-á:

$$I_c = \frac{150 \times 0,82 \times K}{F}, \text{ ou seja:}$$
$$I_c = \frac{123K}{F} \quad (14).$$

Como o f_v é um valor aproximado, o comprimento correto pode ser determinado com o arranjo na Foto V, composta de um ressonômetro, um antenoscópio (veja quadro no final deste artigo) e um monitor de frequências (freqüencímetro Radionave R-8300, no caso).

Reestruturando a fórmula (12)

$$\text{teremos: } f_v = \frac{F \times I_c}{150 \times K} \quad (15), \text{ e}$$

com esta nova fórmula o Autor obteve, para o cabo coaxial utilizado, um f_v de aproximadamente 0,649 (N.A.2).

Nas duas extremidades do cabo coaxial, utilizou-se conector coaxial "Whinner" tipo QM-2 (com banho de platina). Após estanhado, injetou-se Adesivo-Selador de borracha siliconizada "Dow Corning", para evitar a penetração de umidade pelos furos do conector, que degrada precocemente as qualidades do coaxial. Para diminuir a fadiga natural do cabo, junto aos conectores, passou-se fita de Auto-Fusão nº 23 e, por cima, fita elétrica nº 33 da Scotch (3M). Para amortecer a ação dos ventos sobre o cabo coaxial adotou-se o sistema da Fig. 5, levando-se em conta o raio mínimo de curvatura a que pode ser submetido (Tabela III — 1ª parte). Na entrada do cabo no "shack", através de uma caixa de passagem, empregou-se um protetor de borracha fixado ao "espelho". (Tal protetor é utilizado na extremidade dos cabos de enceradeiras.)

Isoladores

Foram utilizados os do tipo "castanha" marrom vitrificados, de uso comum em eletricidade.

N.A.2 — Veja em E-P, junho 1980, pág. 49, o artigo de Iwan Th. Halász, PY2AH, sobre cabos coaxiais nacionais.

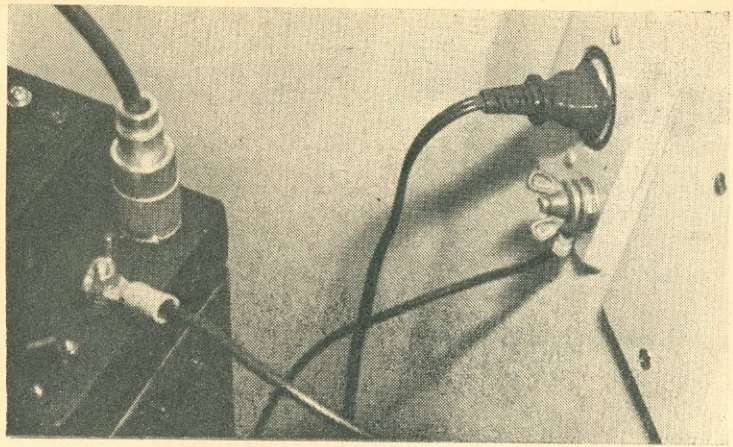


FOTO VI — Aspecto da ligação à terra do equipamento do Autor.

Fio de aço

Adotou-se o fio de aço galvanizado de 2,1 mm de diâmetro (14 BWG) enrolando-se o excedente na base do mastro, devidamente fixado com parafusos fendidos. Tal procedimento possibilitará, quando necessário, baixarse a antena.

Aterramento

Visando prevenir, não só a eventualidade de choques elétricos, como também TVI, interligou-se com um fio flexível de 2,05 mm de diâmetro (12 AWG), de cobre isolado, através de terminais adequados nos extremos, o chassi do equipamento, ao neutro de energia elétrica (Foto VI).

Tal prática, salvo melhor juízo, pode ser adotada, desde que: a) O neutro esteja convenientemente aterrado; b) O neutro não sofra qualquer interrupção, enquanto houver fase; c) O neutro não seja fácil caminho de entrada ou saída de radiointerferências; d) O chassi do equipamento esteja isolado da rede de energia elétrica, através de transformador na fonte de alimentação (N.A.3).

Na Fig. 6 constam exemplos típicos de proteção elétrica junto ao equipamento (vinculação à terra). Visando atenuar, ou mesmo eliminar a maioria dos danos normalmente provocados por descargas atmosféricas e congêneres (N.A.4), pode-se instalar um

N.A.3 — Sobre sistema de aterramento, ver, do Autor, Revista Monitor de Rádio e TV, maio de 1977, pág. 49.

N.A.4 — Sobre descargas elétricas atmosféricas, ver, do Autor, Revista Monitor de Rádio e TV, maio e junho de 1978.

centelhador junto à antena. Na Fig. 7 temos a configuração sugerida pela "Elma" para o PTT-355-TFS, que contém um centelhador tripolar a gás, tipo PTT-16B, capaz de suportar, em média, mais de dois mil e quinhentos surtos de tensão.

A ampola do centelhador tripolar contém gás nobre, o qual oferece elevada resistência de isolamento entre eletrodos ($> 1 \text{ G}\Omega$ sob tensão de 100 V C.C.). Contudo, se entre os eletrodos e a tomada de terra aparecer um surto de tensão suficiente para ionizar o gás (Fig. 7), ocorrerá condução simultânea entre os eletrodos "A" e "B" e a terra ("T").

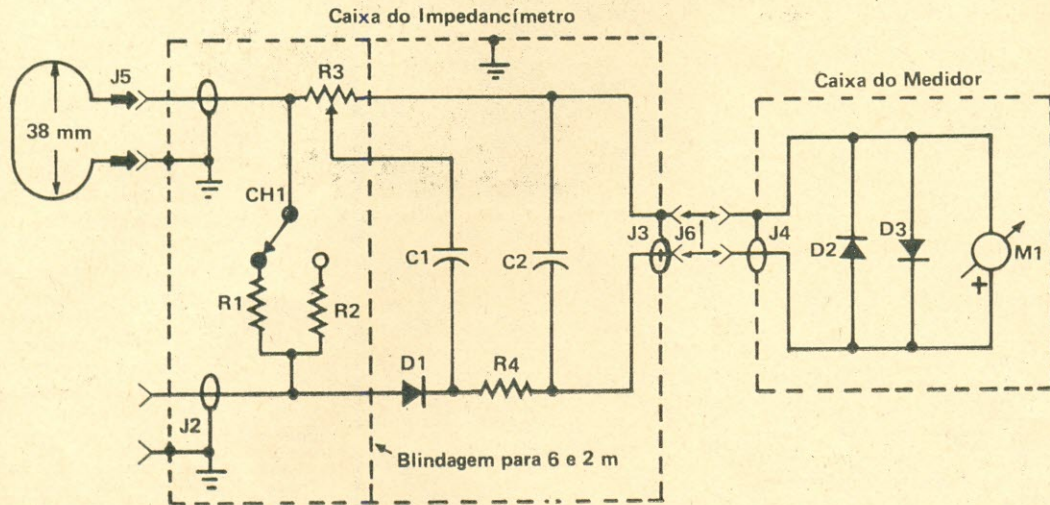
Tal ação normalmente evita que surtos de tensão danifiquem componentes eletrônicos, destruam parcialmente conexões (gerando ruídos), bem como provoquem outros defeitos e falhas no equipamento (transceptor, no caso).

Face à localização do "shack" do Autor, os testes de campo foram realizados numa antena dipolo de $\lambda/2$, do Colli, PY5VD (equipada com o arranjo apresentado em E-P de set./out. de 1979, pág. 204), seu transmissor Yaesu FT-200 ($\approx 100 \text{ W}$ de saída) e um medidor de r.o.e. (potência e sintonizador) Drake MN-2000. O centelhador ficou em paralelo com o isolador central. Sem centelhador, a frequência de ressonância (menor r.o.e.) era de 14,15 MHz e, com o centelhador, a frequência sofreu desvio para 14,20 MHz. Quem pretender tal proteção, a antena deve, pois, ser ajustada após sua instalação.

Evidentemente, não existe proteção mais segura do que a de desconectar a antena do equi-

Sobre o uso e construção de um antenoscópio ou impedancímetro para antenas, veja, do Autor, E-P set./out. 1975, pág. 177. Queremos esclarecer certas dúvidas levantadas por alguns colegas, como PY3AKL, ao que o Autor agradece:

- a) O desenhista "engoliu" alguns pontos, daí reproduzir-se o diagrama esquemático, pedindo a cada leitor para efetuar as correções em seus exemplares.
- b) É normal não obter-se um "bom zero" em 80 e 40 m principalmente, pois os sinais de "broadcasting", normalmente intensos, são retificados por D1, sendo detectados através de M1.



pamento, sempre que não se esteja operando, ou houver mau tempo.

A segunda parte deste artigo terminaremos por aqui, e da terceira e última parte constarão os ensaios e resultados obtidos.

Bibliografia Básica

- La práctica de antenas — Guilbert — Ed. Marcombo.
- Catálogos da Pirelli e KMP (cabos coaxiais).
- Catálogos e informações da Elma PTT.

- Reference Data for Radio Engineers — Howard W. Sams — ITT — 1969.
 - Instalaciones Eléctricas — Tomo II — Siemens — Editorial Dossat — 1975. (OR 1794)
- (Conclui no próximo número)**

NOVOS PRODUTOS

GABINETES ENGENHO

A Spectrum Equipamentos Eletrônicos Ind. e Com. acaba de fazer um lançamento que vai agradar muito a todos os leitores que gostam de fazer suas próprias montagens, seja através de circuitos projetados ou "kits": é o Gabinete Engenho para Kits.

O gabinete, em chapa de alumínio, vem em três modelos — K1201 (240 X 200 X 76 mm), K1202 (240 X 200 X 114 mm) e K1203 (240 X 200 X 152 mm) —, todos com pintura de alta resistência mecânica. Como acessórios, acompanham o gabinete: 2 cantoneiras grandes, 2 cantoneiras pequenas, 1 chapa multiperfurada, 1 chapa sem pintura para treinamento, 8 espaçadores cilíndricos com rosca, 4 pés de borracha, 1 suporte de bateria L, 1 suporte de bateria Z, 12 arruelas lisas, 12

arruelas pretas, 16 arruelas de pressão, 28 parafusos cilíndricos, 8 parafusos pretos e 20 porcas.

O manual que acompanha o gabinete é um capítulo à parte: simplesmente excelente! Abrange a descrição do gabinete, características e utilidades; lista do material (ferramentas) necessário para uma montagem; instruções e dicas para a disposição dos componentes (anexos vêm, inclusive, os gabaritos dos painéis!); vista expandida do gabinete; instruções para montagem e furação; dicas de arte-final para um acabamento profissional do equipamento; instruções para a fixação de componentes na chapa perfurada (circuitos impressos, transformadores, etc.). São 16 páginas e 22 figuras, detalhando, cuidadosamente, tudo o que o montador precisa saber.

Os leitores interessados em mais detalhes sobre os gabinetes Engenho poderão obtê-los escrevendo para: Spectrum Equipamentos Eletrônicos Ltda. — a/c CA TEL, Deptº 2031/190 — C.P. 5596, 01000 S. Paulo, SP.

