



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

MANUAL DE ANTENAS DE CAMPO E CONSTRUÇÃO ARTESANAL

Radiocomunicações Expedicionárias e Engenharia de Fortuna



1ª EDIÇÃO, V1 – AGOSTO DE 2026 | Lisboa, Portugal

**Autor: José Elias | Revisão Técnica e Ortográfica: Paulo Pereira e Luís Lourenço | Design e
Paginação: José Elias | Ilustrações: Geradas por Inteligência Artificial (Gemini)**

***Direitos de Autor e Partilha (Licença de Uso):** © 2026 Clube B.E.A.R. e José Elias. Esta obra destina-se a apoiar a comunidade. O seu uso é livre e gratuito. É permitida a partilha, reprodução e distribuição total ou parcial deste manual, em formato físico ou digital, exclusivamente para fins não comerciais, desde que seja garantida a atribuição e o devido crédito aos autores e ao Clube B.E.A.R. Proibida a venda ou uso lucrativo desta obra.

***Aviso Legal e Isenção de Responsabilidade (Disclaimer):** Este manual foi desenvolvido pelo Clube BEAR para publicação na Academia BEAR com intuíto exclusivamente informativo, pedagógico e prático no âmbito das radiocomunicações. O conteúdo aqui exposto não substitui o cumprimento rigoroso da legislação portuguesa aplicável, em especial a regulamentação da Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM), o Quadro Nacional de Atribuição de Frequências (QNAF) e os limites de exposição eletromagnética fixados pela ICNIRP. O Clube BEAR, a Academia BEAR, os autores e colaboradores declinam expressamente qualquer responsabilidade civil, contraordenacional ou criminal por eventuais danos pessoais, materiais, sanções legais ou interferências causadas pela execução, construção artesanal ou operação incorreta dos equipamentos e antenas descritos. Cabe ao utilizador, enquanto cidadão e operador, garantir a obtenção das devidas licenças operacionais, assegurar o cumprimento dos limites normativos de potência e emissão — nomeadamente nas faixas PMR446 e CB — e adotar as devidas medidas de prevenção de acidentes elétricos, quedas e queimaduras por radiofrequência no terreno.

Website: www.clubebear.pt E-mail: geral@clubebear.pt



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Título: Manual de Antenas de Campo e Construção Artesanal

Subtítulo: Radiocomunicações Expedicionárias e Engenharia de Fortuna

Edição: 1ª Edição, V1 – Agosto de 2026

Local de Edição: Lisboa, Portugal

Autor: José Elias

Revisão Técnica e Ortográfica: Paulo Pereira e Luís Lourenço

Design e Paginação: José Elias

Ilustrações: Geradas por Inteligência Artificial (Gemini)

Contactos Website: www.clubebear.pt E-mail: geral@clubebear.pt

Direitos de Autor e Partilha (Licença de Uso): © 2026 Clube B.E.A.R. e José Elias. Esta obra destina-se a apoiar a comunidade. O seu uso é livre e gratuito. É permitida a partilha, reprodução e distribuição total ou parcial deste manual, em formato físico ou digital, exclusivamente para fins não comerciais, desde que seja garantida a atribuição e o devido crédito aos autores e ao Clube B.E.A.R. Proibida a venda ou uso lucrativo desta obra.

Aviso Legal e Isenção de Responsabilidade (Disclaimer): Este manual foi desenvolvido pelo Clube BEAR para publicação na Academia BEAR com intuítos exclusivamente informativos, pedagógicos e práticos no âmbito das radiocomunicações. O conteúdo aqui exposto não substitui o cumprimento rigoroso da legislação portuguesa aplicável, em especial a regulamentação da Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM), o Quadro Nacional de Atribuição de Frequências (QNAF) e os limites de exposição eletromagnética fixados pela ICNIRP. O Clube BEAR, a Academia BEAR, os autores e colaboradores declinam expressamente qualquer responsabilidade civil, contraordenacional ou criminal por eventuais danos pessoais, materiais, sanções legais ou interferências causadas pela execução, construção artesanal ou operação incorreta dos equipamentos e antenas descritos. Cabe ao utilizador, enquanto cidadão e operador, garantir a obtenção das devidas licenças operacionais, assegurar o cumprimento dos limites normativos de potência e emissão — nomeadamente nas faixas PMR446 e CB — e adotar as devidas medidas de prevenção de acidentes elétricos, quedas e queimaduras por radiofrequência no terreno.



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Índice

Introdução.....	5
Princípios Fundamentais de Operação no Terreno	6
Metodologia e Estrutura do Manual	7
Capítulo 1: Enquadramento Legal, Licenciamento e Segurança Eletromagnética em Portugal	8
1.1. Enquadramento Regulatório da ANACOM e o Quadro Nacional de Atribuição de Frequências (QNAF)	8
1.2. Distinção Fundamental de Conceitos: PMR Profissional vs. PMR446	9
1.3. Regimes Operacionais Isentos de Licença em Portugal	10
1.4. Serviço de Amadorismo de Rádio	11
1.5. Limites de Exposição Humana a Campos Eletromagnéticos (ICNIRP)	12
1.6. Segurança Mecânica e Elétrica no Terreno	13
Capítulo 2: Radiopropagação e Teoria Fundamental Aplicada ao Campo	14
2.1. O Espectro por Faixas de Operação: HF, VHF/UHF e SHF/ISM	14
2.2. Equações Fundamentais: Comprimento de Onda, Frequência e Velocidade de Propagação	15
2.3. Impedância Característica, Ressonância e Razão de Onda Estacionária (ROS / SWR)	17
2.4. Ganho, Ângulo de Radiação e Propagação NVIS vs. DX	18
2.5. Sistemas de Terra: Terra de RF, Terra de Proteção Elétrica e Contrapeso	19
Capítulo 3: Topologias de Antenas Organizadas por Serviço e Aplicação	20
3.1. Antenas para Faixa do Cidadão (CB - 27 MHz)	20
3.2. Antenas para PMR446 (446 MHz)	21
3.3. Antenas para VHF e UHF (144 MHz / 430 MHz)	22
3.4. Antenas para Redes Mesh / LoRa (868 MHz)	23
3.5. Antenas HF de Campo para Longa Distância (1,8 MHz a 30 MHz)	24
3.6. Loops Magnéticos Pequenos (STL - Small Transmitting Loop)	25
Capítulo 4: Materiais, Linhas de Transmissão e Componentes Artesanais	26
4.1. Seleção de Condutores Flexíveis	26
4.2. Dielétricos, Isoladores Artesanais e Impressão 3D de Componentes	28
4.3. Correntes de Modo Comum, Chokes de RF e Núcleos de Ferrite	30
4.4. Construção de Transformadores de Impedância (Baluns e Ununs)	32
4.5. Tipologias de Linhas de Transmissão	35
4.6. Análise Comparativa e Controlo de Qualidade em Cabos Coaxiais	37
4.7. Conectorização, Estanquidade e Alívio de Tensão Mecânica	39



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Capítulo 5: Projetos Práticos de Construção de Antenas de Fortuna por Cenário	42
5.1. Projeto 1 — Antenas Táticas para CB (27 MHz)	42
Projeto A: Montagem Veicular Ressonante de Alto Rendimento	42
Projeto B: Antena de Fio de Alto Ganho para Rádio Portátil (ex: President Randy III)	44
5.2. Projeto 2 — Extensão de Alcance Tática para PMR446 (446 MHz)	46
Projeto A: Refletor de Canto Passivo (<i>Corner Reflector 90°</i>)	46
Projeto B: Laço de Acoplamento Indutivo por Proximidade	48
5.3. Projeto 3 — Antenas VHF/UHF Dual-Band de Campo: Soluções Táticas de Elevado Rendimento	50
Projeto A: Slim-Jim Flexível "Roll-Up" em Fita Dupla de 300 Ω (Mochila / Manpack)	50
Projeto B: Antena Vertical Dual-Band Mastro-Integrada em Cana de Pesca Telescópica (Elevação Tática de Altitude)	52
Projeto C: Antena Yagi-Uda Dual-Band Desmontável de Fita Métrica (Alto Ganho Direcional)	54
5.4. Projeto 4 — Antena HF EFHW Multi-Banda Ultra-Leve para Mochila (Manpack)	56
5.5. Projeto 5 — Antenas de Fortuna para Redes Mesh / LoRa (868 MHz)	58
Projeto A: Ground-Plane $1/4\lambda$ Omnidirecional sobre Conector N/SMA	58
Projeto B: Antena Moxon Direcional Ultraligeira em Arame	59
Capítulo 6: Métodos de Instalação, Lançamento e Logística no Terreno	61
6.1. Técnicas de Ancoragem e Lançamento de Linhas (Arborismo Aplicado a Antenas)	61
6.2. Mastros Portáteis: Telescópicos de Fibra de Vidro e Suportes de Fortuna	64
6.3. Instalação de Radiais de Solo e Elevados	68
6.4. Proteção contra Descargas Atmosféricas e Eletricidade Estática	69
6.5. Checklist de Material e Acondicionamento Tático em Mochila	71
Capítulo 7: Sintonização, Medição e Resolução de Problemas no Terreno	74
7.1. Utilização de Analisadores de Antena e Vector Network Analyzers (NanoVNA) no Campo	74
7.2. Procedimento Metodológico para Corte, Ajuste de Comprimento e Sintonização	77
7.3. Acopladores de Antena (ATU) Manuais e Automáticos: Utilização Correta e Limites	78
7.4. Guia de Diagnóstico (Troubleshooting) de Avarias no Terreno	81
Conclusão	83
Glossário Alfabético	84
Bibliografia	86



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Introdução

As radiocomunicações em cenários de expedição, emergência ou isolamento representam a espinha dorsal de qualquer operação no terreno onde as redes comerciais de telecomunicações falham ou não existem. A Academia BEAR, enquanto vertente formativa e técnica do Clube BEAR, desenvolveu este manual com o objetivo de dotar a comunidade geral — desde entusiastas de atividades ao ar livre a equipas de apoio logístico — de competências práticas, fundamentadas e seguras no domínio da radiofrequência e da engenharia de fortuna.

A "engenharia de fortuna", longe de significar improvisação descuidada, traduz-se na aplicação rigorosa dos princípios da física e da eletrotecnia para construir, reparar ou otimizar sistemas de antenas e linhas de transmissão recorrendo a materiais acessíveis e de oportunidade.





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Princípios Fundamentais de Operação no Terreno

- **Simplicidade:** Priorização de sistemas com o menor número possível de pontos de falha. No campo, uma antena dipolo simples bem cortada e sintonizada supera em fiabilidade sistemas complexos dependentes de eletrónica sensível à humidade e ao choque.
- **Resiliência:** Conceção de equipamentos capazes de suportar condições climatéricas adversas, esforço mecânico continuado e operação prolongada sem recurso à rede elétrica convencional.
- **Eficiência:** Maximização do rendimento eletromagnético do sistema (ganho, adaptação de impedância e minimização de perdas) para garantir alcance e percetibilidade do sinal com o menor consumo de potência possível.





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Metodologia e Estrutura do Manual

Esta obra foi desenhada para servir simultaneamente como manual de estudo e guia de consulta rápida em mochila. A abordagem pedagógica parte do enquadramento legal português fixado pela ANACOM e das regras de segurança em radiofrequência, progredindo para os conceitos fundamentais de propagação que regem as comunicações sem fios.

A componente prática organiza-se por serviços e frequências específicas (CB 27 MHz, PMR446, VHF/UHF e redes Mesh/LoRa a 868 MHz), permitindo ao leitor identificar rapidamente a topologia de antena ideal para a sua necessidade operacional. O manual culmina com projetos de construção passo a passo, técnicas de lançamento no terreno e metodologias de diagnóstico com analisadores vetoriais (NanoVNA), garantindo total autonomia e rigor técnico em qualquer cenário expedicionário.



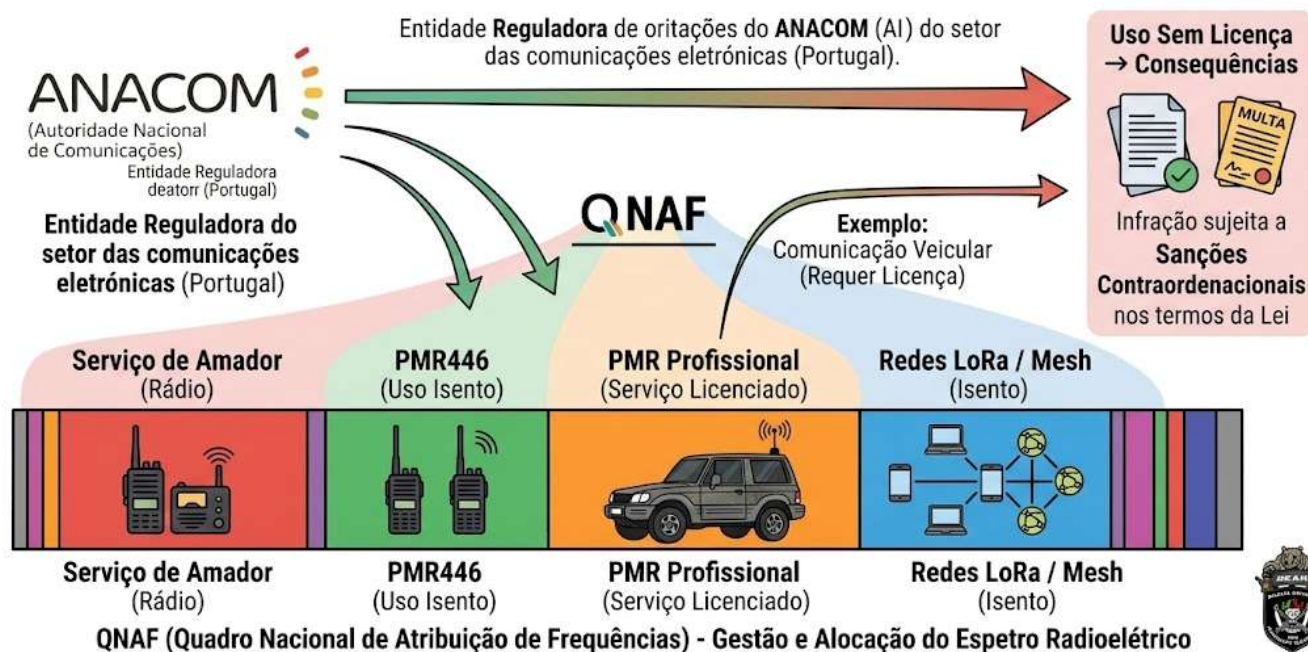


Capítulo 1: Enquadramento Legal, Licenciamento e Segurança Eletromagnética em Portugal

1.1. Enquadramento Regulatório da ANACOM e o Quadro Nacional de Atribuição de Frequências (QNAF)

A Autoridade Nacional de Comunicações (ANACOM) é a entidade reguladora do setor das comunicações eletrónicas em Portugal. O planeamento e a gestão do espetro radioelétrico são definidos no Quadro Nacional de Atribuição de Frequências (QNAF), documento que especifica a afetação das faixas de frequência às diferentes redes e serviços de radiocomunicações. A utilização do espetro sem a devida licença ou fora do enquadramento de isenção legal constitui uma infração sujeita a sanções contraordenacionais nos termos da legislação aplicável ao setor das telecomunicações.

Manual Técnico: Enquadramento Regulatório ANACOM e o QNAF





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



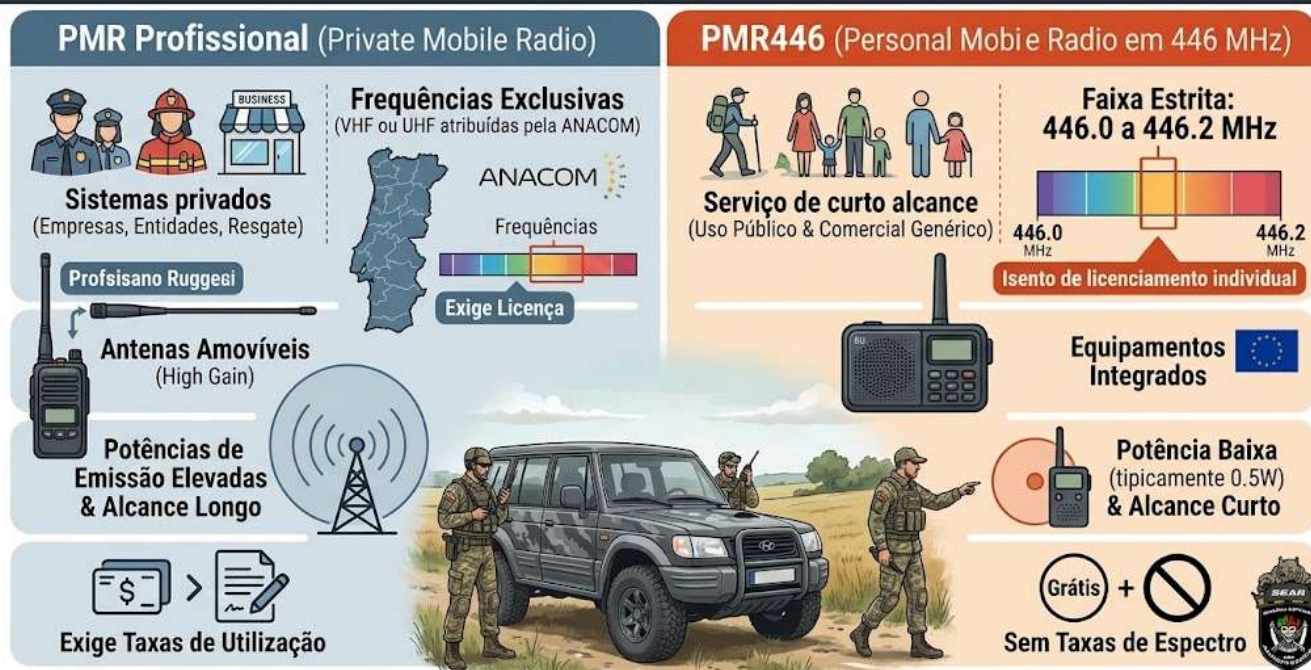
Fundado a 23 de março de 2016

1.2. Distinção Fundamental de Conceitos: PMR Profissional vs. PMR446

Existe uma confusão frequente no mercado relativamente à sigla PMR. A diferenciação técnica e legal entre estas duas modalidades é categórica:

- **PMR (Private Mobile Radio / Rádio Móvel Privado):** Refere-se a sistemas de radiocomunicação privados utilizados por empresas, entidades estatais, forças de segurança ou equipas de resgate. Operam em frequências exclusivas atribuídas e licenciadas pela ANACOM (em faixas dedicadas de VHF ou UHF). Exigem o pagamento de taxas de utilização do espectro, autorizam o uso de equipamentos com antenas amovíveis e permitem potências de emissão elevadas.
- **PMR446 (Personal Mobile Radio em 446 MHz):** É um serviço de radiocomunicação pessoal de curto alcance isento de licenciamento individual em toda a União Europeia, destinado ao uso público e comercial genérico. Opera estritamente na faixa de frequências dos 446,0 MHz aos 446,2 MHz.

Distinção Fundamental de Conceitos: PMR Profissional vs. PMR446





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

1.3. Regimes Operacionais Isentos de Licença em Portugal

Para a operação sem licença individual, os utilizadores em Portugal devem respeitar rigorosamente os limites técnicos estabelecidos para cada uma das faixas de uso livre:

Serviço / Faixa	Frequências Autorizadas	Potência Máxima Permitida	Requisitos de Equipamento e Antena
PMR446	446,000 MHz a 446,200 MHz	0,5 W PAR (Potência Aparentada Radiada)	A antena deve ser fixa e de fabrico integral (não amovível). É proibido o uso de conectores externos ou amplificadores.
Faixa do Cidadão (CB)	26,965 MHz a 27,405 MHz (40 Canais)	4 W (AM/FM) / 12 W PEP (SSB)	Equipamentos homologados CE. É permitida a instalação de antenas externas, veiculares e de base.
SRD / ISM (LoRa / Mesh)	863,000 MHz a 870,000 MHz (Sub-faixas EU868)	25 mW PAR a 500 mW PAR (consoante a sub-faixa)	Cumprimento estrito dos limites de ciclo de trabalho (<i>Duty Cycle</i> de 1% a 10%) para evitar saturação do espectro.



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO

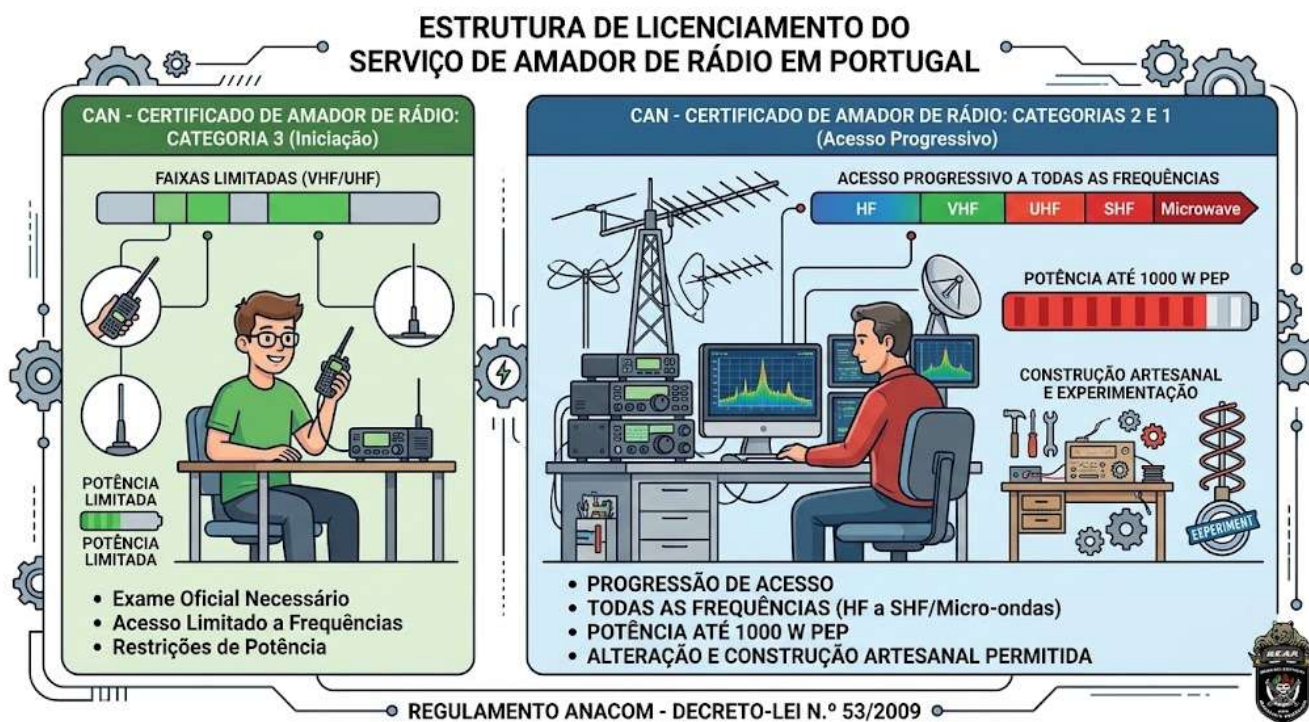


Fundado a 23 de março de 2016

1.4. Serviço de Amadorismo de Rádio

O Serviço de Amador é regulado em Portugal pelo Decreto-Lei n.º 53/2009 e pelas deliberações complementares da ANACOM. Destina-se à instrução individual, comunicação interpessoal e pesquisa técnica sem fins lucrativos. A operação em frequências alocadas ao serviço de amador (nas faixas de HF, VHF, UHF e micro-ondas) exige aprovação em exame oficial e a obtenção do Certificado de Amador de Rádio (CAN):

- **Categoria 3 (Iniciação):** Permite o acesso a um conjunto limitado de faixas em VHF/UHF com restrições de potência de emissão.
- **Categorias 2 e 1:** Garantem acesso progressivo a todas as frequências atribuídas ao serviço de amador em HF, VHF, UHF e SHF, permitindo potências até 1000 W PEP e autorizando a alteração, construção artesanal e experimentação de emissores e antenas.



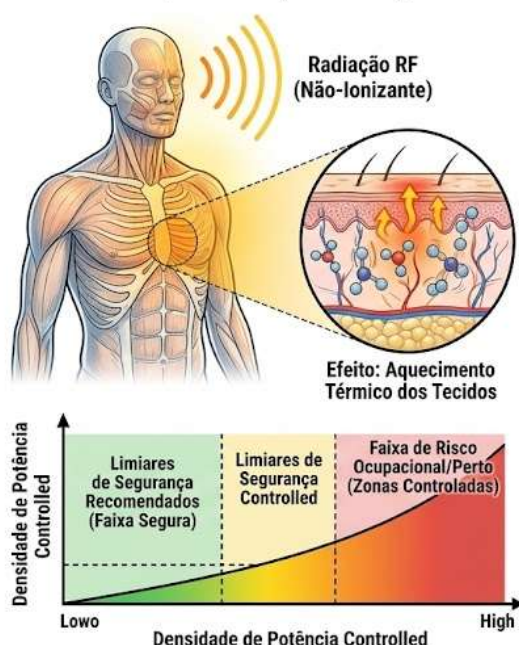
Fundado a 23 de março de 2016

1.5. Limites de Exposição Humana a Campos Eletromagnéticos (ICNIRP)

Os limites de exposição humana a campos eletromagnéticos de radiofrequência em Portugal seguem as orientações da Comissão Internacional de Proteção contra Radiações Não-Ionizantes (ICNIRP). Embora a radiação de RF não seja ionizante, potências elevadas ou proximidade excessiva a elementos radiantes podem causar aquecimento térmico nos tecidos biológicos.

- **Densidade de Potência:** A exposição contínua do público em geral deve manter-se abaixo dos limiares de segurança recomendados (fixados entre 2 W/m^2 e 10 W/m^2 , dependendo da frequência operacional).
- **Distâncias Táticas de Segurança:** Em operações de campo utilizando emissões acima de 5 W em HF ou VHF, os operadores e terceiros devem manter uma distância mínima de segurança relativamente aos elementos radiantes ativos da antena.

1.5. Limites de Exposição Humana a Campos EM (ICNIRP)



1.6. Segurança Mecânica e Elétrica no Terreno

A montagem de antenas e estações no campo exige a aplicação de medidas rigorosas de prevenção de acidentes:

- **Queimaduras de Radiofrequência (RF Burns):** O contacto direto da pele com condutores não isolados ou extremidades de antenas em momento de transmissão provoca queimaduras profundas por efeito térmico de RF, mesmo com potências moderadas de 10 W a 50 W.
- **Risco de Arqueamento com Linhas de Alta Tensão:** É imperativo garantir que o raio de queda de qualquer mastro ou antena de fio no campo mantenha uma distância de segurança superior à altura total da estrutura relativamente a linhas elétricas aéreas. O contacto ou a proximidade excessiva a linhas de alta tensão pode provocar arcos elétricos fatais.
- **Descargas Estáticas:** Antenas de fio de grande comprimento acumulam eletricidade estática originada pelo vento e poeiras. Deve ser efetuada a descarga da malha do cabo coaxial à terra de proteção antes da ligação aos equipamentos de rádio.



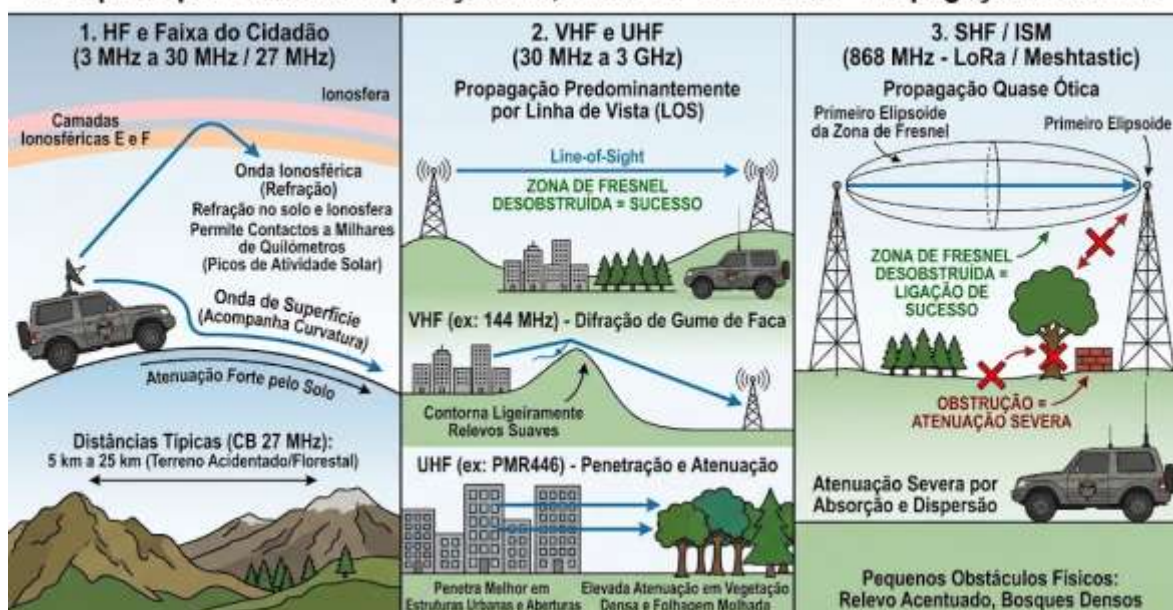
Capítulo 2: Radiopropagação e Teoria Fundamental Aplicada ao Campo

2.1. O Espectro por Faixas de Operação: HF, VHF/UHF e SHF/ISM

A propagação das ondas eletromagnéticas no terreno é ditada pela frequência de operação e pelas características do meio físico atravessado. O comportamento do sinal varia drasticamente entre as diferentes faixas do espectro radioelétrico:

- **HF e Faixa do Cidadão (3 MHz a 30 MHz / 27 MHz):** A propagação ocorre por **onda de superfície** (que acompanha a curvatura terrestre, sofrendo forte atenuação pelo solo) e por **onda ionosférica** (refração do sinal nas camadas E e F da ionosfera). Em 27 MHz (CB), a propagação por onda de superfície em terreno acidentado ou florestal atinge distâncias típicas de 5 km a 25 km, enquanto a propagação ionosférica permite contactos a milhares de quilómetros durante picos de atividade solar.
- **VHF e UHF (30 MHz a 300 MHz / 300 MHz a 3 GHz):** Apresentam propagação predominantemente por **linha de vista** (*Line-of-Sight* — LOS). Sinais de VHF (ex: 144 MHz) contornam ligeiramente relevos orográficos suaves por difração de gume de faca (*knife-edge diffraction*). Sinais de UHF (ex: PMR446 em 446 MHz) penetram melhor em estruturas urbanas e aberturas de edifícios, mas sofrem elevada atenuação em vegetação densa e folhagem molhada.
- **SHF / ISM (868 MHz - LoRa / Meshtastic):** A propagação é quase ótica. Pequenos obstáculos físicos, como relevo acentuado ou bosques densos, causam atenuação severa por absorção e dispersão. O sucesso da ligação depende da desobstrução do primeiro elipsoide da **Zona de Fresnel** entre as antenas.

O Espectro por Faixas de Operação: HF, VHF/UHF e SHF/ISM - Propagação e Terreno





Fundado a 23 de março de 2016

2.2. Equações Fundamentais: Comprimento de Onda, Frequência e Velocidade de Propagação

A relação fundamental das radiocomunicações estabelece que a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética (c) é igual ao produto da sua frequência (f) pelo seu comprimento de onda (λ):

$$c = f \cdot \lambda$$

Em que:

- $c \approx 300 \times 10^6$ m/s (velocidade da luz no vácuo).
- f = Frequência em Hertz (Hz).
- λ = Comprimento de onda em metros (m).

Para o cálculo prático do comprimento de onda no ar em megahertz (MHz), utiliza-se a fórmula simplificada:

$$\lambda \text{ (m)} = \frac{300}{f \text{ (MHz)}}$$

Fator de Velocidade (VF) no Condutor

A velocidade de propagação de um sinal radioelétrico num condutor metálico (fio de cobre ou cabo coaxial) é inferior à velocidade da luz no vácuo. Este fenómeno obriga à aplicação do **Fator de Velocidade (VF)** no momento de cortar os elementos radiantes de uma antena:

$$\lambda_{\text{condutor}} \text{ (m)} = \frac{300}{f \text{ (MHz)}} \cdot VF$$

2.2. EQUAÇÕES FUNDAMENTAIS: COMPRIMENTO DE ONDA, FREQUÊNCIA E VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO
FATOR DE VELOCIDADE (VF)

A relação fundamental das radiocomunicações

$\lambda \text{ (m)}$
Direção de propagação
 c
 $f = \text{CICLOS POR SEGUNDO (Hz)}$
 $c = f \cdot \lambda$
 $c = \text{VELOCIDADE DA ONDA (Mhz)}$
 $f = \text{FREQUÊNCIA (Hz)}$
 $\lambda = \text{COMPRIMENTO DE ONDA (m)}$
 $c = 300.000 \text{ km/s}$ (velocidade da luz no vácuo)

CÁLCULO PRÁTICO NO AR (fórmula simplificada)
 $\lambda \text{ (m)} = \frac{300}{f \text{ (MHz)}}$
Exemplo: 100 MHz
 $\lambda = \frac{300}{100} = 3 \text{ metros}$

FATOR DE VELOCIDADE (VF) NO CONDUTOR
Corte de Elementos Radiantes de Antena
NO AR (VÁCUO) [Velocidade c]
NUM CONDUTOR [Velocidade $v < c$]

A propagação em metal é mais lenta ($v < c$),
queis requereida aplicação de VF:

$$\lambda_{\text{condutor}} \text{ (m)} = \left(\frac{300}{f \text{ (MHz)}} \right) \cdot VF$$

E.g., fio de cobre isolado PVC, 2.7 metros
(eo., fio de cobre isolado PVC, VF ≈ 0.9)
Para 100 MHz, no condutor:
 $\lambda_{\text{condutor}} = \frac{300}{100} \cdot 0.9 = 2.7 \text{ metros}$

Fator de Velocidade Típico (Exemplos)

- Fio de colado isolado PVC (0.9)
- Cobre de metal (bare copper) (0.95)
- Cable conductor de imrrior inferior coaxial (0.66)



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Tipo de Condutor / Dielétrico	Fator de Velocidade Típico (VF)
Fio de Cobre Nu no Ar	0,95 – 0,97
Fio de Cobre Isolado (PVC/Teflon)	0,92 – 0,95
Cabo Coaxial com Dielétrico de Polietileno Sólido (ex: RG-58 comum)	0,66
Cabo Coaxial com Dielétrico de Espuma de Polietileno (Foam PE)	0,80 – 0,85



O FATOR DE VELOCIDADE (VF) EM CONDUTORES RF: MANUAL TÉCNICO E EXEMPLIFICATIVO

O QUE É O FATOR DE VELOCIDADE?

A velocidade real de um sinal de rádio (v) num condutor ou cabo é sempre menor do que a velocidade da luz no vácuo (c). O VF é a razão entre v e c ($v = VF \times c$).

Vácuo: SINAL MAIS RÁPIDO (no vácuo, $VF=1$)
Cabo: SINAL MAIS LENTO (no condutor, $VF<1$)

Fio de Cobre Nu no Ar
VF: MÁXIMO (≈ 0.98)
REDUÇÃO MÍNIMA (C perto de 1)

Fio de Cobre Isolado (PVC/Teflon)
VF: REDUÇÃO LIGEIRA (≈ 0.92)
ISOLAMENTO LENTIFICA LIGEIRAMENTE O SINAL

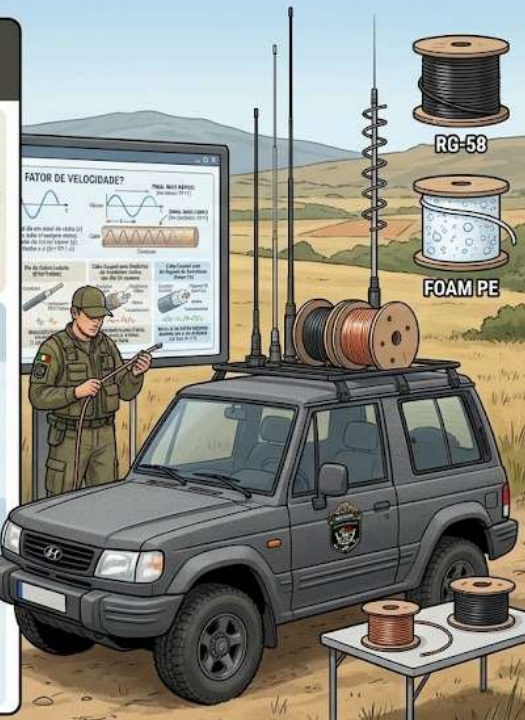
Cabo Coaxial com Dielétrico de Polietileno Sólido (ex: RG-58 comum)
VF: REDUÇÃO SIGNIFICATIVA (≈ 0.66)
DENSIDADE DO MATERIAL LENTIFICA O SINAL

Cabo Coaxial com Dielétrico de Espuma de Polietileno (Foam PE)
VF: MAIS RÁPIDO DO QUE SÓLIDO (≈ 0.82)
BOLHAS DE AR NA ESPUMA AUMENTAM A VELOCIDADE

PORQUE É QUE O VF IMPORTA? EXEMPLO PRÁTICO (ENCURTAMENTO ELÉTRICO):

Para ressonar a 14MHz (onda de ~21m no vácuo):
Com cabo RG-58 ($VF=0.66$), um cabo de rádio de 1/2 onda que mediria 10,5m no vácuo, necessita de apenas $10,5 \times 0.66 = 6,93m$

Cálculo para vácuo: L
Cálculo para cabo: L





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

2.3. Impedância Caraterística, Ressonância e Razão de Onda Estacionária (ROS / SWR)

A **Impedância Caraterística** (Z) de um sistema de RF expressa a oposição da linha ou antena à passagem da corrente alternada de radiofrequência, sendo composta por uma parte resistiva pura (R) e uma parte reativa (X): $Z = R + jX$. O padrão do equipamento de radiocomunicação moderno é ajustado para 50 Ω .

- **Ressonância:** Um elemento radiante atinge a ressonância numa determinada frequência quando a sua reatância se anula ($X = 0$), apresentando uma carga puramente resistiva ao emissor.
- **Razão de Onda Estacionária (ROS / SWR):** Mede o grau de desadaptação de impedância entre a linha de transmissão e a antena. É calculada em função da potência incidente (P_i) e refletida (P_r):

$$ROS = \frac{1 + \sqrt{\frac{P_r}{P_i}}}{1 - \sqrt{\frac{P_r}{P_i}}}$$

- **ROS 1:1 (Ideal):** Adaptação perfeita de 50 Ω . Toda a potência entregue pela linha é transferida para a antena.
- **ROS 1,5:1 (Excelente):** Apresenta menos de 4% de potência refletida. Totalmente seguro para operação contínua.
- **ROS 2,0:1 (Limiar de Alerta):** Cerca de 11% da potência regressa ao emissor. Equipamentos modernos começam a reduzir automaticamente a potência de saída (*power foldback*).
- **ROS 3,0:1 ou Superior (Crítico):** Mais de 25% da potência é refletida. Risco elevado de danos nos transístores finais de potência (PA) do rádio e aquecimento excessivo dos componentes.



Fundado a 23 de março de 2016

2.4. Ganho, Ângulo de Radiação e Propagação NVIS vs. DX

O **Ganho** de uma antena é a capacidade de concentrar a energia radiada numa direção específica em relação a uma referência:

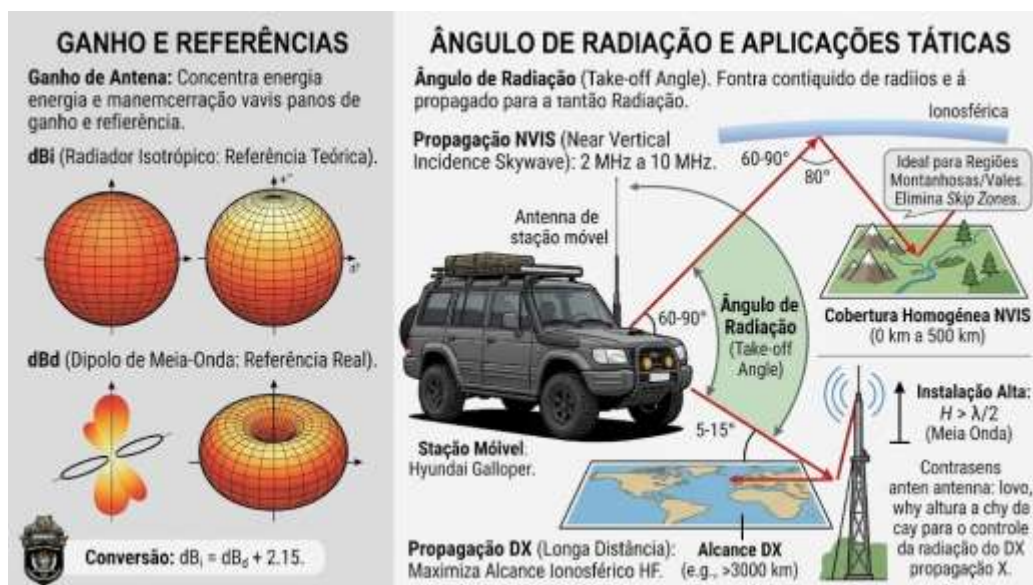
- **dB_i** (Radiador Isotrópico): Referência teórica de uma fonte de radiação esférica uniforme no espaço livre.
- **dB_d** (Dipolo de Meia-Onda): Referência a um dipolo real no espaço livre. A conversão direta é definida por:

$$\text{dB}_i = \text{dB}_d + 2,15$$

Ângulo de Radiação (*Take-off Angle*) e Aplicações Táticas

O ângulo do lóbulo principal de radiação em relação ao plano do horizonte determina o alcance geográfico da ligação:

- **Propagação DX (Longa Distância):** Requer ângulos de radiação baixos (5° a 15°). Exige que as antenas sejam instaladas a uma altura superior a meia onda ($\geq \lambda/2$) em relação ao solo para maximizar o alcance ionosférico em HF.
- **Propagação NVIS (*Near Vertical Incidence Skywave*):** Utiliza ângulos de radiação extremamente elevados (60° a 90°) nas faixas dos 2 MHz aos 10 MHz. O sinal é projetado quase verticalmente contra a ionosfera e refletido para a Terra, cobrindo homogeneamente um raio de 0 km a 500 km. É a solução ideal para comunicações táticas em regiões montanhosas e vales profundos, eliminando as zonas de penumbra (*skip zones*).



2.5. Sistemas de Terra: Terra de RF, Terra de Proteção Elétrica e Contrapeso

A distinção técnica entre os três conceitos de "terra" é crítica para a segurança e rendimento da estação de rádio:

- **Terra de Proteção Elétrica (DC / 50 Hz):** Destina-se ao escoamento de correntes de falha da rede elétrica e cargas estáticas para o solo físico através de hastes condutoras (estacas de terra). Trabalha em corrente contínua e baixas frequências.
- **Terra de RF:** É a referência de potencial de radiofrequência do sistema de antena. Em frequências elevadas, um fio longo ligado a uma haste de terra elétrica apresenta uma impedância indutiva elevadíssima, tornando-se completamente ineficaz como terra de RF.
- **Contrapeso e Radiais:** Em antenas assimétricas (como verticais de $1/4\lambda$ ou antenas de alimentação de extremidade), o contrapeso ou plano de terra (constituído por radiais condutores deitados ou elevados) atua como a "outra metade" do sistema radiante. O contrapeso fornece o caminho de retorno para as correntes de RF, prevenindo a circulação de corrente de modo comum na malha exterior do cabo coaxial e minimizando perdas por aquecimento do solo.

2.5 Sistemas de Terra: Proteção Elétrica, RF e Contrapeso - Distinção Crítica para Segurança e Rendimento



Capítulo 3: Topologias de Antenas Organizadas por Serviço e Aplicação

3.1. Antenas para Faixa do Cidadão (CB - 27 MHz)

A operação na Faixa do Cidadão ($f \approx 27$ MHz) implica trabalhar com um comprimento de onda aproximado de $\lambda \approx 11$ metros. Esta dimensão impõe desafios mecânicos significativos no terreno, exigindo o recurso a técnicas de encurtamento elétrico ou a sistemas de fio desdobráveis.

- **Instalações Veiculares:** A solução clássica baseia-se num monopolo vertical de $1/4\lambda$ ressonante (aproximadamente 2,75 m de comprimento). Em veículos em movimento, este comprimento físico é frequentemente inviável, recorrendo-se a antenas encurtadas com bobina de carga na base ou no centro (*center-loaded*). A bobina introduz uma reatância indutiva ($+jX_L$) para compensar a reatância capacitiva ($-jX_C$) de um elemento físico inferior a $1/4\lambda$. A eficácia destas antenas depende criticamente do plano de terra fornecido pela chapa metálica da carroçaria e de uma base magnética ou fixa com acoplamento capacitivo eficiente ao chassis.
- **Operação Portátil de Campo (ex: President Randy III):** Os walkie-talkies de CB modernos trazem de fábrica antenas helicoidais curtas de baixíssimo rendimento, onde a maior parte da potência transmitida é dissipada sob a forma de calor na bobina interna. Para transformar um rádio portátil de mão numa estação tática de alto alcance no terreno, aplicam-se duas soluções de engenharia de fortuna:
 - **Monopolo Telescópico com Contra-peso:** Substituição da antena de fábrica por uma haste telescópica ajustável até 1,3 m – 2,7 m ligada ao rádio por adaptador TNC/BNC, acompanhada por um fio de contra-peso (*tiger tail*) de 2,60 m ligado à massa do rádio e deixado cair livremente até ao solo.
 - **Antenas de Fio Suspensas:** Ligação do portátil a um dipolo de meia-onda de fio ou a uma antena EFHW ($1/2\lambda$) suspensa numa árvore via cabo coaxial ultraligeiro (RG-316). Esta configuração permite elevar o ponto de radiação e alcançar distâncias superiores a 30 km em terreno acidentado.

3.1. Antenas para Faixa do Cidadão (CB - 27 MHz) - Comprimento de Onda de ~11m e Encurtamento

○ Instalações Veiculares: Técnicas de Encurtamento Elétrico



○ Operação Portátil de Campo: Engenharia de Fortuna



3.2. Antenas para PMR446 (446 MHz)

A faixa de PMR446 opera em UHF com comprimento de onda de $\lambda \approx 67$ cm. A legislação fixa o limite de potência em 0,5 W PAR e proíbe estritamente a alteração do rádio ou a instalação de conectores para antenas externas amovíveis. Para estender o alcance operacional no terreno sem violar o enquadramento legal, recorre-se a técnicas de acoplamento indireto e refletores táticos.

- **Refletores Táticos Passivos (Corner Reflectors e Calhas Parabólicas):** Consistem em superfícies condutoras (placas de alumínio, redes metálicas flexíveis ou mantas térmicas aluminizadas esticadas em armação) posicionadas atrás do rádio PMR446. O equipamento é fixado no ponto focal da estrutura refletora. A energia omnidirecional emitida pela antena fixa do rádio é refletida e concentrada num feixe diretivo, conferindo um ganho passivo de 6 dBi a 9 dBi na direção desejada, multiplicando a distância de alcance efetivo sem alterar o circuito interno do rádio.
- **Acoplamento Indutivo de Proximidade:** Utilização de uma espira ou conector de acoplamento por indução posicionado sobre a antena helicoidal do PMR446. A energia de RF é transferida por acoplamento magnético de campo próximo para uma linha coaxial de baixa perda, alimentando uma antena diretiva externa (como uma Yagi-Uda) montada no topo de um mastro.





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

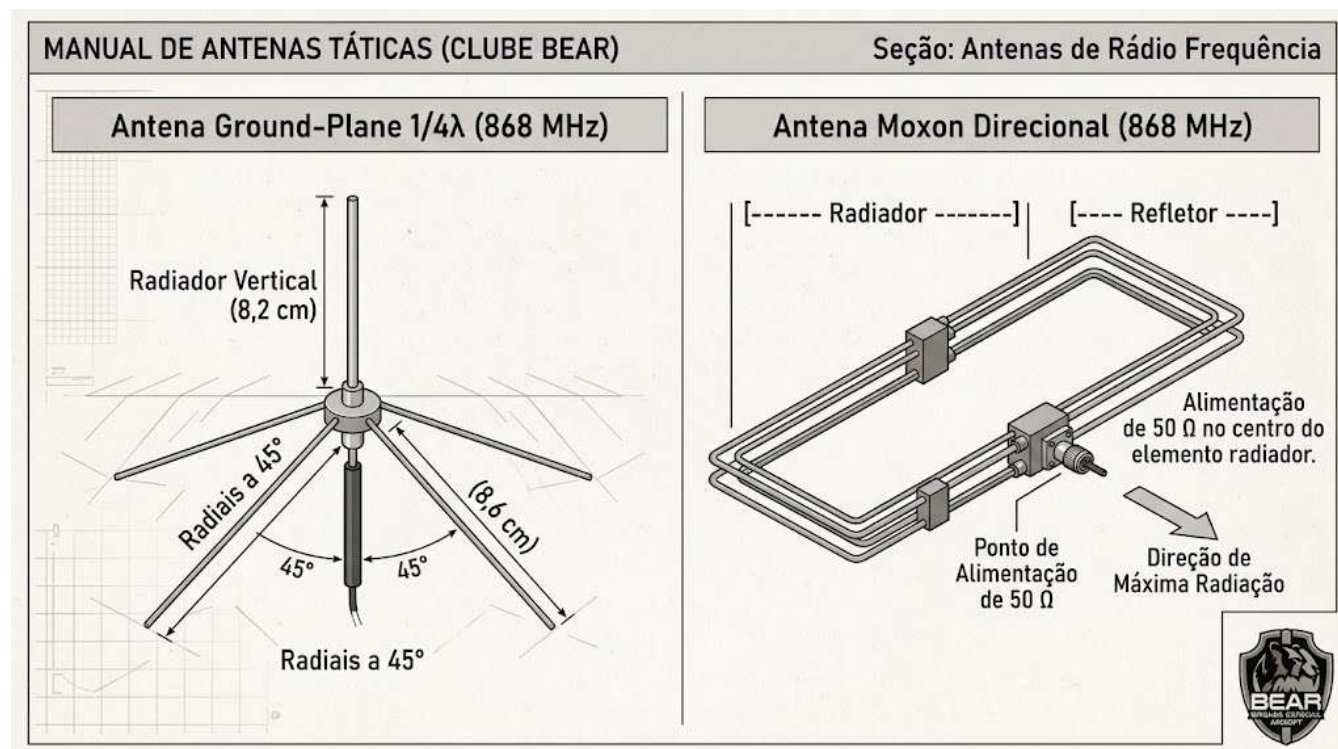
3.3. Antenas para VHF e UHF (144 MHz / 430 MHz)

As faixas de VHF (2 m) e UHF (70 cm) oferecem excelentes características de portabilidade devido ao reduzido tamanho físico dos elementos radiantes.

Topologia	Estrutura e Mecânica	Ganho / Diretividade	Aplicação Tática Recomendada
Dipolo Vertical $\lambda/2$	Dois braços de $1/4\lambda$ alimentados no centro. Requer balun de choke no ponto de alimentação.	2,15 dBi / Omnidirecional no plano H.	Comunicação geral de campo; fácil suspensão em ramos de árvores.
Slim-Jim / J-Pole	Monopolo de $1/2\lambda$ alimentado na extremidade por uma secção de adaptação de $1/4\lambda$ em paralelo.	3 dBi a 5 dBi / Ângulo de radiação extremamente baixo no horizonte.	Operação em vales ou terreno plano. Pode ser construída em fita dupla de 300 Ω e enrolada na mochila.
Yagi-Uda (3 a 5 elementos)	Elemento ativo (dipolo), refletor traseiro e diretores frontais fixos num mastro (<i>boom</i>).	7 dBi a 12 dBi / Altamente diretiva com forte rejeição lateral.	Ligações de longa distância com visibilidade direta interrompida ou busca de sinal em emergências.

3.4. Antenas para Redes Mesh / LoRa (868 MHz)

Na faixa ISM de 868 MHz, o comprimento de onda reduz-se a $\lambda \approx 34,5$ cm. A precisão na construção milimétrica dos elementos é crítica, pois pequenos erros de corte afetam drasticamente a ressonância e a Razão de Onda Estacionária (ROS).



Ground-Plane 1/4λ Omnidirecional: Construída com um conector SMA ou N fêmea de painel. O elemento radiador vertical mede 8,2 cm e quatro radiais de contra-peso com 8,6 cm são soldados ao corpo do conector, inclinados a 45° para ajustar a impedância característica do ponto de alimentação aos 50 Ω. Esta antena oferece radiação omnidirecional uniforme, ideal para nós repetidores (*Routers*) colocados em pontos altos.

- **Moxon Direcional Ultraligeira:** Antena retangular compacta constituída por dois elementos (radiador e refletor) com as extremidades dobradas em direção ao centro. Apresenta uma impedância nativa de 50 Ω (não necessita de transformador de impedância), um ganho aproximado de 5,5 dBi e uma relação frente-costas excedendo os 20 dB. É a topologia perfeita para nós clientes Meshtastic que necessitam de concentrar o sinal na direção de um repetidor distante.



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

3.5. Antenas HF de Campo para Longa Distância (1,8 MHz a 30 MHz)

Para comunicações regionais sem infraestrutura via NVIS ou comunicações continentais (DX), as antenas de fio de HF são insuperáveis em resiliência e facilidade de transporte.

- **Dipolo de Meia-Onda ($\lambda/2$) e Invertido em V:** O dipolo clássico alimentado ao centro apresenta uma impedância de 73Ω no espaço livre. Ao ser instalado na configuração de **V Invertido** (com o ponto central num mastro e as extremidades descendo num ângulo de 90° a 120°), a impedância cai para cerca de 50Ω , permitindo a ligação direta a cabos coaxiais norma RG-58 sem necessidade de adaptação, exigindo apenas um mastro central.
- **EFHW (End-Fed Half-Wave / Alimentação de Extremidade):** Antena constituída por um único fio condutor com comprimento total de $\lambda/2$. Apresenta uma impedância extremamente alta na extremidade ($\approx 2500 \Omega$ a 3000Ω). Utiliza um transformador de impedância UNUN com relação 49:1 ou 64:1 na base para converter essa alta impedância para os 50Ω do rádio. É uma das antenas mais táticas para mochila, pois exige apenas um ponto de elevação e um único cabo a descer para o operador.
- **Random Wire (Fio de Comprimento Não-Ressonante):** Utiliza um fio cortado num comprimento específico que não seja múltiplo de meia-onda em nenhuma das frequências de trabalho (ex: 9,45 m, 12,5 m ou 16,2 m). É alimentada por um UNUN 9:1 e exige o uso de um acoplador de antena (ATU) e um fio de contra-peso conectado à terra de RF. Permite operação multi-banda rápida em cenários de emergência.

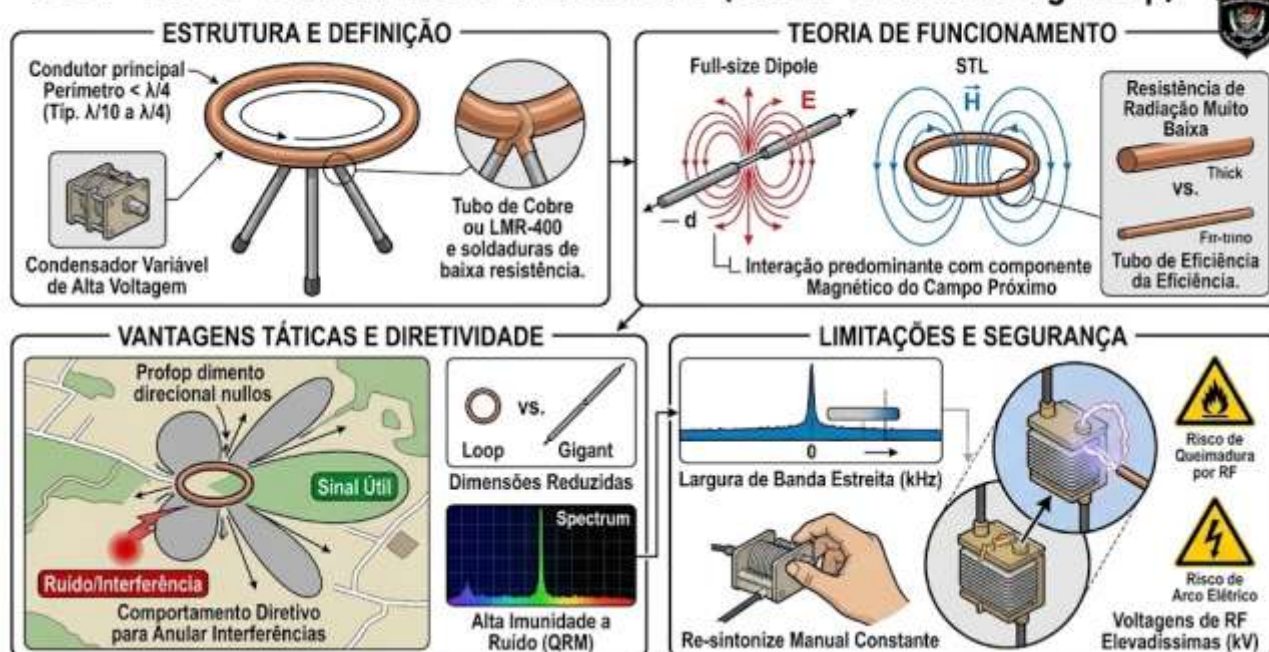


3.6. Loops Magnéticos Pequenos (STL - Small Transmitting Loop)

As antenas de Loop Magnético são compostas por um anel condutor fechado cujo perímetro total é inferior a $0,25\lambda$ (tipicamente entre $0,1\lambda$ e $0,15\lambda$), sintonizado por um condensador variável de alta voltagem em paralelo.

- **Teoria de Funcionamento:** Ao contrário das antenas elétricas convencionais, a STL interage primariamente com o componente magnético do campo eletromagnético na sua zona próxima. Apresenta uma resistência de radiação extremamente baixa ($R_r < 1 \Omega$), o que exige condutores de diâmetro elevado (tubo de cobre ou cabo coaxial grosso LMR-400) e ligações soldadas de baixíssima resistência para manter a eficiência do sistema.
- **Vantagens e Limitações Táticas no Terreno:**
 - **Vantagens:** Dimensões extremamente reduzidas em comparação com antenas de fio em HF; elevada imunidade a ruído elétrico e estático (QRM); imunidade ao efeito do solo próximo, operando bem a baixas alturas; comportamento diretivo com nulos de receção profundos nas laterais que permitem anular interferências deliberadas ou ruído local.
 - **Limitações:** Largura de banda de passagem extremamente estreita (apenas alguns quilohertz), exigindo que o operador re-sintonize manualmente o condensador variável a cada mudança de frequência de transmissão; presença de voltagens de RF elevadíssimas (milhares de Volts) nos terminais do condensador durante a transmissão, mesmo com potências moderadas de 10 W, representando risco sério de queimadura por RF e arco elétrico.

STL - LOOP MAGNÉTICO PEQUENO (Small Transmitting Loop)



Capítulo 4: Materiais, Linhas de Transmissão e Componentes Artesanais

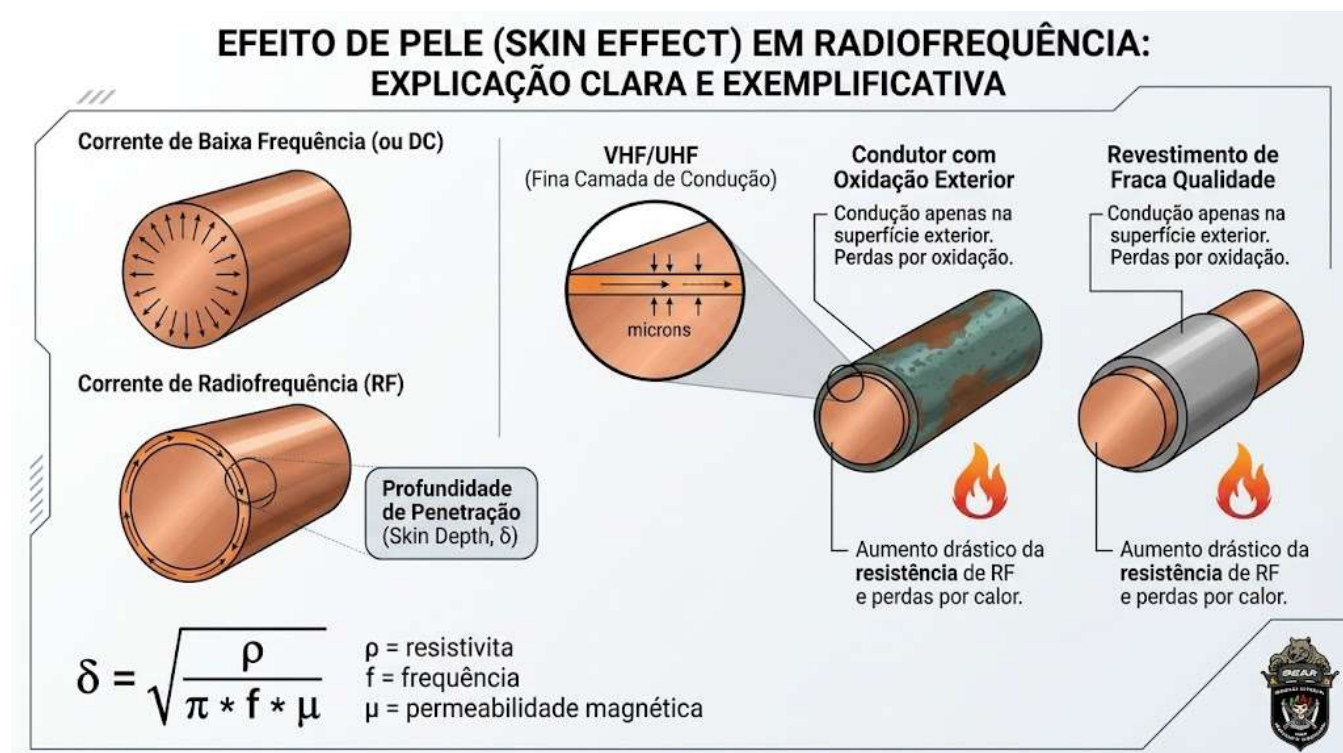
4.1. Seleção de Condutores Flexíveis

A escolha do condutor elétrico para antenas de campo condiciona a eficiência radiante, a facilidade de transporte e a resistência mecânica em condições atmosféricas adversas.

- **Efeito de Pele (Skin Effect):** Em corrente alternada de radiofrequência, a densidade de corrente deixa de ser uniforme na secção transversal do condutor e concentra-se na sua superfície exterior. A profundidade de penetração (δ) reduz-se à medida que a frequência aumenta, sendo calculada por:

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi \cdot f \cdot \mu}}$$

Em que ρ é a resistividade do material, f a frequência e μ a permeabilidade magnética. Em VHF e UHF, a condução ocorre apenas numa fina camada superficial de escassos micrómetros. Condutores com oxidação exterior ou revestimentos de fraca qualidade aumentam drasticamente a resistência de RF e perdas por calor.



Fundado a 23 de março de 2016

- **Cobre Multifilar vs. Monofilar:** O fio monofilar rígido apresenta boa estabilidade estrutural em antenas fixas, mas sofre fadiga do metal e parte facilmente após dobragens repetidas em mochila. O condutor multifilar flexível (composto por múltiplos filamentos entrançados) oferece elevada maleabilidade e resiliência mecânica em operações expedicionárias.



- **Linhas Táticas de Campo e Fios de Oportunidade:**
 - *Fio Tático Militar (tipo WD-1/TT):* Composto por filamentos mistos de cobre (para condutividade) e aço galvanizado (para resistência à tração). É excelente para antenas HF suspensas em vãos longos, resistindo a fortes ventos e ao peso de gelo.
 - *Fio de Kevlar Revestido a Cobre (Silky Wire):* Condutor ultraligeiro com núcleo de fita de Kevlar de alta resistência mecânica envolto por malha de cobre estanhado. É a solução ideal para expedições estilo *Manpack*, onde cada grama é crítico.





4.2. Dielétricos, Isoladores Artesanais e Impressão 3D de Componentes

Os isoladores elétricos suportam as extremidades radiantes da antena, onde as voltagens de RF atingem os seus valores mais elevados (ponto de alta impedância num dipolo ou EFHW).

- **Propriedades dos Materiais e Tangente de Perdas ($\tan \delta$):** Um bom dielétrico para RF deve apresentar baixa constante dielétrica (ϵ_r), elevada rigidez dielétrica e uma tangente de perdas insignificante nas frequências de trabalho. Materiais com elevada absorção de água perdem o isolamento em contacto com a chuva ou orvalho.

Material	Absorção de Humidade	Resistência UV	Avaliação para Isoladores de RF
PTFE (Teflon)	Insignificante (< 0,01%)	Excelente	Ideal: Desempenho perfeito em HF/VHF/UHF, suporta altíssimas temperaturas e voltagens.
PETG (Impressão 3D)	Muito Baixa (< 0,2%)	Boa	Excelente: Ideal para fabrico caseiro de isoladores de extremidade e centrais de dipolo.
PVC Rígido / Tubos de Água	Baixa	Moderada	Adequado para HF: Acessível, mas degradar-se-á em VHF/UHF e resseca sob exposição solar prolongada.
PLA (Impressão 3D)	Elevada (Higroscópico)	Fraca	Inadequado: Absorve humidade do ar, aumentando as perdas de RF até provocar arcos elétricos.



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

- **Componentes Artesanais em Impressão 3D:** Peças como isoladores de extremidade (*dogbones*), organizadores de enrolamento (*winders*) e caixas de transformadores devem ser impressas em PETG ou ASA, com densidade de preenchimento (*infill*) superior a 30% em padrão giroide e espessura de parede reforçada (mínimo 4 perímetros) para resistir ao esforço de tração.

MANUAL DE COMPONENTES ARTESANAIS EM IMPRESSÃO 3D

FABRICAÇÃO & MATERIAIS

SELECIONE PETG OU ASA PARA RESISTÊNCIA UV E TRAÇÃO

STUDIO 3D PRINTER

FILAMENTO PETG

FILAMENTO ASA

Componentes Artesanais em Impressão 3D:

Peças como isoladores de extremidade (*dogbones*), organizadores de enrolamento (*winders*) e caixas de transformadores devem ser impressas em PETG ou ASA, com densidade de preenchimento (*infill*) superior a 30% em padrão giroide e espessura de parede reforçada (mínimo 4 perímetros) para resistir ao esforço de tração.

COMPONENTES PRONTOS

A ISOLADOR DE EXTREMIDADE ("DOGBONE") (PETG)

B ORGANIZADOR DE ENROLAMENTO ("WINDER") (ASA)

C CAIXA DE TRANSFORMADOR (BALUN/UNUN) (ASA)

CAIXA À PROVA D'ÁGUA

PREENCHIMENTO GIROIDE >30%

ESPESSURA DE PAREDE REFORÇADA (MÍNIMO 4 PERÍMETROS)

RESISTE À TRAÇÃO

EXEMPLO DE USO EM CAMPO

ISOLADOR ARTESANAL PARA ANTENA DÍPOLO

ORGANIZADOR WINDER

ORGANIZAÇÃO DE FIOS DE ANTENA

CAIXA PARA TRANSFORMADOR DE ANTENA

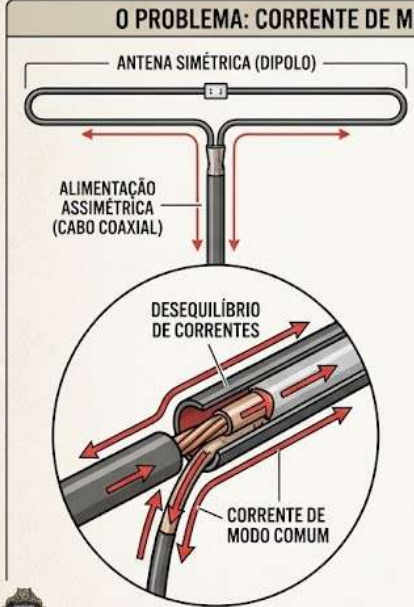
CAIXA DE TRANSFORMADOR

4.3. Correntes de Modo Comum, Chokes de RF e Núcleos de Ferrite

Quando uma antena simétrica (ex: dipolo) é alimentada diretamente por uma linha assimétrica (cabo coaxial), surge um desequilíbrio de correntes. Uma parte da energia regressa à estação circulando pelo exterior da malha do cabo coaxial. Esta é a **corrente de modo comum**.

GUIA TÉCNICO DE CAMPO: CONTROLE DE CORRENTES DE MODO COMUM E CHOKES DE RF

O PROBLEMA: CORRENTE DE MODO COMUM



CONSEQUÊNCIAS DO MODO COMUM

- CABO PASSA A COMPORTAR-SE COMO PARTE DO ELEMENTO RADIANTE
- DISTORÇÃO DO DIAGRAMA DE RADIAÇÃO
- CAPTAÇÃO DE QRM (RUIDO ELETROMAGNÉTICO)
- INJEÇÃO DE RF NO CHASSIS DO RÁDIO

A SOLUÇÃO: CHOKES DE RF (BALUNS 1:1 DE CORRENTE)

CHOKE DE AR ("UGLY CHOKE")



6-10 VOLTAS DE CABO COAXIAL

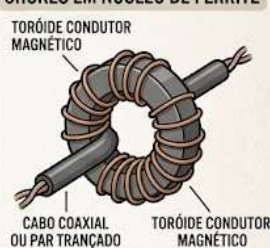
FUNCIONA COMO UMA INDUTÂNCIA EM SÉRIE NA MALHA EXTERIOR

TUBO DE PVC (10-15 cm diâmetro)

CARACTERÍSTICAS:

- LARGURA DE BANDA ESTREITA, BAIXA EFICIÊNCIA
- HF BAIXO (1,8 MHz a 7 MHz)

CHOKES EM NÚCLEO DE FERRITE



TORÓIDE CONDUTOR MAGNÉTICO

CABO COAXIAL OU PAR TRANÇADO

TORÓIDE CONDUTOR MAGNÉTICO

GUIA DE SELEÇÃO DE MISTURA (MIX) DE FERRITE

MIX 31 (Manganês-Zinco)	MIX 43 (Níquel-Zinco)	MIX 61 (Níquel-Zinco)
Impedância de bloqueio máxima entre 1 MHz e 30 MHz. Excelente para eliminação de RFI e chokes de HF.	Desempenho otimizado entre 10 MHz e 300 MHz. O standard mais versátil para HF alto e VHF.	Desenvolvido para frequências elevadas, atuando de eficazmente entre 20 MHz e 500 MHz (VHF/UHF).
↑ PERFORMANCE	↑ PERFORMANCE	↑ PERFORMANCE



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

- **Consequências do Modo Comum:** O cabo coaxial passa a comportar-se como parte integrante do elemento radiante da antena, provocando distorção no diagrama de radiação, captação de ruído eletromagnético local na receção (QRM) e injeção de radiofrequência no chassis do rádio (queimaduras de RF no operador e interferências em equipamentos eletrónicos).
- **Chokes de RF (Baluns 1:1 de Corrente):**
 - *Choke de Ar (Ugly Choke):* Construído enrolando 6 a 10 voltas de cabo coaxial sobre um tubo de PVC de 10 cm a 15 cm de diâmetro. Funciona como uma indutância em série na malha exterior. No entanto, apresenta uma largura de banda muito estreita e baixa eficiência em HF baixo (1,8 MHz a 7 MHz).
 - *Chokes em Núcleo de Ferrite:* Utilizam um toroide condutor magnético sobre o qual o cabo coaxial ou par trançado é enrolado.
- **Seleção da Mistura (Mix) de Ferrite:**
 - *Mix 31 (Manganês-Zinco):* Impedância de bloqueio máxima entre 1 MHz e 30 MHz. Excelente para eliminação de RFI e chokes de HF.
 - *Mix 43 (Níquel-Zinco):* Desempenho otimizado entre 10 MHz e 300 MHz. O standard mais versátil para HF alto e VHF.
 - *Mix 61 (Níquel-Zinco):* Desenvolvido para frequências elevadas, atuando eficazmente entre 20 MHz e 500 MHz (VHF/UHF).



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752



4.4. Construção de Transformadores de Impedância (Baluns e Ununs)

Os transformadores de impedância adaptam a alta ou baixa impedância da antena aos 50 Ω caraterísticos do equipamento de rádio.

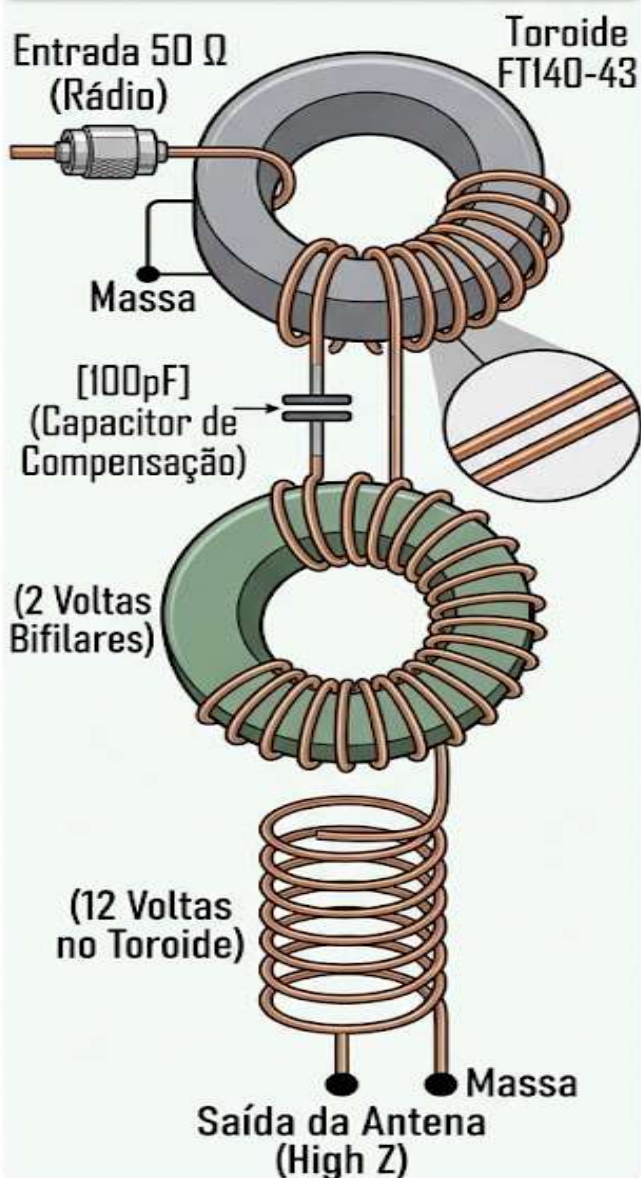


4.4. Construção de Transformadores de Impedância (Baluns e Ununs)

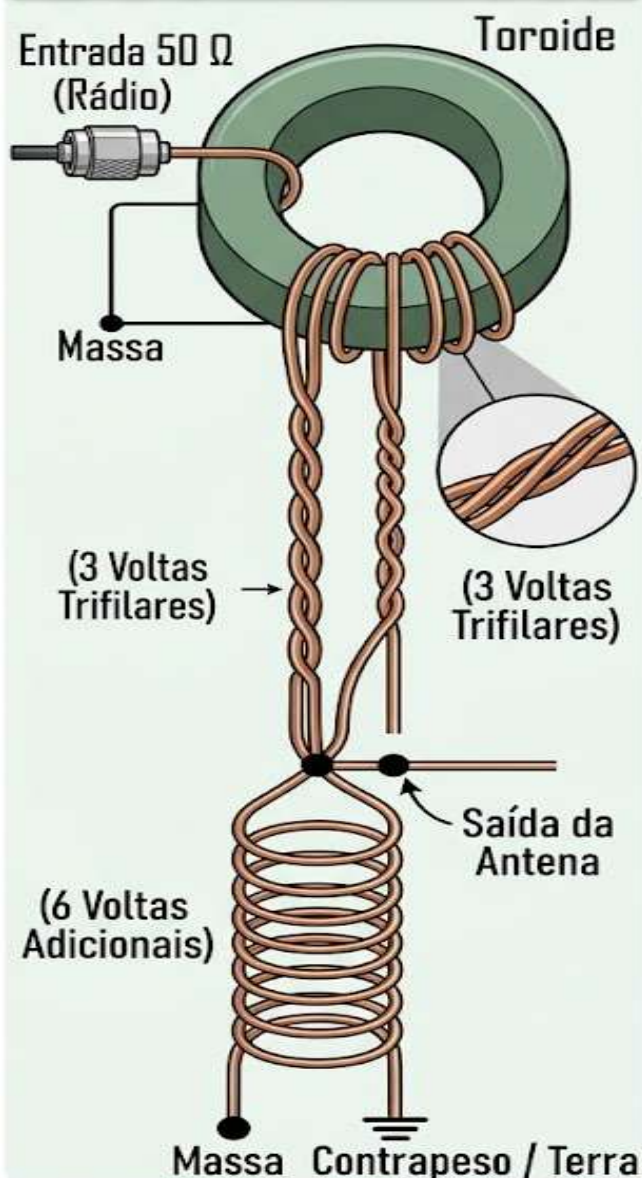


Os transformadores de impedância adaptam a alta ou baixa impedância da antena aos caraterísticos do equipamento de rádio.

UNUN 49:1 para Antenas EFHW



UNUN 9:1 para Random Wire





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



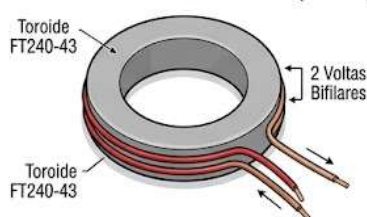
Fundado a 23 de março de 2016

- **UNUN 49:1 / 64:1 para Antenas EFHW:** Converte os $\approx 2500 \Omega - 3200 \Omega$ da extremidade de um fio de meia-onda para 50Ω . Constrói-se sobre um toroide FT140-43 ou FT240-43. O enrolamento primário consiste em 2 voltas bifilares, seguindo-se mais 12 voltas simples no secundário (relação de espiras 1: 7, resultando numa transformação de impedância de $1^2 : 7^2 = 1 : 49$). É indispensável a instalação de um condensador cerâmico de alta voltagem (100 pF / 1 kV a 3 kV) em paralelo com a entrada de 50Ω para compensar a indutância de dispersão nas bandas mais altas (21 MHz a 28 MHz).

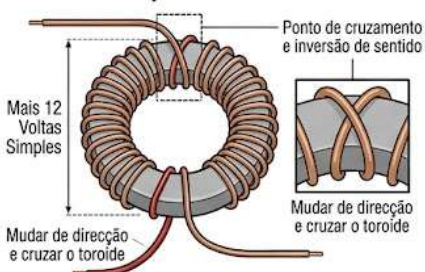
CONSTRUÇÃO DE UM UNUN 49:1 (1:7 RÁCIO) PARA ANTENA EFHW

ETAPAS DE ENROLAMENTO NO TOROIDE (RÁCIO 2:14)

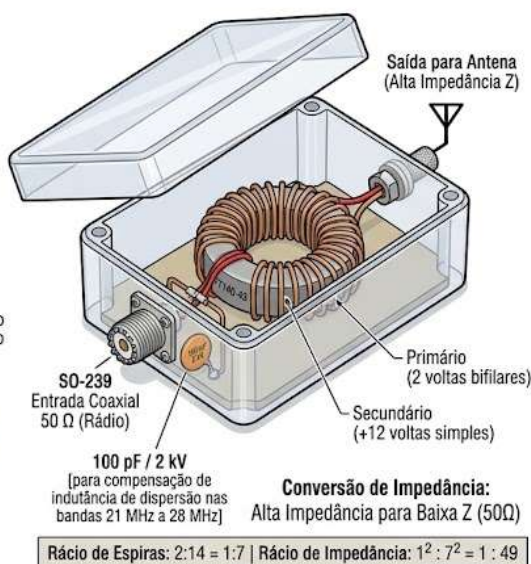
Passo 1: Iniciar Enrolamento Bifilar (2 voltas)



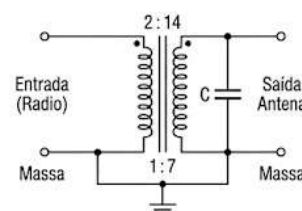
Passo 2: Continuação do Secundário e Cruzamento



VISÃO GERAL DO UNUN COMPLETO EM CAIXA



ESQUEMA ELÉCTRICO E FICHA TÉCNICA



FICHA TÉCNICA DO PROJECTO

Parâmetro	Valor / Tipo
Toroide	FT240-43 (ou FT140-43)
Rácio de Espiras	2:14 (equiv. 1:7)
Rácio de Impedância	49:1 ($1^2 : 7^2$)
Condensador	100 pF / 1kV a 3kV
Gama de Compensação (Cap.)	21 MHz - 28 MHz (compensação indutância de dispersão)





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

- **UNUN 9:1 para Random Wire:** Transforma a impedância intermédia ($\approx 450 \Omega$) de fios de comprimento não-ressonante. Utiliza um enrolamento trifilar de 9 voltas sobre um toroide FT140-43, interligando os enrolamentos em série para obter uma relação de espiras de 1:3 (transformação $1^2:3^2 = 1:9$).





Fundado a 23 de março de 2016

4.5. Tipologias de Linhas de Transmissão

A escolha do meio que transporta a RF do rádio até à antena determina o nível de perdas do sistema.

- **Linhas Abertas (Ladder Line / Twin-Lead):**

- Consistem em dois condutores paralelos mantidos a uma distância constante por espaçadores dielétricos.
- Impedâncias típicas de 300 Ω e 450 Ω .
- Apresentam atenuação extremamente baixa (inferior a 0,5 dB / 100 m em HF), permitindo operar com valores de ROS elevados na linha quando associadas a um acoplador simétrico.
- **Limitação:** Não podem ser encostadas a objetos metálicos, solo ou estruturas húmidas, pois o campo eletromagnético expande-se no espaço entre e em redor dos condutores.

4.5. TIPOLOGIAS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO

A escolha do meio que transporta a RF do rádio até à antena determina o nível de perdas do sistema.

Linhas Abertas (Ladder Line / Twin-Lead)

Impedâncias Típicas: e

Atenuação < em HF

Campo Eletromagnético (fringe field)

Apresentam atenuação extremamente **baixa**... permitindo operar com valores de ROS elevados... quando associadas a um **acoplador simétrico**.

Atenuação vs. Frequência

Limitação

Não podem ser encostadas a objetos metálicos... solo ou estruturas húmidas.

CORECTO

Mantenha longe de objetos metálicos e do solo.

INCORRECTO



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

• Cabos Coaxiais Flexíveis:

- **RG-58:** Diâmetro de 5 mm. Leve e maleável, ideal para lances curtos em mochila (< 10 m) na faixa de HF. Perdas elevadas em VHF/UHF.
- **RG-213:** Diâmetro de 10,3 mm. Robusto, suporta elevadas potências e apresenta baixas perdas em HF. Peso elevado para transporte apeado.
- **RG-316:** Diâmetro de 2,5 mm com dielétrico em PTFE e condutor prateado. Extremamente leve e resistente a altas temperaturas, perfeito para chicotes internos e montagens ultra-portáteis de baixa potência (QRP).
- **LMR-400:** Coaxial de 10,3 mm com condutor central de alumínio cobreado e dielétrico de espuma de polietileno expandido. Apresenta perdas baixíssimas, sendo o padrão para ligações em UHF e redes LoRa / Meshtastic a 868 MHz.

MANUAL DE CABOS COAXIAIS FLEXÍVEIS: CARACTERÍSTICAS & APLICAÇÕES

1. RG-58 (Cabo HF Leve)	2. RG-213 (Cabo HF Alta Potência)	3. RG-316 (Cabo Ultra-Portátil QRP)	4. LMR-400 (Cabo UHF Baixas Perdas)
Condutor Central Dielétrico PE Malha de Cobre Estanhado Capa PVC Diâmetro: ~5mm	Condutor Robusto Malha de Alta Cobertura Capa Robusta PVC Dielétrico Espesso Diâmetro: ~10.3mm	Condutor Prateado (Ag/C-S) Dielétrico PTFE Malha de Prata Capa FEP (Alta Temp) Diâmetro: ~2.5mm	Alumínio Cobreado Dielétrico de Espuma PE Escudo de Alta Cobertura Capa Espessa Diâmetro: ~10.3mm
Leve & Maleável Lances Curtos HF (Mochila) Perdas Elevadas em VHF/UHF	Robusto Suporta Altas Potências HF (ex: 1kW) Baixas Perdas HF Não Adequado Apeado	Extremamente Leve Ultra-Portátil (QRP) Perfeito Chicotes Internos Resistente a Altas Temps	Perdas Baixíssimas Padrão UHF (400-900 MHz) Perfeito p/ LoRa / Meshtastic (868 MHz) Padrão UHF (400-900 MHz) Perfeito p/ LoRa / Meshtastic Conductor Al/Cu & Espuma PE



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

4.6. Análise Comparativa e Controlo de Qualidade em Cabos Coaxiais

A tabela seguinte apresenta a atenuação por inserção típica (em dB por cada 100 metros de cabo a 20°C):

Modelo de Cabo	Diâmetro Exterior	Atenuação em 3,5 MHz	Atenuação em 28 MHz	Atenuação em 145 MHz	Atenuação em 435 MHz	Atenuação em 868 MHz
RG-316	2,5 mm	4,5 dB	11,0 dB	26,1 dB	46,2 dB	68,0 dB
RG-58 C/U	5,0 mm	2,4 dB	6,8 dB	17,0 dB	31,5 dB	47,2 dB
RG-213 /U	10,3 mm	1,2 dB	3,5 dB	8,9 dB	16,5 dB	25,8 dB
LMR-400	10,3 mm	0,8 dB	2,1 dB	4,9 dB	8,8 dB	12,8 dB

GUIA DE CAMPO PARA MODELOS DE CABOS COAXIAIS: CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES PRÁTICAS EXEMPLIFICATIVAS

CONCEITO DE ATENUAÇÃO (Perda de Energia Prática):

Diagrama de um cabo coaxial mostrando a entrada de RF (RF IN) e a saída de RF (RF OUT). O cabo é composto por um dielétrico de alta qualidade e uma malha de cobertura total. A atenuação é representada por uma curva que diminui com a frequência, indicando que a perda de sinal por metro é menor em frequências mais altas.

EXEMPLO DE APLICAÇÃO DE CAMPO: BAIXA ATENUAÇÃO NO VEÍCULO MÓVEL

CABO RG-213 /U CORRE DA ANTENA DE TEJADILHO PARA O RÁDIO DE INTERIOR (Baixa Perda conceitual)

USO PRÁTICO: HF & VHF MÓVEL DE ALTA POTÊNCIA conceitual

TEJADILHO VHF/UHF

Usar conectores de alta qualidade (ex: Amphenol)

A Aplicação de Baixa Atenuação no Veículo conceitual exemplificada: O RG-213 /U permite levar potência máxima conceitual das antenas de tejadilho para o rádio no tablier, minimizando a perda em lances longos conceitual.

MODELOS E CARACTERÍSTICAS PRÁTICAS (Exemplos)

MODELO: RG-316

Dielétrico de PTFE, Dielétrico, Malha, Capa

Diâmetro Exterior conceitual: Pequeno Diâmetro conceitual (Ex: ~2.5mm)

Exemplos Conceituais

MODELO: RG-58 C/U

Dielétrico Central, Dielétrico, Malha, Capa

Diâmetro Exterior conceitual: Diâmetro Médio (Ex: ~5mm)

Ideal para conexões internas e QRP conceitual.

MODELO: RG-213 /U

Condutor Central, Dielétrico, Malha, Capa

Diâmetro Exterior conceitual: Grande Diâmetro conceitual (Ex: ~10.3mm)

Uso geral em instalações de campo e móveis (HF/VHF conceitual).

MODELO: RG-213 /U

Foam dielétrico, Dielétrico de polietileno expandido, Malha, Capa

Diâmetro Robusto & Alta Capacidade conceitual

Diâmetro Conceitual Robusto (Ex: ~10.3mm conceitual)

EXEMPLO DE USO MAÇOILLO (de Baixa Atenuação)

A Aplicação de Baixa Atenuação no Veículo conceitual exemplificada: O RG-213 /U permite levar potência máxima conceitual das antenas de tejadilho para o rádio no tablier, minimizando a perda em lances longos conceitual.

EXEMPLO DE REDE DE CAMPO: UHF & MICRO-ONDAS (LoRa/Meshtastic)

CABO LMR-400: BAIXA ATENUAÇÃO EM UHF conceitual

USO PRÁTICO: LoRa GATEWAY e MESHTASTIC BASE conceitual

NÓ MESHTASTIC DE ALTA FREQUÊNCIA conceitual

USO PRÁTICO: CO COMUNICAÇÕES UHF DENTRO DE CAMPO

Atenção: A impedância conceitual de 50 Ohms deve ser mantida conceitual com precisão conceitual.

A Aplicação conceitual em Altas Frequências exemplificada: O LMR-400 conceitual é crucial para UHF (Meshtastic 433 MHz, LoRa 868 MHz conceitual, satélite conceitual), onde a perda conceitual de sinal por metro conceitual é mais crítica.



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Controlo de Qualidade e Detecção de Réplicas:

- **Densidade da Malha:** Cabos coaxiais de fraca qualidade apresentam malhas de blindagem esparsas (cobertura < 65%). Para aplicações de campo, exige-se uma cobertura mínima de 85% a 95% em cobre trançado.
- **Condutores CCA (Copper-Clad Aluminum):** Réplicas económicas utilizam alumínio revestido por uma fina camada de cobre. Apresentam menor resistência mecânica, degradam-se rapidamente com flexões e sofrem forte corrosão galvânica em ambientes húmidos.
- **Teste com Analisador Vetorial (NanoVNA):** O controlo de qualidade executa-se medindo o parâmetro S_{21} (Atenuação/Perda por Inserção) com o cabo terminado em carga de 50Ω , verificando a existência de descontinuidades de impedância causadas por esmagamentos no dielétrico.



4.7. Conectorização, Estanquidade e Alívio de Tensão Mecânica

A falha na conectorização representa a principal causa de avaria em estações de radiocomunicação no terreno.

- **Tipologias de Conectores:**

- **PL-259 / SO-239 (UHF):** Padrão robusto para HF e VHF baixo. Não possui impedância constante de 50 Ω , não sendo recomendado para frequências superiores a 148 MHz.
- **BNC:** Conector de baioneta de encaixe rápido. Mantém a impedância de 50 Ω até 4 GHz. É o conector preferencial para operação tática e portátil.
- **SMA:** Conector roscado de pequenas dimensões utilizado em equipamentos portáteis (PMR446, rádios de amador e módulos LoRa). Requer cuidado extremo ao roscar para evitar danificar os fios de rosca.
- **Tipo N:** Conector de alta precisão roscado com vedante de borracha interno. Mantém impedância constante de 50 Ω até 18 GHz, sendo impermeável e obrigatório em ligações de UHF e 868 MHz expostas ao tempo.





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

- **Impermeabilização Tática no Campo:** A água que penetra na malha do cabo coaxial atua por capilaridade, destruindo as propriedades do dielétrico ao longo de vários metros. A estanquidade garante-se em três camadas:
 1. Aplicação de fita isoladora de PVC sobre o conector soldado para facilitar remoções futuras.
 2. Enrolamento sob tração de **fita auto-vulcanizável de borracha de etileno-propileno (EPR)**, cobrindo todo o conector e 5 cm do cabo coaxial. A fita funde-se numa massa de borracha sólida e impermeável.
 3. Revestimento final com fita isoladora de PVC com resistência UV para proteger a camada auto-vulcanizável do ressecamento solar.

MANUAL DE CAMPO: IMPERMEABILIZAÇÃO TÁTICA E ALÍVIO DE TENSÃO MECÂNICA

IMPERMEABILIZAÇÃO TÁTICA NO CAMPO

(Exemplificação Tática)

PROBLEMA DA CAPILARIDADE:
Penetração de água → Capilaridade → Destruição do dielétrico

ESTANQUIDADE EM TRÊS CAMADAS

CAMADA 1:
FITA ISOLADORA DE PVC (fácil remoção)

Cuttavavis para soldadura conceptual

Soldadura connector

CAMADA 2:
FITA AUTO-VULCANIZÁVEL DE EPR (enrolamento sob tração conceptual)

FUSÃO EM MASSA SÓLIDA E IMPERMEÁVEL

Linhas

TRAÇÃO

CAMADA 3:
FITA ISOLADORA DE PVC RESISTENTE UV (proteção solar conceptual)

Proteção contra ressecamento solar conceptual

Resistência UV conceptual

ALÍVIO DE TENSÃO MECÂNICA

(Strain Relief)

PONTO DE ALIMENTAÇÃO DA ANTENA:
O peso do cabo suspenso nunca deve ser suportado pela soldadura conceptual

USO INCORRETO

(Falha conceptual)

Peso do cabo suportado pelo pino conceptual

SOLDA DE PINO FALHADA (esforço no pino conceptual)

AVISO: Peso nunca suportado

USO CORRETO

(Soluções de Alívio de Tensão)

OPÇÃO 1:
NYLON E CORDINO (nós e abraçadeiras conceptual)

Abraçadeiras de Nylon Reforçadas

Cordino de Parapente (nós de amarração)

Lashings de Lashindo

OPÇÃO 2:
PASSADOR DE CABO (passadores com alívio de tração conceptual)

Passadores de Cabo (alívio de tração conceptual)



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

- **Alívio de Tensão Mecânica (Strain Relief):** O peso de um cabo coaxial suspenso nunca deve ser suportado pela soldadura dos pinos do conector. No ponto de alimentação da antena, o cabo deve ser fixado mecanicamente ao isolador central ou placa de suporte através de abraçadeiras de nylon reforçadas, nós de amarração em Paracord ou passadores de cabo com alívio de tração antes da conectorização.

ALÍVIO DE TENSÃO MECÂNICA (STRAIN RELIEF): O peso de um cabo coaxial suspenso nunca deve ser suportado pela soldadura dos pinos do conector. No ponto de alimentação da antena, o cabo deve ser fixado mecanicamente ao isolador central ou placa de suporte através de abraçadeiras de nylon reforçadas, nós de amarração em cordão de parapente ou passadores de cabo com alívio de tração antes da conectorização.

VISÃO GERAL DO ALÍVIO DE TENSÃO

MÉTODOS DE FIXAÇÃO EXEMPLIFICATIVOS

PADRÃO DE QUALIDADE DO CLUBE BEAR

Capítulo 5: Projetos Práticos de Construção de Antenas de Fortuna por Cenário

5.1. Projeto 1 — Antenas Táticas para CB (27 MHz)

A operação em mobilidade ou em posto de comando móvel na Faixa do Cidadão exige soluções adaptadas à frequência central de 27,205 MHz (Canal 20), onde o comprimento de onda no ar é $\lambda = 11,02$ m.

Projeto A: Montagem Veicular Ressonante de Alto Rendimento

Em veículos todo-o-terreno, a eficiência da antena depende da massa metálica da carroçaria. Antenas de base magnética sofrem perdas por acoplamento capacitivo imperfeito; a instalação tática requer fixação mecânica direta ao chassis.

PROJETO A: MONTAGEM VEICULAR RESSONANTE DE ALTO RENDIMENTO

Estruturar materiais e dosar as ligações nos pontos de fixação da antena, permitindo avarias aversadas para auto Galloper es, e detação direto contacuem, primeros pronima rodicata de fixação em fita de Cobre Entrançada em com olhais de eullicizada.

MATERIAIS NECESSÁRIOS

- 1 Antena
 - Antena com Bobina de Carga na Base e SO-239
- Base de Fixação Reforçada
- Cabo de Massa em Fita de Cobre Entrançada com Olhais de Cravar
- 1 Cabo Coaxial RG-58 C/U

Wavelength elétrica

$\lambda/4$ $\lambda/4$ $\lambda/2$ $\lambda/2$

$V_p = V_p = 5.v/4$

PROCEDIMENTO DE INSTALAÇÃO E ADAPTAÇÃO AO CHASSIS

- 1
- 2 METAL LIMPO
- 3 Cabos de Ignição
- 4 ROS MÍNIMA (1:1:1)

Sem Vincos Rígidos

CANAL 20 (27.205 MHz)



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

- **Materiais Necessários:**

- Haste de aço inoxidável flexível ou fibra de 2,75 m ($1/4\lambda$ integral) ou haste comercial de 1,5 m com bobina de carga na base.
- Base de fixação reforçada com conector SO-239 montada em suporte de para-choques ou galeria de tejadilho.
- Cabo de massa em fita de cobre entrançada de 25 mm² com olhais de cravar.
- Cabo coaxial RG-58 C/U de 50 Ω (comprimento de linha ajustado a 3,65 m ou 5,48 m — múltiplos elétricos de $1/2\lambda$ com $VF = 0,66$).

- **Procedimento de Instalação e Adaptação ao Chassis:**

1. Fixar o suporte metálico diretamente à estrutura do chassis do veículo. Raspar a tinta nos pontos de contacto para expor o metal limpo.
2. Interligar o corpo do suporte de fixação ao chassis através da fita de cobre entrançada para minimizar a resistência do plano de terra de RF.
3. Ligar o cabo coaxial RG-58 e encaminhá-lo para o habitáculo, evitando vincos rígidos ou proximidade a cabos de ignição do motor.
4. Ajustar o comprimento da haste até obter a ROS mínima no Canal 20 (27,205 MHz).



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Projeto B: Antena de Fio de Alto Ganho para Rádio Portátil (ex: President Randy III)

Para estender drasticamente o alcance de um walkie-talkie CB de mão sem depender de baterias adicionais, substitui-se a antena de borracha original por um sistema de fio dipolo vertical alimentado por cabo ultraligeiro.

PROJETO B: ANTENA DE FIO DE ALTO GANHO PARA RÁDIO PORTÁTIL

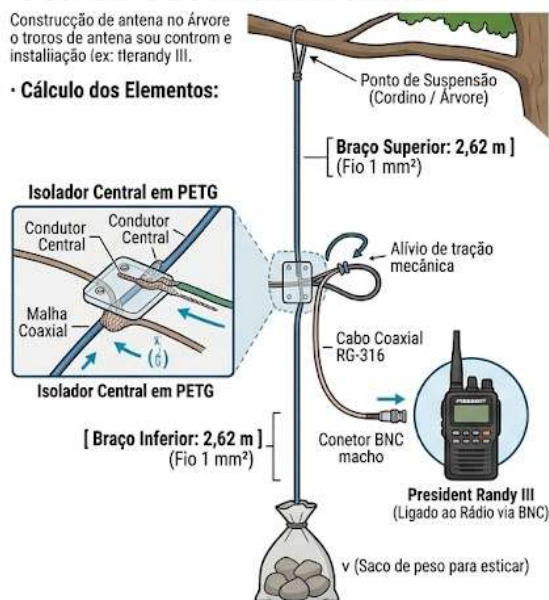
Explicação de Construção e Instalação (ex: President Randy III)



• O CONCEITO E O DIAGRAMA CENTRAL

Construção de antena no Árvore o toros de antena sou controm e instalação (ex: Randy III).

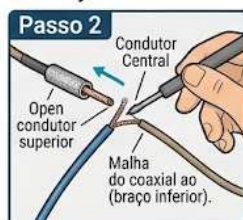
• Cálculo dos Elementos:



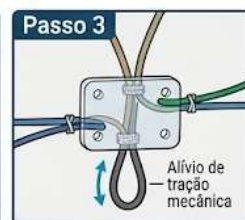
• INSTRUÇÕES DE CONSTRUÇÃO PASSO A PASSO:



Cortar dois troços de fio elétrico multifilar de [length] com [in] cada (margem de [en] para ajuste).



Soldar o condutor central de um cabo coaxial RG-316 a um dos braços (braço superior) e a malha do coaxial ao outro braço (braço inferior).



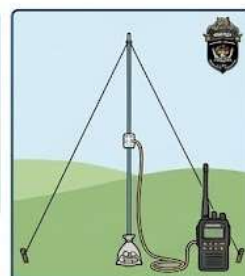
Fixar a junção central num isolador leve em PETG ou acrílico com alívio de tração mecânica.



Instalar um conector BNC macho na outra extremidade do cabo RG-316 e adaptá-lo à saída TNC/BNC do President Randy III.



Elevar o conjunto verticalmente utilizando um cordino de nylon no braço superior suspenso num ramo de árvore. Ajustar o comprimento dos braços cortando [lngt] de cada vez até atingir [gap].



INSTALAÇÃO TÍPICA NO TERRENO



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Cálculo dos Elementos:

$$\text{Comprimento de cada braço } (1/4\lambda) = \frac{300}{27,205} \cdot \frac{0,95}{4} = 2,62 \text{ m}$$

• Instruções de Construção Passo a Passo:

1. Cortar dois troços de fio elétrico multifilar de 1 mm² com 2,70 m cada (margem de 8 cm para ajuste).
2. Soldar o condutor central de um cabo coaxial RG-316 a um dos braços (braço superior) e a malha do coaxial ao outro braço (braço inferior).
3. Fixar a junção central num isolador leve em PETG ou acrílico com alívio de tração mecânica.
4. Instalar um conetor BNC macho na outra extremidade do cabo RG-316 e adaptá-lo à saída TNC/BNC do President Randy III.
5. Elevar o conjunto verticalmente utilizando um cordino de nylon no braço superior suspenso num ramo de árvore. Ajustar o comprimento dos braços cortando 1 cm de cada vez até atingir ROS < 1,3: 1.



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

5.2. Projeto 2 — Extensão de Alcance Tática para PMR446 (446 MHz)

A legislação do serviço PMR446 proíbe qualquer alteração física nos rádios (antena amovível ou conector externo de RF). A extensão de alcance efetua-se exclusivamente por métodos passivos externos.

Projeto A: Refletor de Canto Passivo (Corner Reflector 90°)

Esta estrutura atua como uma antena parabólica angular, captando o sinal omnidirecional emitida pelo rádio PMR446 e re-radiando-o num feixe estreito de alto ganho (≈ 8 dBi).

5.2. Projeto 2 — Extensão de Alcance Tática para PMR446 (446 MHz)

PROJETO A: REFLETOR DE CANTO PASSIVO (CORNER REFLECTOR 90°)

Especificações e Materiais:

- Placas rígidas de contraplacado/plástico (30x40cm) revestidas a fita de alumínio espessa
- Dobradiça central sintética ajustável (90°)
- Discreto placó Raptor texture

Cálculo da Distância Focal (d):
Para $f = 446$ MHz, $\lambda = 67.2$ cm.
Distância ideal: $d \approx 0.25 * 67.2$ cm = 16.8 cm (frequência central)

Visão Superior (Geometria a 90°)

Feixe estreito de alto ganho

Vértice a 90°

Refletor Esquerdo (30 cm)

Refletor Direito (30 cm)

$d = 16.8$ cm

Posição do Rádio PMR446 * (Ponto Focal: $d = 16.8$ cm)

Placas rígidas de contraplacado/plástico (30x40cm) revestidas a fita de alumínio espessa

Para $f = 446$ MHz, $\lambda = 67.2$ cm.
Distância ideal: $d \approx 0.25 * 67.2$ cm = 16.8 cm (frequência central)

Dobradiça central sintética ajustável (90°)



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

- **Especificações e Materiais:**

- Duas placas rígidas de contraplacado ou plástico de 30 × 30 cm, revestidas a fita de alumínio espessa ou folha de cobre.
- Dobradiça central sintética ajustável a um ângulo exato de 90°.
- Suporte plástico ajustável para posicionar o rádio PMR446 na bissetriz do ângulo.

- **Cálculo da Distância Focal (d):**

Para $f = 446,050$ MHz, o comprimento de onda é $\lambda = 67,2$ cm. A distância ideal do centro da antena do rádio ao vértice do refletor é de $1/4\lambda$:

$$d = \frac{67,2 \text{ cm}}{4} = 16,8 \text{ cm}$$



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Projeto B: Laço de Acoplamento Indutivo por Proximidade

Permite transferir a RF da antena fixa do PMR446 para uma antena externa (ex: Yagi no topo de um mastro) por indução magnética de campo próximo, sem contacto elétrico direto ou modificação do chassis.





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

- **Instruções de Construção:**

1. Enrolar 3 voltas de fio de cobre isolado de 1 mm^2 em redor da base da antena de borracha do rádio PMR446, criando um acoplador cilíndrico justo.
2. Soldar uma das extremidades da espira ao condutor central de um cabo coaxial flexível RG-316 e a outra extremidade à malha.
3. Ligar a outra extremidade do cabo coaxial a uma antena Yagi-Uda de 50Ω calibrada para 446 MHz. A perda de conversão por acoplamento indutivo é de cerca de 3 dB, mas o ganho da antena externa ($> 9 \text{ dBi}$) compensa largamente a atenuação, multiplicando o alcance por três em visibilidade direta.



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752



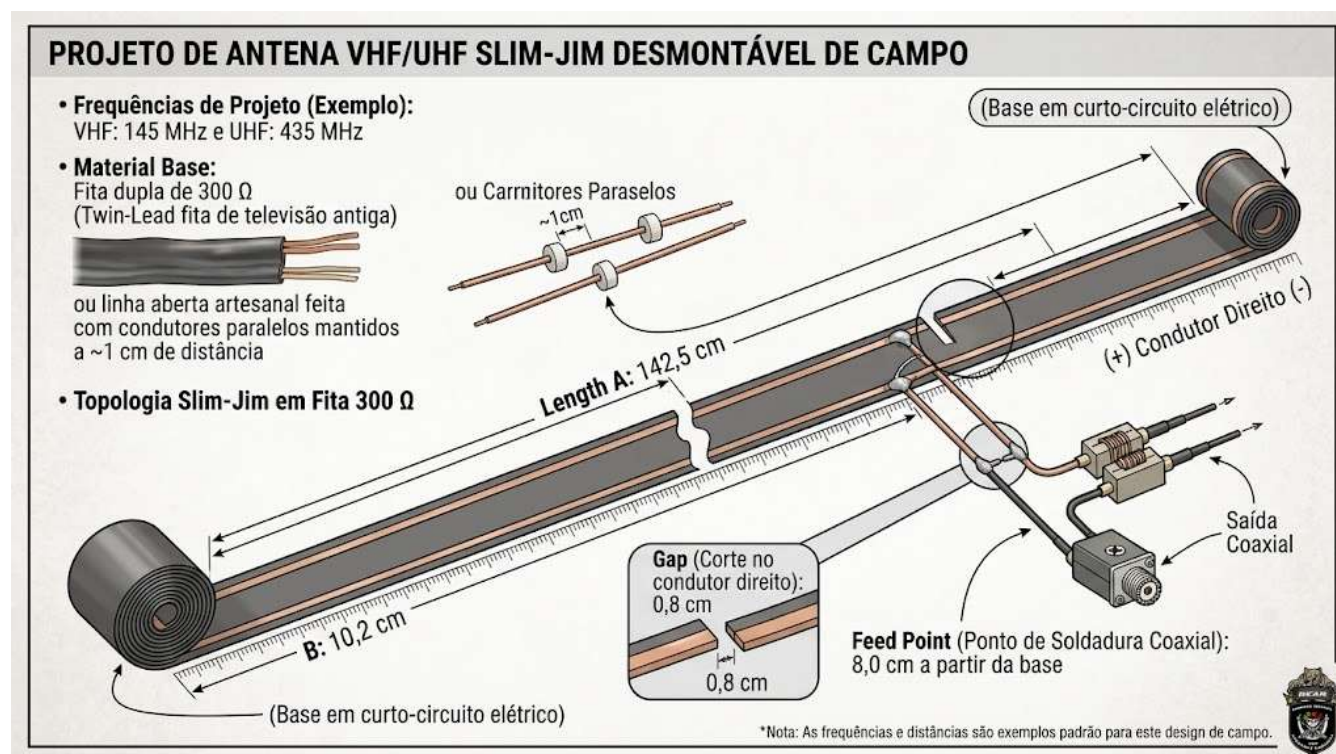
5.3. Projeto 3 — Antenas VHF/UHF Dual-Band de Campo: Soluções Táticas de Elevado Rendimento

A operação nas faixas de VHF (144 MHz) e UHF (430 MHz) representa a espinha dorsal das comunicações táticas de curto e médio alcance. Para responder às diferentes necessidades no terreno — desde a deslocação apeada contínua até à montagem de um posto de comando elevado —, este projeto desdobra-se em três soluções complementares de engenharia de fortuna.

Projeto A: Slim-Jim Flexível "Roll-Up" em Fita Dupla de 300 Ω (Mochila / Manpack)

Esta antena é otimizada para portabilidade extrema e peso insignificante (< 100 g), podendo ser enrolada num anel compacto e guardada num bolso da mochila.

- **Princípio de Funcionamento:** Consiste num dipolo de $\frac{1}{2}\lambda$ dobrado e alimentado por uma secção de adaptação de $\frac{1}{4}\lambda$ em paralelo. Concentra a radiação num ângulo rasante ao horizonte (0° a 8°), superando as antenas de borracha de fábrica em mais de 6 dB de ganho efetivo.



- **Tabela de Cotas para 145,500 MHz ($V_F = 0,85$ em fita dupla de 300 Ω):**



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Cota	Descrição do Componente	Valor em Centímetros
L_1	Comprimento total do elemento exterior ($3/4\lambda$)	131,4 cm
L_2	Elemento radiante superior ($1/2\lambda$)	87,6 cm
L_3	Secção de adaptação de base ($1/4\lambda$)	43,8 cm
Gap	Entalhe isolante no condutor secundário	2,0 cm
FP	Ponto de soldadura do coaxial (a partir da base)	7,0 cm a 8,5 cm

Instruções de Montagem:

1. Cortar 1,45 m de fita de 300Ω e soldar os condutores em curto-circuito no topo e na base.
2. Medir 43,8 cm a partir da base e efetuar um corte limpo de 2,0 cm num dos condutores laterais (Gap).
3. Soldar o condutor central do cabo RG-58/RG-316 ao condutor contínuo e a malha ao condutor interrompido, a 7,5 cm da base.
4. Enrolar 5 voltas de cabo coaxial num diâmetro de 4 cm junto à base da antena para formar um choke de RF de modo comum.
5. Selar com tubo termo-retrátil com cola e instalar um anel isolante no topo para suspensão em ramos de árvores.

MANUAL TÉCNICO: ANTENA J-POLE DE FITA (300Ω) PARA 145 MHz

CARACTERÍSTICAS DA ANTENA

- EXTREMA PORTABILIDADE - PESO INSIGNIFICANTE
- EXTREMA PORTABILIDADE - PESO INSIGNIFICANTE

PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

DIPLO DE FITA DOBRADO ($\lambda/2$ superior)

SECÇÃO DE ADAPTAÇÃO BASE ($\lambda/4$ em paralelo)

ÂNGULO INCLINADO AO HORIZONTAL

VS

“fábrica” “J-Pole”

SUPERANDO ANTENAS DE BORRACHA GANHO EFETIVO >5 dB

Facilidade de montagem

TABELA DE COTAS PARA 145 MHz (Fita dupla fita dupla fita 300Ω)

Cota	Descrição do Componente	Valor em Centímetros
L	Comprimento total do elemento exterior	130.5
$\lambda/2$ superior	Elemento radiante superior ($\lambda/2$)	87.0
S	Secção de adaptação de base (S, $\lambda/4$)	43.5
	Entalhe isolante no condutor secundário	1.0
X	Ponto de soldadura do coaxial (a partir base)	17.4

INSTRUÇÕES DE MONTAGEM (Passo a Passo)

1. CORTAR 130.5 cm FITA 300Ω E SOLDAR CURTO-CIRCUITO TOPO E BASE.
2. MEDIR 43.5 cm A PARTIR DA BASE E EFETUAR CORTE LIMPO DE 1.0 cm NUM CONDUTOR.
3. SOLDAR CONDUTOR CENTRAL RG-58 AO CONTÍNUO E MALHA AO INTERROMPIDO, A 17.4 cm BASE.
4. ENROLAR 5 VOLTAS COAXIAL NUM DIÂMETRO JUNTO À BASE DA ANTENA (CHOKER RF).
5. SELAR COM TERMO-RETRÁTEL E INSTALAR ANEL DE SUSPENSÃO NO TOPO.



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752



Fundado a 23 de março de 2016

Projeto B: Antena Vertical Dual-Band Mastro-Integrada em Cana de Pesca Telescópica (Elevação Tática de Altitude)

Quando a vegetação é escassa ou em terreno plano, a elevação da antena é o fator mais crítico para estender o horizonte radioelétrico ($d \approx 3,57 \cdot \sqrt{h \text{ (m)}}$). Este projeto utiliza uma cana de pesca telescópica como suporte rígido vertical para içar a antena a 6 – 10 metros de altura sem necessitar de pontos de ancoragem naturais.



Aviso Crítico de Segurança e Materiais:

- **Obrigatório:** Utilizar exclusivamente canas de pesca em **fibra de vidro** (pultruda). A fibra de vidro é um isolante elétrico transparente à RF.
- **Proibição Estrita:** Nunca utilizar canas de pesca em **fibra de carbono**. O carbono é um condutor elétrico que absorve a radiofrequência, altera a ressonância e destrói o diagrama de radiação da antena.



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Construção do Radiador Dual-Band "Flowerpot" Coaxial:

Constrói-se com um único lanço de cabo coaxial RG-58 montado no interior ou ao longo da cana de pesca:

1. Decapar o revestimento exterior e a malha de uma extremidade do cabo coaxial num comprimento exato de 45,7 cm (radiador de $1/4\lambda$ em VHF), deixando exposto apenas o dielétrico e o condutor central.
2. Imediatamente abaixo desse ponto, manter o cabo coaxial intacto por 45,7 cm.
3. Nesse limite, enrolar o próprio cabo coaxial em forma de bobina (choke de RF) com 5,5 voltas sobre um tubo plástico de 40 mm de diâmetro. O choke impede a passagem de corrente de RF para o resto do cabo de descida, definindo a outra metade do dipolo.

Montagem e Fixação da Cana no Terreno:

- Introduzir a fita/cabo no interior dos troços da cana de pesca antes da sua extensão, ou afixá-la externamente com abraçadeiras de velcro reutilizáveis a cada 1 metro.
- Estender os troços telescópicos da base para o topo, travando as junções com fita isoladora para evitar o colapso sob o vento.
- Fixar a base da cana a uma vedação, ao pneu do veículo (*drive-on plate*) ou ancorar no solo com 3 ventos de cordino Dacron de 2 mm dispostos a 120°.





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Projeto C: Antena Yagi-Uda Dual-Band Desmontável de Fita Métrica (Alto Ganho Direcional)

Concebida para comunicações ponto a ponto de longa distância (por exemplo, através de vales profundos ou para ligações a repetidores distantes), esta antena utiliza elementos flexíveis cortados de uma fita métrica metálica comum.



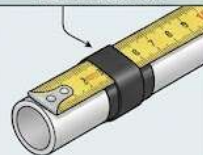
PROJETO 3C: ANTENA YAGI-UDA DUAL-BAND DESMONTÁVEL DE FITA MÉTRICA (ALTO GANHO DIRECIONAL)



Boom de PVC (20 mm de diâmetro) - Suporte Central



COMO FIXAR ELEMENTOS DE FITA MÉTRICA



Elementos flexíveis cortados de uma fita métrica metálica comum.

Concebida para comunicações ponto a ponto de longa distância (ex: através de vales profundos ou para ligações a repetidores distantes).

- **Vantagem Tática:** Os elementos em fita de aço flexível dobram-se ao passar pela vegetação densa e recuperam instantaneamente a forma reta e rígida sem deformação permanente.



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



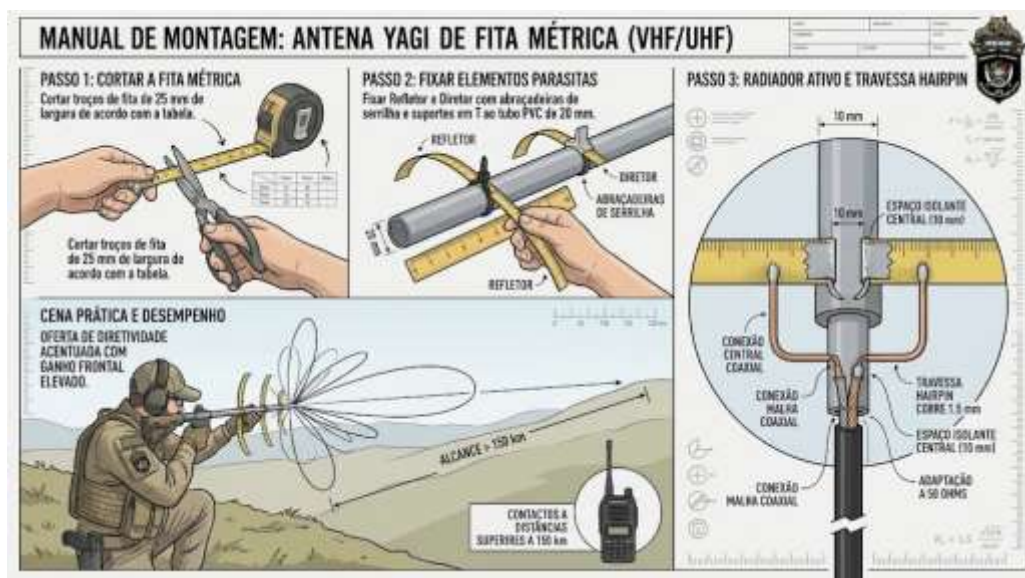
Fundado a 23 de março de 2016

Tabela de Elementos para VHF/UHF (Boom em Tubo PVC de 20 mm):

Elemento	Comprimento Físico	Posição no Boom (A partir da base)	Função Eletromagnética
Refletor	102,0 cm	0 cm	Rejeição traseira (> 15 dB) e reflexão do sinal
Radiador (Ativo)	95,0 cm (Dividido em 2 braços de 46,5 cm)	41,0 cm	Elemento alimentado por cabo coaxial de 50 Ω
Diretor	89,0 cm	71,0 cm	Focagem do feixe e ganho frontal ($\approx 7,5$ dBi)

Instruções de Montagem:

1. Cortar os troços de fita métrica metálica de 25 mm de largura de acordo com as dimensões da tabela.
2. Fixar o Refletor e o Diretor diretamente ao tubo de PVC de 20 mm utilizando abraçadeiras de serrilha e suportes plásticos em T.
3. O Radiador Ativo é dividido ao meio (deixando um espaço isolante de 2,0 cm no centro). Ligar o condutor central do cabo coaxial a um dos braços e a malha ao outro braço, conectando em paralelo uma travessa Hairpin de fio de cobre de 12 cm entre os dois braços para adaptar a impedância aos 50 Ω .
4. Esta estrutura oferece diretividade acentuada com ganho frontal elevado, permitindo efetuar contactos em VHF/UHF a distâncias superiores a 50 km em linha de vista desobstruída.



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752



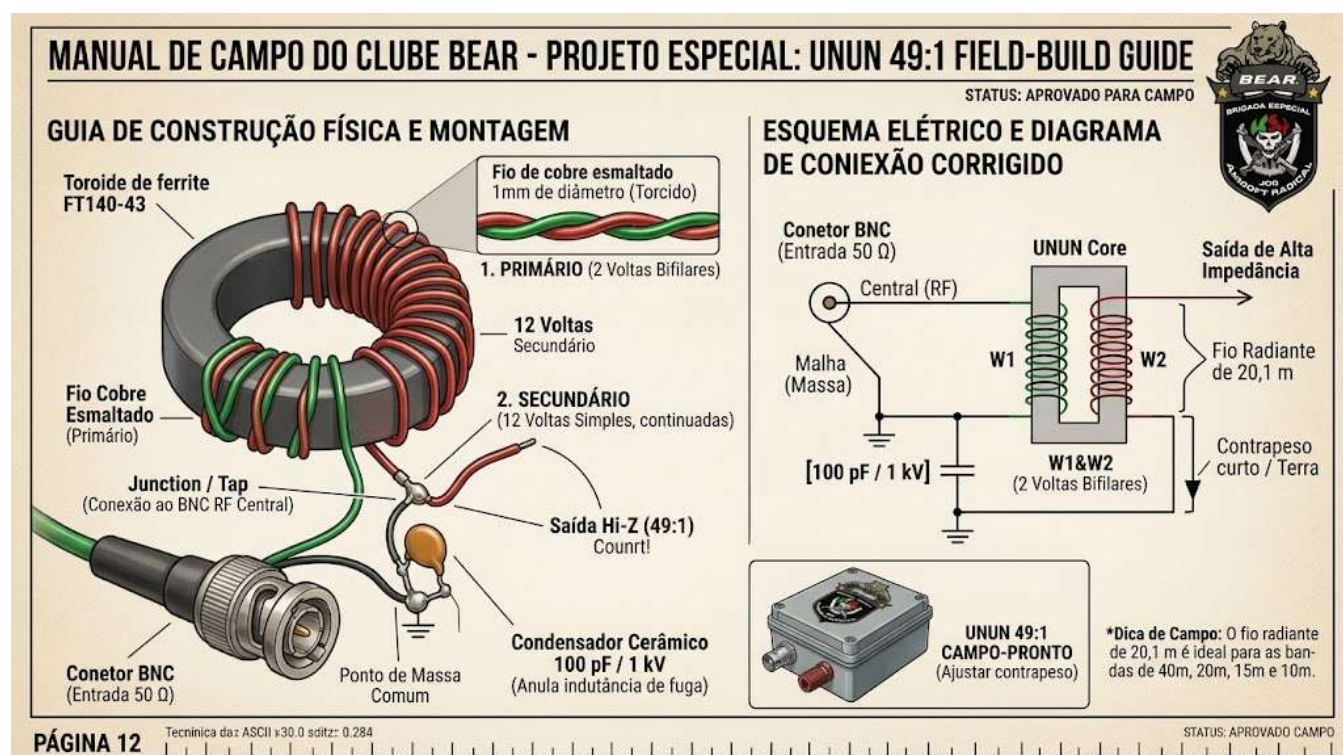


Fundado a 23 de março de 2016

5.4. Projeto 4 — Antena HF EFHW Multi-Banda Ultra-Leve para Mochila (Manpack)

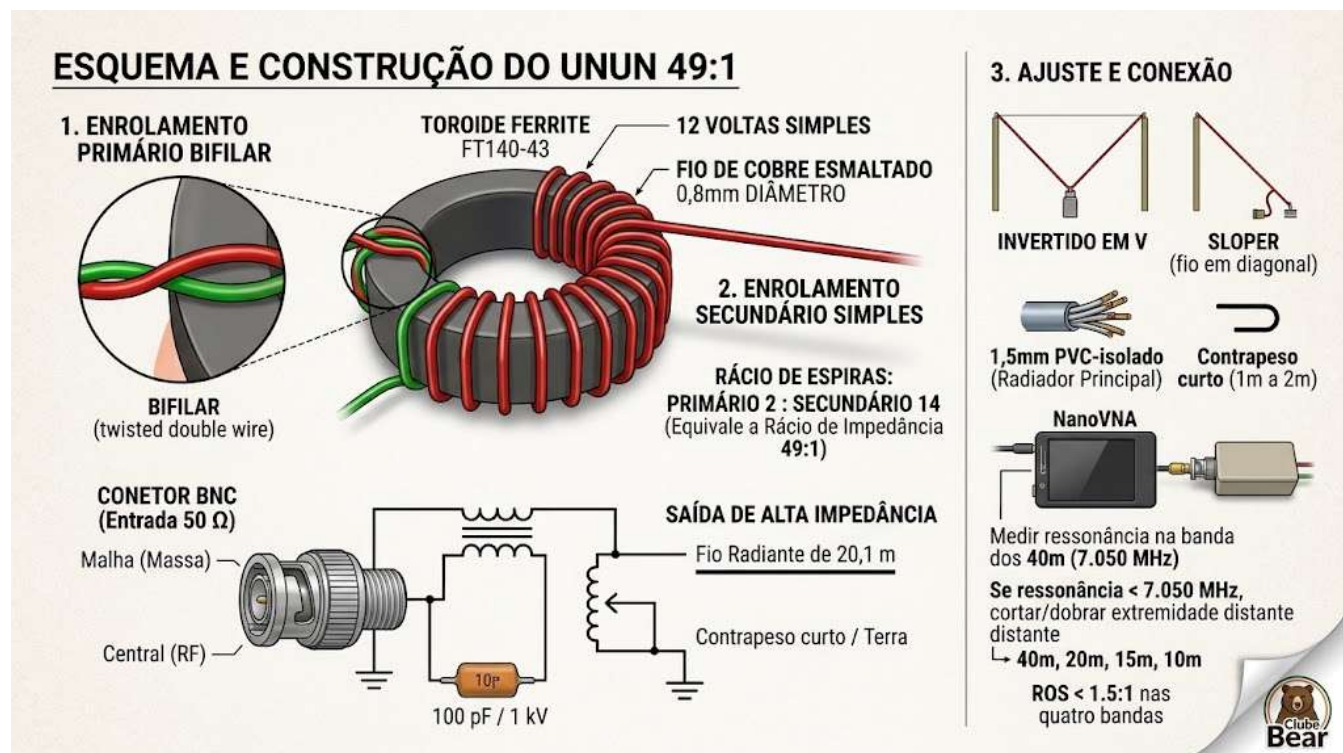
Esta antena opera nas bandas dos 40m (7 MHz), 20m (14 MHz), 15m (21 MHz) e 10m (28 MHz) sem necessidade de acoplador de antena (ATU) no rádio.

Esquema e Construção do UNUN 49:1



• Instruções do Enrolamento:

1. Enrolar 2 voltas bifilares (fio duplo torcido) na base do toroide FT140-43 (primário).
2. Continuar o condutor mais longo do secundário por mais 12 voltas simples distribuídas homogeneamente pelo corpo do toroide (relação total de 2:14 espiras = 1:7 em espiras, equivalente a 1:49 em impedância).
3. Soldar um condensador cerâmico de 100 pF/1 kV em paralelo com a entrada de 50 Ω (entre o pino central e a massa do conetor BNC) para anular a indutância de fuga nas bandas dos 15m e 10m.



Radiador Principal e Ajuste de Ressonância

- Cortar 20,50 m de fio multifilar de 0,75 mm² com isolamento em PVC.
- Conectar o fio ao terminal de alta impedância do UNUN 49:1.
- Ligar um fio de contra-peso curto (1,5 m a 2,0 m) ao terminal de massa do UNUN para estabilizar a ROS.
- Suspender a antena na configuração de Invertido em V ou Sloper (fio em diagonal).
- Medir a ressonância na banda dos 40m (7,100 MHz) com o NanoVNA. Se a ressonância ocorrer abaixo de 7,00 MHz, dobrar ou cortar 10 cm do fio na extremidade distante até obter ROS < 1,5: 1 nas quatro bandas harmonicamente relacionadas.

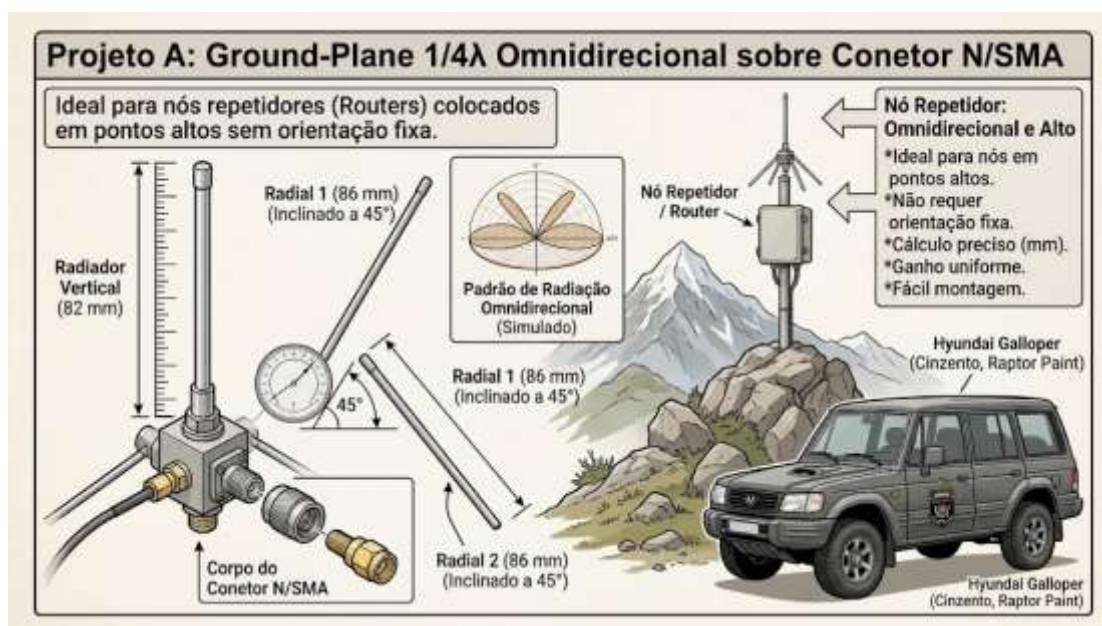
Fundado a 23 de março de 2016

5.5. Projeto 5 — Antenas de Fortuna para Redes Mesh / LoRa (868 MHz)

Em 868 MHz, as dimensões físicas exigem tolerâncias de fabrico sub-milimétricas. Erros de 2 mm no corte alteram a frequência de ressonância em mais de 20 MHz.

Projeto A: Ground-Plane 1/4λ Omnidirecional sobre Conetor N/SMA

Ideal para nós repetidores (*Routers*) colocados em pontos altos sem orientação fixa.



Materiais e Dimensões:

- 1 Conetor N fêmea (ou SMA fêmea) de painel com 4 furos de fixação.
- Haste de arame de latão ou cobre rígido de 1,5 mm de diâmetro.

Procedimento de Construção:

1. Soldar um condutor vertical de 82 mm ($1/4\lambda$ com fator de ponta) diretamente no pino central do conetor.
2. Soldar 4 radiais de 86 mm aos quatro furos do flange de massa do conetor.
3. Dobrar os 4 radiais para baixo num ângulo exato de 45° em relação ao plano horizontal. Esta inclinação eleva a impedância da base dos 35 Ω nativos do monopolo até aos 50 Ω exigidos pelo transmissor LoRa.

Projeto B: Antena Moxon Direcional Ultraligeira em Arame

A antena Moxon oferece uma impedância nativa de 50Ω , elevado ganho diretivo ($\approx 5,5 \text{ dBi}$) e relação frente-costas excedendo 20 dB, ideal para nós clientes distantes.

Geometria da Antena Moxon 868 MHz

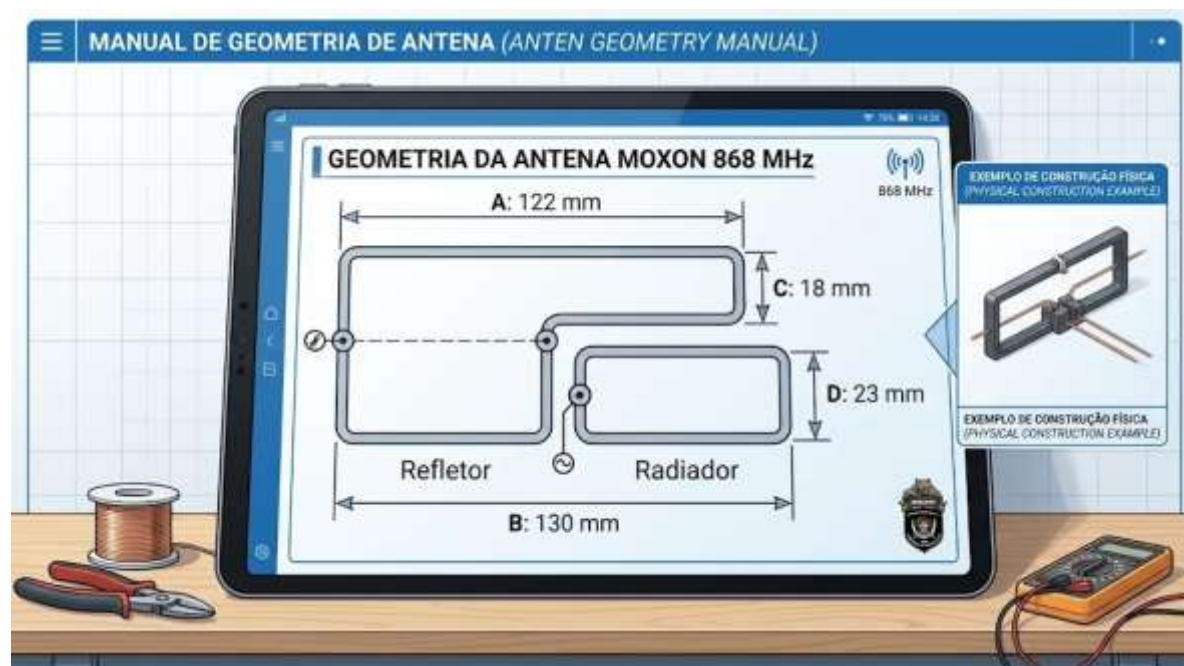


Tabela de Dimensões Críticas para 868 MHz:

Parâmetro	Função Geométrica	Dimensão Exata em Milímetros
A	Largura total do elemento radiador	122 mm
B	Largura total do elemento refletor	130 mm
C	Comprimento das dobras do radiador	18 mm
D	Comprimento das dobras do refletor	23 mm
E	Separação (Gap) entre as pontas dobradas	6 mm



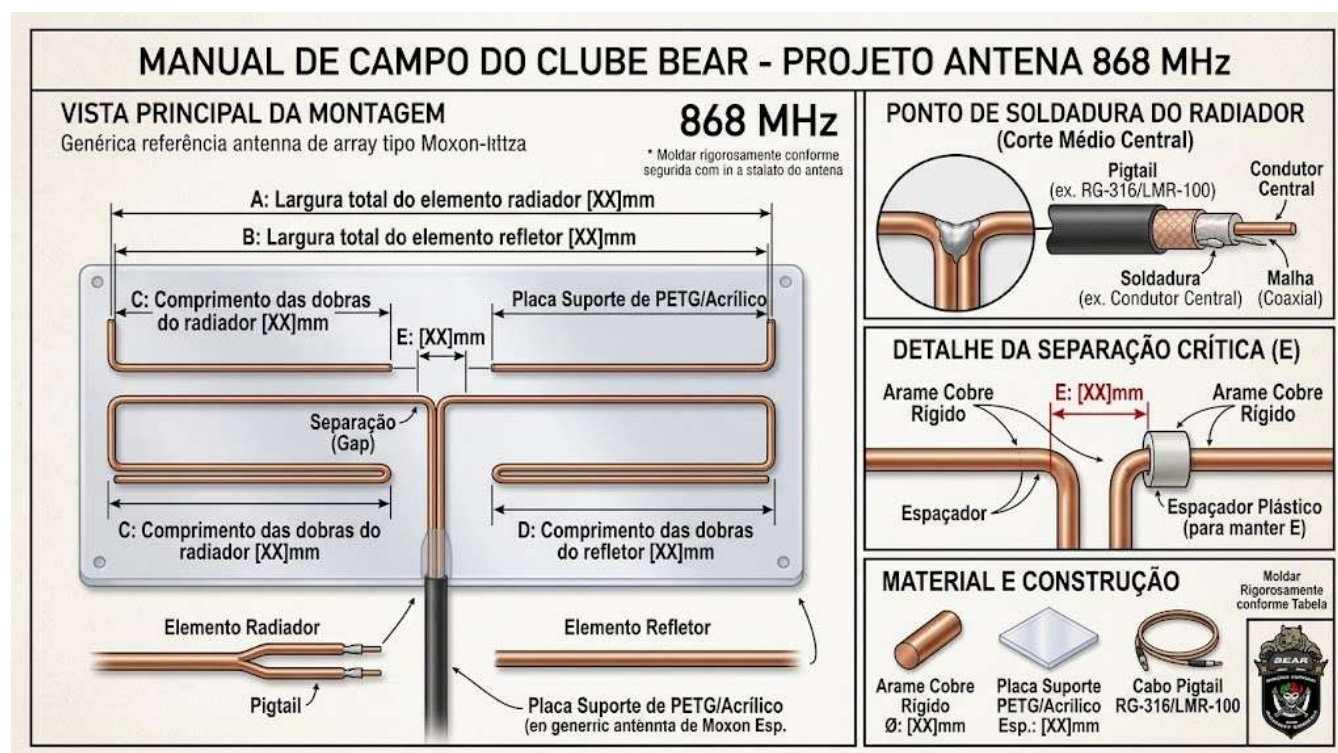
CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Montagem Estrutural:

- Utilizar arame de cobre rígido de 1,5 mm de diâmetro.
- Moldar os elementos Radiador e Refletor rigorosamente de acordo com as dimensões da tabela sobre uma placa suporte isolante de PETG ou acrílico de 2 mm.
- Manter a separação estrita de 6 mm (*Gap E*) entre as pontas dos condutores enfrentados, utilizando um espaçador plástico colar para evitar deformações mecânicas.
- Soldar o condutor central de um pigtail RG-316/LMR-100 a uma das extremidades do elemento radiador no ponto médio central ($A/2$) e a malha do coaxial à outra extremidade no mesmo ponto de corte. No elemento refletor, o ponto central mantém-se contínuo e sem corte.





Fundado a 23 de março de 2016

Capítulo 6: Métodos de Instalação, Lançamento e Logística no Terreno

6.1. Técnicas de Ancoragem e Lançamento de Linhas (Arborismo Aplicado a Antenas)

A elevação de antenas de fio em ambiente florestal ou de montanha exige técnicas adaptadas do arborismo para garantir eficácia no lançamento, segurança física e preservação do ecossistema.

Linhas e Sacos de Arremesso:

- **Saco de Arremesso (Throw Bag):** Peso aerodinâmico flexível de 250 g a 350 g preenchido com chumbo ou esferas de aço, concebido para passar entre ramagens sem ficar preso.
- **Linha de Arremesso:** Utilização de cabo monofilamento de polietileno de ultra-alto peso molecular (UHMWPE) de 1,5 mm a 2,2 mm (tipo *DynaGlide* ou *Zing-It*). Apresenta revestimento deslizante de baixa fricção e elevada resistência à abrasão. É estritamente desaconselhado o uso de *Paracord 550* para o arremesso inicial, devido ao elevado atrito com a casca das árvores e tendência para entalar em bifurcações (*forquilhas*).
- **Técnica de Lançamento:** Lançamento manual por balanço inferior (*underhand throw*) para alturas até 10 m – 12 m. Para alturas superiores (15 m a 25 m), utiliza-se uma fisga de arborismo de grande porte (*Big Shot*) ou um arco/balestra tático apontando a uma forquilha estrutural saudável.





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO

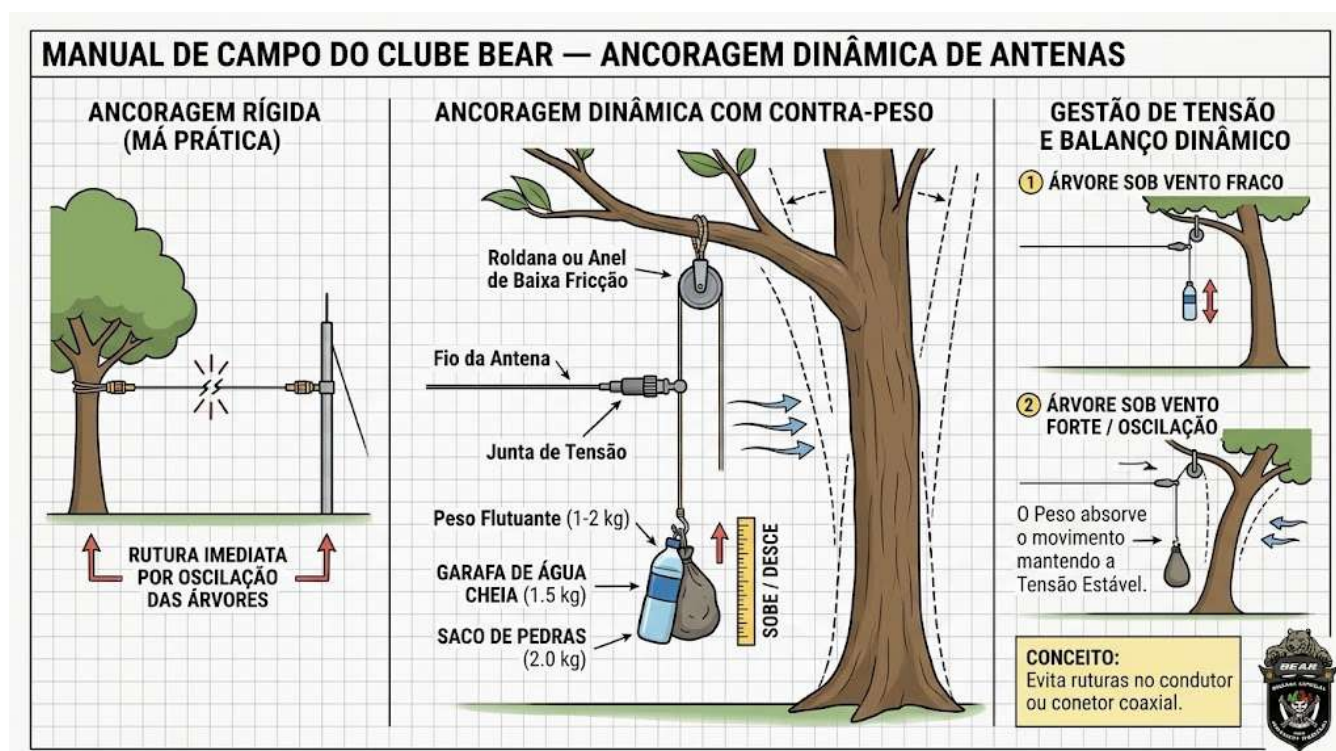


Fundado a 23 de março de 2016

Gestão de Tensão e Balanço Dinâmico das Árvores:

As árvores movimentam-se significativamente sob a ação do vento. Se um fio de antena for fixado rigidamente entre duas árvores ou entre um mastro e um ramo, a oscilação das estruturas provocará a rutura imediata do condutor ou do conector coaxial.

Sistema de Roldana e Contra-peso: A extremidade distante do fio da antena deve passar por uma roldana ou anel de baixa fricção suspenso na árvore, descendo na vertical com um peso suspenso (1 kg a 2 kg, como uma garrafa de água cheia ou saco de pedras). Quando a árvore oscila com o vento, o peso sobe e desce,





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Nós Táticos Fundamentais:

- *Ás de Guia (Bowline)*: Cria um laço fixo inalterável na extremidade do cordino. Não desliza nem cede sob carga, sendo fácil de desfazer mesmo após sofrer forte tensão.
- *Nó Fiel / Volta de Fiel (Clove Hitch)*: Utilizado para fixar temporariamente cordinos a troncos, ramos ou estacas de ancoragem no solo.
- *Nó de Prusik / Nó Tensor (Taut-Line Hitch)*: Nó de atrito ajustável fundido sobre a própria linha de ventos. Permite esticar ou aliviar a tensão do sistema de ancoragem sem necessidade de desatar a amarração da estaca.

*Podes aprender mais sobre NÓS no manual da Academia Bear intitulado [Manual de Nós & Aplicações com Paracord 550](#)

NÓS TÁTICOS FUNDAMENTAIS - GUIA DE CAMPO CLUBE BEAR

CLUBE BEAR - FUNDAMENTAL

1 Nó de Guia (Bowline)

Laço fixo inalterável na extremidade. Não desliza nem cede sob carga. Fácil de desfazer após tensão.

2 Nó Fiel (Clove Hitch)

Utilizado para fixar temporariamente cordinos a troncos, ramos ou estacas.

2 Nó Fiel (Clove Hitch)

Utilizado para fixar temporariamente cordinos a troncos, ramos ou estacas.

3 Nó de Prusik (Tensor)

Nó de atrito ajustável fundido sobre a própria linha. Estica ou alivia a tensão sem desatar.

PAG. 12 - MANUAL DE TREINO

6.2. Mastros Portáteis: Telescópicos de Fibra de Vidro e Suportes de Fortuna

Quando a vegetação natural é inexistente ou insuficiente, a elevação da antena depende de mastros portáteis.

MANUAL DE CAMPO DO CLUBE BEAR - 6.2. MASTROS PORTÁTEIS

SELEÇÃO DE MATERIAIS DE MASTROS

FIBRA DE VIDRO (Pultruda): IDEAL



ISOLANTE ELÉTRICO PERFEITO (NÃO ALTERA RESSONÂNCIA)

ALTA FLEXIBILIDADE

FIBRA DE CARBONO: CUIDADOS CRÍTICOS



CONDUTOR ELÉTRICO (ALTERA DRÁSTICAMENTE RESSONÂNCIA)

RF DRENA RF

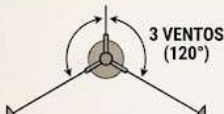
FIBRA DE CARBONO EVITO PARA HIF OR HF, OU MONOPOLO

ALUMÍNIO TÁTICO: ADEQUADO

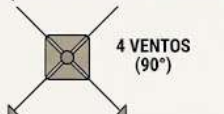


REQUER ISOLADORES MECÂNICOS REFORÇADOS PARA SECCIONAIS DE MAIOR PORTE

SISTEMAS DE ESTAIAMENTO (VENTOS DE ANCORAGEM)

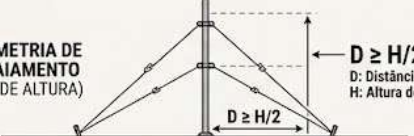


3 VENTOS (120°)



4 VENTOS (90°)

GEOMETRIA DE ESTAIAMENTO (>5M DE ALTURA)



$D \geq H/2$
D: Distância da Base
H: Altura do Vento

LINHAS DE VENTO

DACRON / DYNEEMA (3-5mm) ✓
(Immune to stretch, UV resistant)

✗ Cordoaria Elástica / Fraca ✗

FIXAÇÕES E SUPORTES DE FORTUNA (FIELD-EXPEDIENT)

FIXAÇÃO A POSTE DE VEDAÇÃO (Madeira/Betão)



Cintas de Roquete

ENCAIXE NA ESTRUTURA DE UM VEÍCULO Hyundai Galloper (vom Raptor (from <BEAR>))



Drive-on plate

EMPILHAMENTO DE PEDRAS EM PIRÂMIDE (CAIRN)



Foir bare do roco, om bare rock for estabilidade

ANCORAGEM ALTERNATIVA (Solo Duro)



Where rocks sons nanom sai-se nas not ssas usadas

Seleção de Materiais de Mastros:

- **Fibra de Vidro (Pultruda):** O material ideal para operação de rádio portátil. É um isolante elétrico perfeito (não altera a ressonância das antenas nem distorce o diagrama de radiação) e apresenta elevada flexibilidade sem deformação permanente.
- **Fibra de Carbono: Cuidados Críticos.** Os tubos de fibra de carbono são condutores elétricos e interagem com os campos eletromagnéticos das antenas situadas em campo próximo, alterando drasticamente o ponto de ressonância e drenando a RF da antena. A sua utilização deve ser evitada para suporte direto de antenas de fio em HF ou monopólos.
- **Alumínio Tático:** Adequado para mastros seccionais de maior porte, exigindo isoladores mecânicos reforçados nos pontos de fixação da antena.

SELEÇÃO DE MATERIAIS DE MASTROS: GUIA COMPARATIVO

Data:		Durante:	
Notas:		Folha:	

FIBRA DE VIDRO (PULTRUDA): IDEAL PARA OPERAÇÃO DE RÁDIO PORTÁTIL



Material: Data: Composição: 3

FIBRA DE CARBONO: CUIDADOS CRÍTICOS (CONDUTOR)



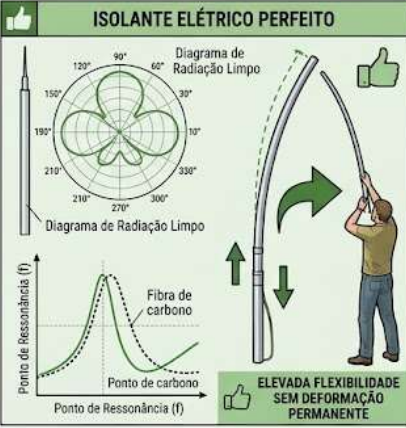
Material: Data: Composição: 3

ALUMÍNIO TÁTICO: ADEQUADO PARA GRANDES MASTROS SECCIONAIS



Material: Data: Composição: 3

ISOLANTE ELÉTRICO PERFEITO



ELEVADA FLEXIBILIDADE SEM DEFORMAÇÃO PERMANENTE

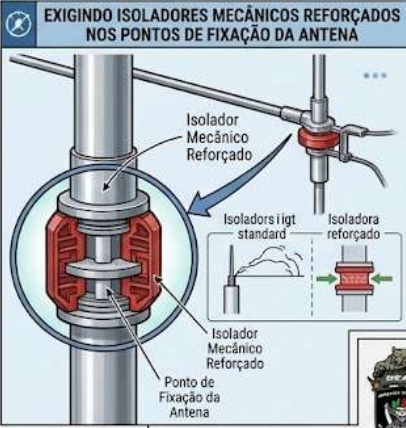
CONDUTOR ELÉTRICO E DRENA RF



ALTERA DRÁSTICAMENTE O PONTO DE RESSONÂNCIA

EVITAR PARA SUPORTE DIRETO DE ANTENAS DE FIO EM HF OU MONOPOLOS

EXIGINDO ISOLADORES MECÂNICOS REFORÇADOS NOS PONTOS DE FIXAÇÃO DA ANTENA



Ponto de Fixação da Antena

Guia do Clube Bear - Especial de Campo



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

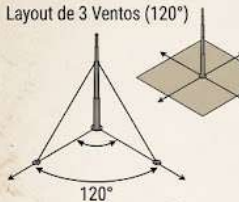
Sistemas de Estaiamento (Ventos de Ancoragem):

- **Geometria de Estaiamento:** Mastros telescópicos acima de 6 m de altura exigem pelo menos um nível de estaiamento a 3 ventos dispostos a 120° ou 4 ventos dispostos a 90°. A distância do ponto de ancoragem no solo à base do mastro deve corresponder a pelo menos 50% – 60% da altura do ponto de fixação do vento no mastro.
- **Linhas de Vento:** Devem ser fabricadas em poliéster entrançado (*Dacron*) ou linhas de *Dyneema* de 2 mm a 3 mm, imunes ao estiramento sob carga e resistentes aos raios ultravioleta.

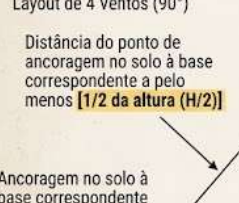
MANUAL DE CAMPO DO CLUBE BEAR - GUIA DE ANCORAGEM DE ANTENA

GEOMETRIA DE ESTAIAMENTO

Layout de 3 Ventos (120°)



Layout de 4 Ventos (90°)



Mastro telescópico acima de [5 metros] de altura exigirá pelo menos 1 nível de ventos.

3 ventos dispostos a 120° ou 4 ventos dispostos a 90°.

Distância do ponto de ancoragem no solo à base correspondente a pelo menos [1/2 da altura (H/2)]

Ancoragem no solo à base correspondente a >= ancorame [1/2 da altura (H/2)]

Mastro Telescópico

Vento (Vento de Ancoragem)

Angle >= 30°

D >= 1/2 H

LINHAS DE VENTO

Utilizar poliéster entrançado (Dacron) ou Dyneema de [3mm a 5mm].



Dacron entrançado (ex. 4mm)

Dyneema de alto desempenho (ex. 3mm)

Cabo de Dacron (ex. 4mm)

Cabo de Dyneema (ex. 3mm)

Ancoragem no solo à base correspondente a >= [1/2 da altura (H/2)]

- IMUNE AO ESTIRAMENTO (Não-elástico)
- RESISTENTE A UV
- ELEVADA RESISTÊNCIA À ABRASÃO

Exemplo de Instalação de Campo



Ancoragem a árvore

Ancoragem no solo

Hyundai Galloper Raptor Paint

19



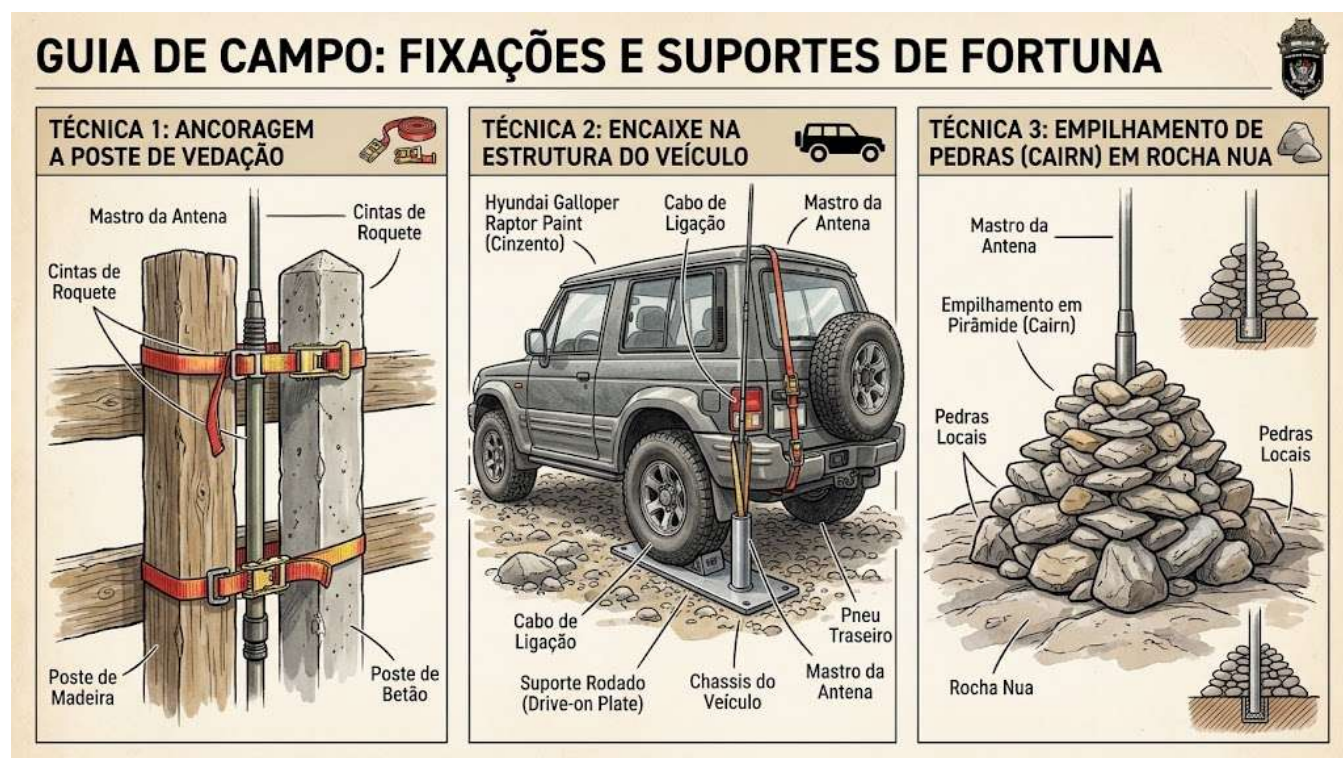
CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Fixações e Suportes de Fortuna:

Na ausência de solo mole para cravamento de estacas, utilizam-se técnicas de ancoragem alternativa: fixação do mastro a postes de vedações de madeira/betão com cintas de roquete, encaixe na estrutura de um veículo através de suportes rodados (*drive-on plate*), ou empilhamento de pedras em pirâmide (*cairn*) em redor do pé do mastro sobre rocha nua.





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

6.3. Instalação de Radiais de Solo e Elevados

O sistema de radiais converte uma antena vertical de $1/4\lambda$ num radiador eficiente, fechando o circuito de RF e minimizando as perdas no solo.

Parâmetro de Comparação	Radiais de Solo (Deitados / Enterrados)	Radiais Elevados (Acima do Solo)
Comprimento Elétrico	Não-ressonantes. O solo altera a velocidade. Podem ser cortados em comprimentos aleatórios ($0,1\lambda$ a $0,2\lambda$).	Ressonantes ($1/4\lambda$ estrito). Devem ser cortados para a frequência exata de operação.
Quantidade Necessária	Exige um número elevado (16 a 64 radiais) para reduzir a resistência do solo abaixo de 10Ω . Em campo, 8 a 12 radiais representam um compromisso viável.	Apenas 2 a 4 radiais. Oferecem eficiência equivalente a dezenas de radiais de solo devido ao fraco acoplamento com a terra.
Altura de Instalação	pousados diretamente sobre a vegetação ou solo.	Elevados a pelo menos 2 m do solo (ou $> 0,05\lambda$) para evitar risco de tropeçamento de pessoas e animais.
Aplicação Tática	Montagem rápida em locais de grande passagem de pessoas.	Montagem fixa ou em acampamento tático com perímetro delimitado.

6.4. Proteção contra Descargas Atmosféricas e Eletricidade Estática

A operação de rádio no terreno envolve riscos elétricos originados pela atmosfera que podem destruir os circuitos recetores dos equipamentos (*FET* de entrada) ou colocar em risco a vida do operador.

Acumulação de Cargas Estáticas (*Rain Static / Wind Static*):

A passagem de vento seco com poeiras, neve ou chuva atrito sobre o condutor isolado de uma antena de fio gera uma acumulação progressiva de eletricidade estática. Esta carga capacitiva pode atingir vários milhares de Volts em relação à terra física, descarregando sob a forma de faísca elétrica no interior do rádio no momento em que o cabo coaxial é ligado.

- *Resistor de Sangria de Estática (Bleed Resistor)*: Instalação de um resistor de película metálica de 100 k Ω a 1 M Ω (2 W de potência com isolamento de alta voltagem) ligado permanentemente em paralelo entre o pino central de RF e a massa do conector da antena. Este componente escoar continuamente as cargas estáticas para a terra de RF sem afetar o sinal de radiofrequência nem alterar a impedância do sistema (50 Ω).
- *Descarregadores de Gás (Gas Discharge Tubes - GDT)*: Dispositivos instalados na linha coaxial que entram em curto-circuito instantâneo com a massa assim que a voltagem na linha excede um limiar de segurança (tipicamente 90 V a 350 V).

GUIA DE CAMPO: PROTEÇÃO CONTRA ESTÁTICA EM ANTENAS

O PROBLEMA: Acumulação de Cargas Estáticas (Rain/Wind Static)



SOLUÇÕES TÉCNICAS E EXEMPLOS

1. Resistor de Sangria de Estática (Bleed Resistor)



2. Descarregadores de Gás (GDT)





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Procedimento de Emergência sob Tempestade Eletrificada:

Na presença de trovoadas na região ou risco de descargas atmosféricas diretas/induzidas:

1. Interromper imediatamente a transmissão e desligar a alimentação elétrica dos rádios.
2. Desconectar fisicamente todos os cabos coaxiais dos equipamentos, afastando os conetores da estação no mínimo 1 metro (*air gap*).
3. Ligar as malhas dos coaxiais a uma estaca de terra de proteção no exterior da tenda/abrigo.
4. Nunca operar antenas de fio elevadas ou mastros metálicos isolados em cumes de montanhas durante atividade elétrica atmosférica.





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

6.5. Checklist de Material e Acondicionamento Tático em Mochila

A organização logística do equipamento de radiocomunicação deve seguir o princípio da modularidade por bolsas (*pouches*) e da prevenção contra emaranhamento de condutores.

Bolsa Tática de Rádio (Organização por Módulos)





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Gestão de Fios e Enroladores em "H" (Winders):

Todos os fios de antenas, radiais e cordinos devem ser armazenados em enroladores plásticos em forma de H (*Line Winders*) impressos em 3D (PETG) ou cortados em acrílico. O método de enrolamento deve ser efetuado em figura de oito (8) para evitar torções axiais permanentes no condutor, permitindo um desenrolamento rápido no terreno sem nós ou dobras rígidas.

MANUAL DE CAMPO DO CLUBE BEAR - GESTÃO DE FIOS E ENROLADORES EM "H"

VISÃO GERAL DO ENROLADOR "H"

(Winder Overview)

PETG (Impressão 3D)
Acrílico (Corte)
Ranhuras de Retenção
Aba de Fixação

PROCESSO DE ENROLAMENTO EM "8"

(Figure-Eight Winding)

ERRADO (Simple Loop)
CORRETO (Figura-Oito)

GESTÃO E IDENTIFICAÇÃO NO TERRENO

Identificação Clara e Gestão Eficiente

Radial UHF
Radial VHF
Radial HF

IMPLANTAÇÃO RÁPIDA E SEM NÓS NO TERRENO

Hyundai Galloper com Tinta Raptor

RESUMO:

Armazenamento modular, enrolamento em '8' para evitar torção axial, implantação rápida. Use apenas cordinos UHMWPE de 2mm ou 3mm (como DynaGlide).



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Tabela de Verificação (Checklist) do Kit de Campo:

Item / Equipamento	Quantidade	Função Tática	Requisito de Verificação
Transcetor Principal	1 Unidade	Comunicação primária (HF/VHF/UHF).	Bateria carregada a 100%; conectores limpos.
Antena de Fio Multi-banda	1 Conjunto	Radiador principal (ex: EFHW de 20,1 m).	Fio sem dobras; conectores e soldado inspecionados.
Transformador UNUN / Balun	1 Unidade	Adaptação de impedância (49:1 / 9:1).	Caixa estanque; parafusos de borboleta apertados.
Cabo Coaxial Tático	2 Lances	Ligação entre rádio e antena (RG-58 / RG-316).	Conectores BNC/SMA com alívio de tensão impecável.
Kit de Arremesso e Ancoragem	1 Conjunto	Lançamento e suspensão em árvores.	Saco de 250g, 30m linha DynaGlide, 4 estacas de solo.
Analizador de Antena / NanoVNA	1 Unidade	Medição de ROS e diagnóstico no campo.	Calibrado e com bateria interna carregada.
Kit de Ferramentas e Reparação	1 Bolsa	Engenharia de fortuna e reparação rápida.	Ferro de soldar 12V/USB, fita auto-vulcanizável, canivete.



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752

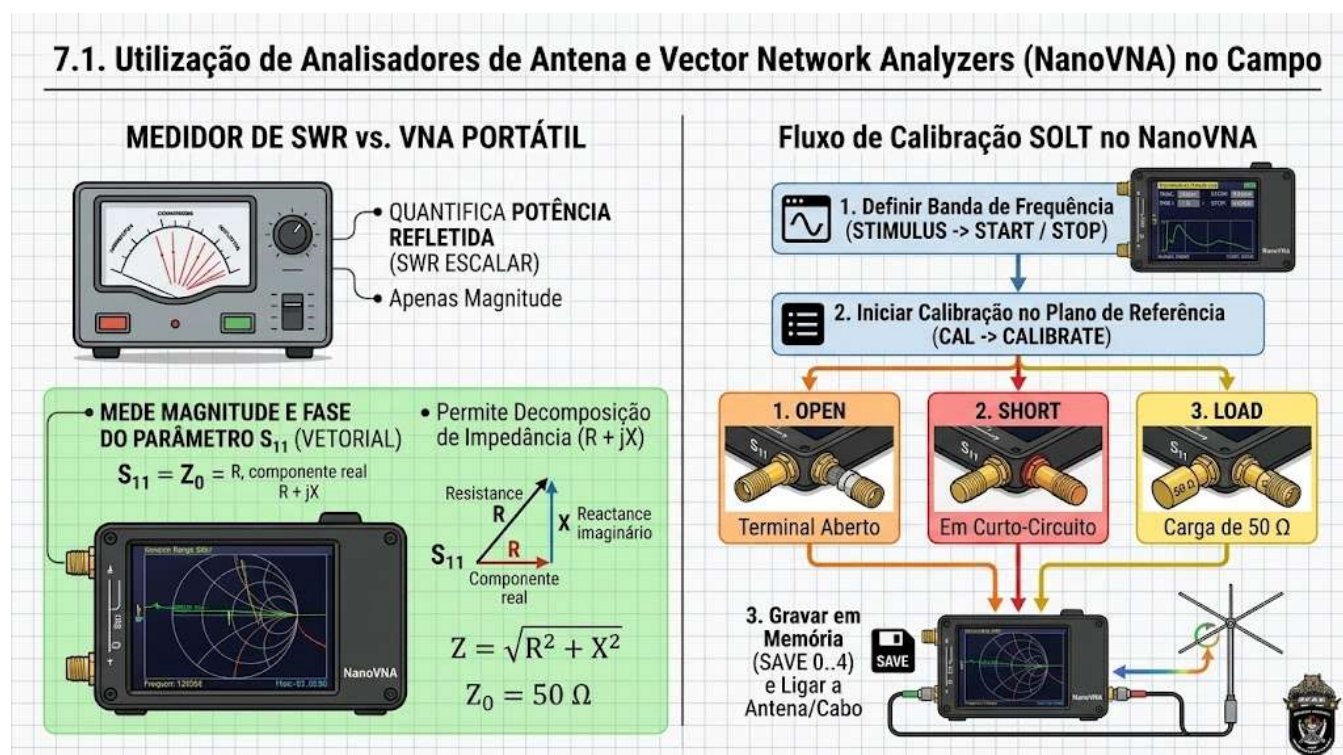


Capítulo 7: Sintonização, Medição e Resolução de Problemas no Terreno

7.1. Utilização de Analisadores de Antena e Vector Network Analyzers (NanoVNA) no Campo

A medição precisa do comportamento de uma antena no terreno evoluiu da simples leitura escalar de Razão de Onda Estacionária (ROS / SWR) para a análise vetorial completa com analisadores portáteis como o NanoVNA. Enquanto um medidor de SWR convencional apenas quantifica a proporção de potência refletida, o Analisador Vetorial de Redes (VNA) mede magnitude e fase do parâmetro de reflexão S_{11} , permitindo decompor a impedância do sistema nos seus componentes real (Resistência R) e imaginário (Reatância X).

Fluxo de Calibração SOLT no NanoVNA





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Procedimento de Calibração SOLT (Short, Open, Load, Through)

A precisão de qualquer medição com o NanoVNA depende estritamente da calibração realizada no **plano de referência** (o ponto físico na extremidade do cabo de teste onde a antena será ligada).

- Definição do Varrimento (Sweep Span):** Configurar a frequência inicial (*Start*) e final (*Stop*) na opção STIMULUS cobrindo uma margem alargada em redor da frequência de trabalho pretendida. *Regra de Ouro:* A calibração deixa de ser válida se a amplitude de frequência for alterada após o procedimento.
- Execução dos Padrões de Calibração na Porta CH0 (Port 1):**
 - OPEN:** Roscar o terminal aberto (Open). Selecionar CAL → CALIBRATE → OPEN.
 - SHORT:** Substituir pelo terminal em curto-circuito (Short). Selecionar SHORT.
 - LOAD:** Instalar a carga de precisão de 50 Ω (Load). Selecionar LOAD.
- Conclusão:** Premir DONE e guardar as definições num dos perfis de memória (SAVE 0 a SAVE 4).

PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO SOLT (SHORT, OPEN, LOAD, THROUGH) NO NANOVNA. PRECISÃO DEPENDE DA CALIBRAÇÃO NO PLANO DE REFERÊNCIA.

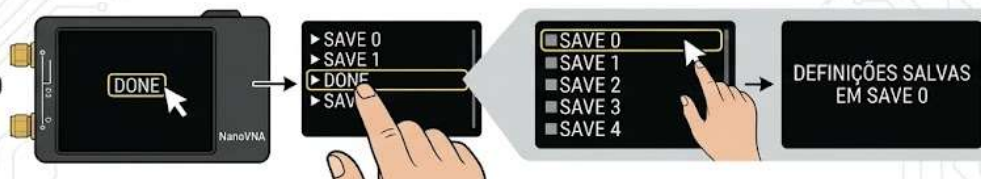
1. DEFINIÇÃO DO VARRIMENTO (SWEEP SPAN).



2. EXECUÇÃO DOS PADRÕES NA PORTA CH0 (PORT 1).



3. CONCLUSÃO

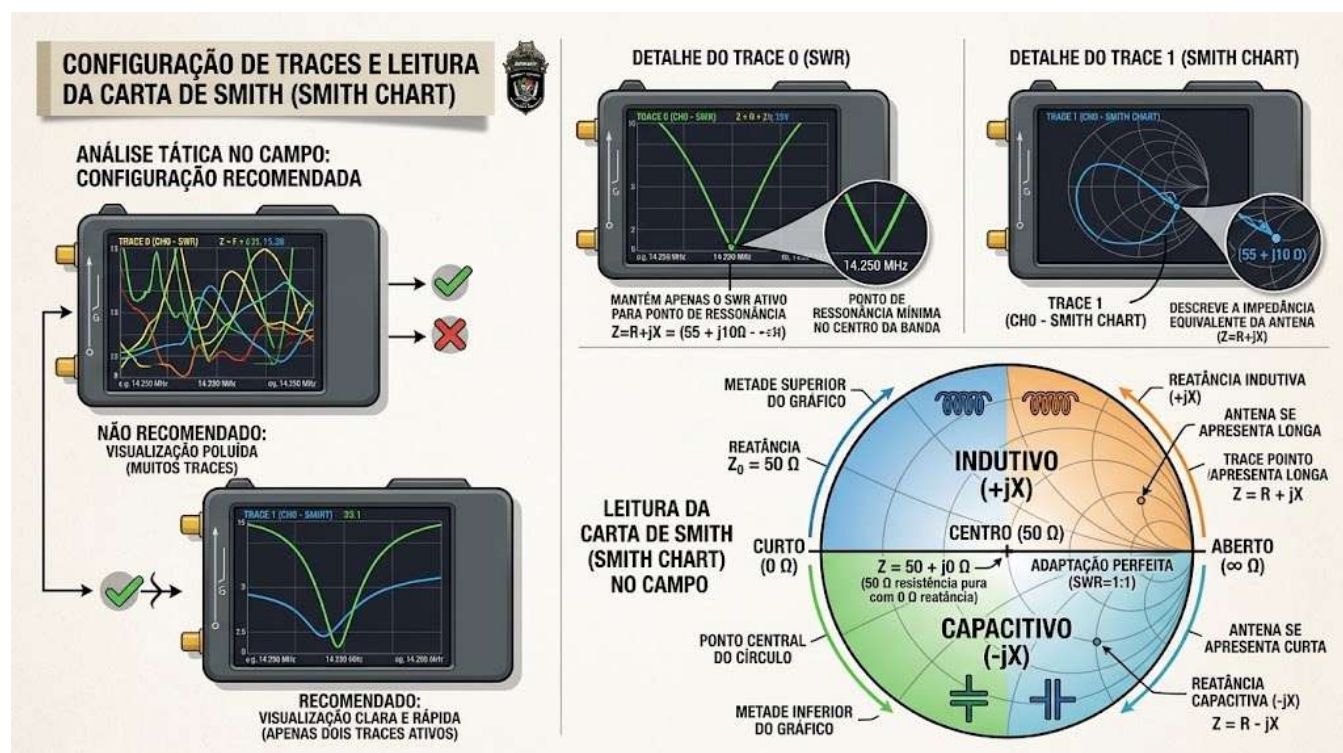


Configuração de Traces e Leitura da Carta de Smith (Smith Chart)

Para uma análise tática e rápida no campo, recomenda-se manter apenas dois *traces* ativos no ecrã para evitar poluição visual:

- **Trace 0 (CHO - SWR):** Exibe uma curva em "V" indicando o ponto de ressonância exato onde a ROS é mínima no centro da banda.
- **Trace 1 (CHO - SMITH CHART):** Gráfico circular complexo que descreve a impedância equivalente da antena ($Z = R + jX$).

Leitura da Carta de Smith (Smith Chart)



- **Ponto Central do Círculo:** Corresponde a 50Ω de resistência pura com 0Ω de reatância ($Z = 50 + j0 \Omega$), representando a adaptação perfeita (1:1 ROS).
- **Metade Superior do Gráfico:** Indica reatância indutiva ($+jX$). A antena apresenta-se **longa** para a frequência do sinal.
- **Metade Inferior do Gráfico:** Indica reatância capacitiva ($-jX$). A antena apresenta-se **curta** para a frequência do sinal.

7.2. Procedimento Metodológico para Corte, Ajuste de Comprimento e Sintonização

O ajuste de uma antena no terreno deve seguir uma metodologia sequencial para evitar o erro comum de cortar condutores em excesso.



- 1. Localização da Frequência de Ressonância Real (f_{medida}):** Ligar a antena ao NanoVNA e identificar a frequência onde o parâmetro de reatância anula ($X = 0$) e a ROS atinge o ponto mais baixo.
- 2. Diagnóstico da Comprimento Elétrico:**
 - Se $f_{medida} < f_{alvo}$ (Ressonância abaixo do pretendido): A antena está **longa**. É necessário encurtar o comprimento elétrico do condutor.
 - Se $f_{medida} > f_{alvo}$ (Ressonância acima do pretendido): A antena está **curta**. É necessário aumentar o comprimento do condutor.
- 3. Cálculo da Variação de Comprimento (ΔL):**

$$\Delta L = L_{atual} \cdot \left(1 - \frac{f_{medida}}{f_{alvo}}\right)$$

- 4. Técnica de Dobragem (Fold-Back):** Em vez de cortar fisicamente o fio condutor, deve-se dobrar a extremidade excedente sobre o próprio fio e fixá-la com uma abraçadeira plástica ou fita. A secção dobrada anula eletricamente o seu efeito no comprimento radiante mantendo a integridade do fio caso seja necessário reutilizar a antena numa frequência inferior no futuro.

7.3. Acopladores de Antena (ATU) Manuais e Automáticos: Utilização Correta e Limites

Um Acoplador de Antena (Antenna Tuner Unit — ATU) é um transformador de impedância variável construído com redes de condensadores e indutores (topologias em L, T ou π).

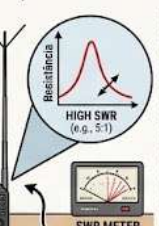
- **Clarificação do Mito Técnico:** O acoplador **não altera** as dimensões físicas nem a frequência de ressonância natural da antena. O ATU apenas transforma a impedância desadaptada presente na extremidade do cabo coaxial numa carga de 50Ω aceitável para o andar final de potência (PA) do transmissor.

7.3. Acopladores de Antena (ATU) Manuais e Automáticos: Utilização Correta e Limites

1. CLARIFICAÇÃO DO MITO TÉCNICO

SEM ATU

TAMANHO FÍSICO FIXO, RESSONÂNCIA NATURAL



Resistência

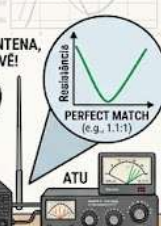
HIGH SWR (e.g., 5:1)

TAMANHO FÍSICO FIXO, RESSONÂNCIA NATURAL

CARGA IMPERFEITA PARA O RÁDIO

COM ATU

O ATU NÃO MUDA A ANTENA, MUDA O QUE O RÁDIO VÊ!

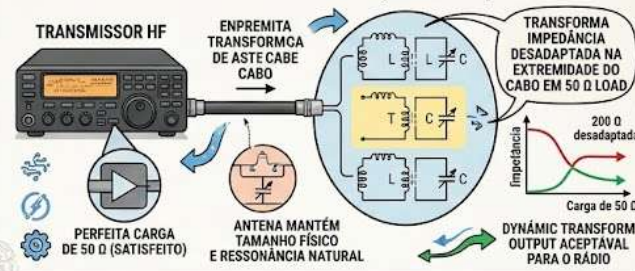


Resistência

PERFECT MATCH (e.g., 1:1:1)

O ATU NÃO MUDA A ANTENA, MUDA

2. COMO FUNCIONA: Transformação de Impedância



TRANSMISSOR HF

ENPREMITA TRANSFORMA DE ASTE CABE CABO

TRANSFORMA IMPEDÂNCIA DESADAPTADA NA EXTREMIDADE DO CABO EM 50Ω LOAD

200 Ω desadaptada

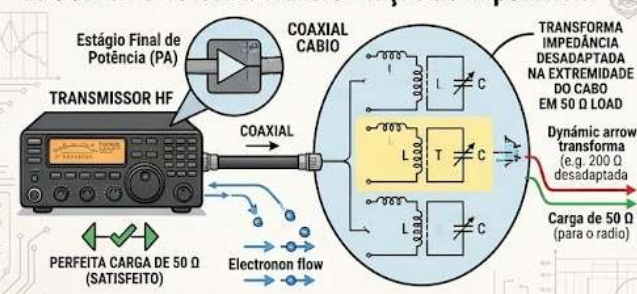
Carga de 50Ω

DYNAMIC TRANSFORM OUTPUT ACCEPTÁVEL PARA O RÁDIO

PERFEITA CARGA DE 50Ω (SATISFEITO)

ANTENA MANTÉM TAMANHO FÍSICO E RESSONÂNCIA NATURAL

2. COMO FUNCIONA: Transformação de Impedância



Estágio Final de Potência (PA)

COAXIAL CABO

TRANSMISSOR HF

COAXIAL

TRANSFORMA IMPEDÂNCIA DESADAPTADA NA EXTREMIDADE DO CABO EM 50Ω LOAD

Dynámic arrow transforma (e.g. 200 Ω desadaptada)

Carga de 50Ω (para o rádio)

PERFEITA CARGA DE 50Ω (SATISFEITO)

Electron flow

3. COMPARAÇÃO: Manuais vs. Automáticos

A ACOPLADOR MANUAL



CONTROLE MANUAL (AJUSTE DE C e L)

VERIFICAÇÃO VISUAL DE SWR

B ACOPLADOR AUTOMÁTICO



AJUSTE AUTOMÁTICO LÓGICO (RELÉS E MOTORES)

TEMPO DE SINTONIA RÁPIDO NO CAMPO

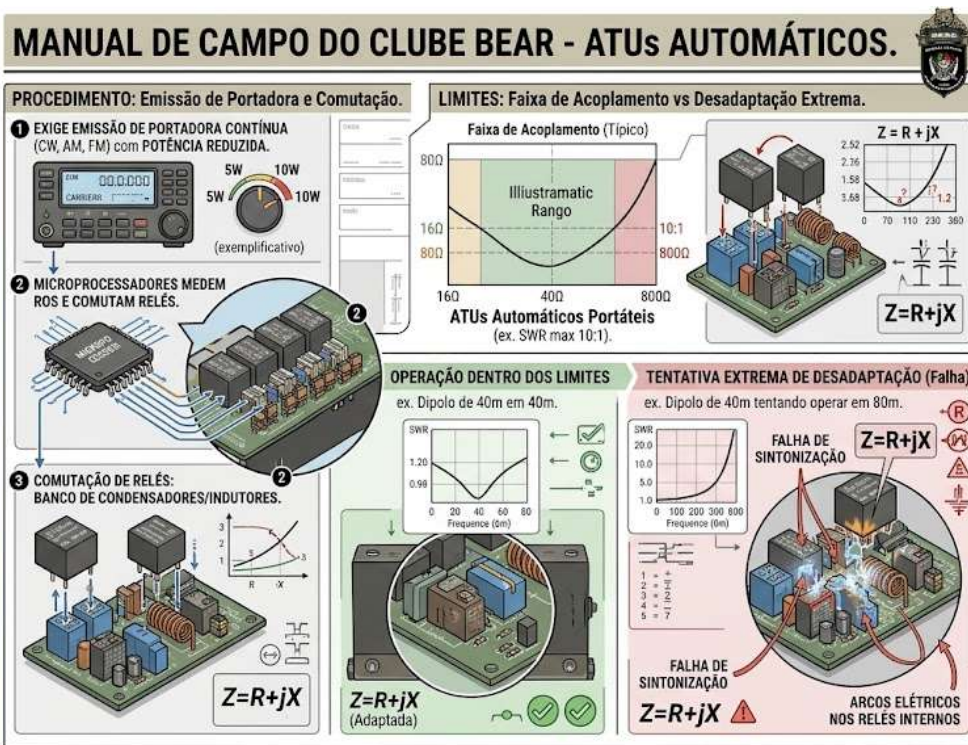
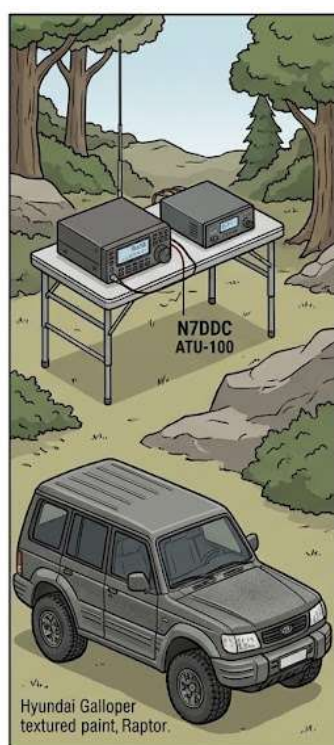


CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

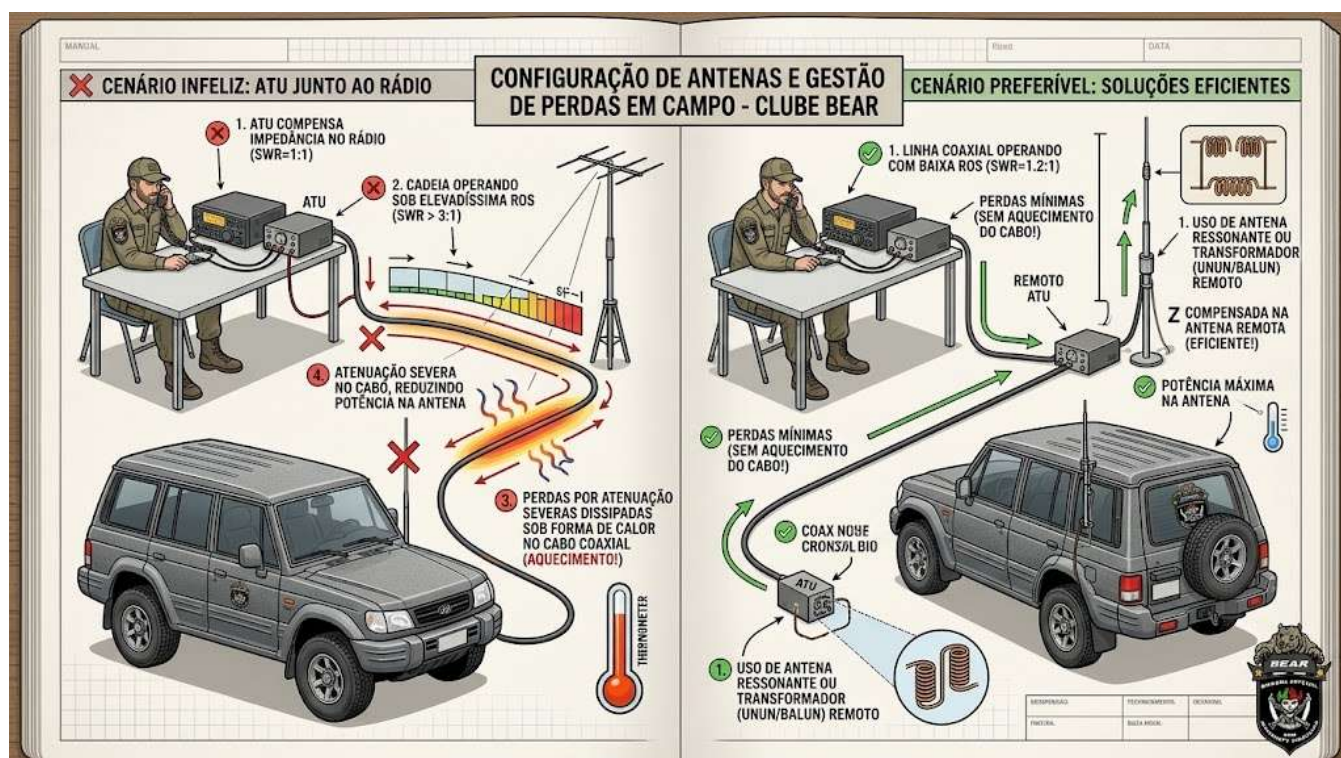
- **ATU Automáticos (Ex: N7DDC ATU-100 ou Unidades Internas):**
 - **Procedimento:** Exigem a emissão de uma portadora contínua sem modulação (modos CW, AM ou FM) com potência reduzida (1 W a 10 W) para que os microprocessadores meçam a ROS e comutem os relés do banco de condensadores/indutores.
 - **Limites:** A maioria dos ATUs automáticos portáteis opera numa faixa de acoplamento de 10Ω a 800Ω (relação de ROS máxima até 10:1). Tentativas de acoplar antenas com desadaptações extremas (ex: dipolo de 14 MHz a tentar operar em 3,5 MHz) resultam em falha de sintonização ou arcos elétricos nos relés internos.



Fundado a 23 de março de 2016

- **Atenuação e Perdas na Linha de Transmissão:**

- Quando o ATU está localizado junto ao rádio e não na base da antena, a linha coaxial entre o ATU e a antena continua a operar sob elevadíssima ROS. Isto origina perdas por atenuação severas dissipadas sob a forma de calor no cabo coaxial, tornando preferível o uso de antenas ressonantes ou a colocação de transformadores (UNUN/Balun) na alimentação remota.





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

7.4. Guia de Diagnóstico (Troubleshooting) de Avarias no Terreno

Quando uma estação de rádio perde alcance ou apresenta leituras anómalas no terreno, deve aplicar-se uma tabela de diagnóstico lógico para isolar a avaria:

Sintoma Observado	Causa Provável	Ação de Diagnóstico e Resolução no Terreno
ROS infinita ($> 10:1$) constante em toda a banda	Rutura no condutor central ou desligamento no conetor.	Medir continuidade em DC com multímetro entre o pino central e a malha (deve indicar circuito aberto numa antena aberta ou curto em loop).
ROS muito baixa (1:1) em todas as frequências (Banda Larga Anómala)	Cabo coaxial em curto-circuito interno ou com infiltração grave de água.	O cabo coaxial comporta-se como uma carga de atenuação de 50 Ω . Executar teste TDR ou substituir a linha coaxial.
ROS altera drasticamente ao tocar no rádio ou ao andar perto do cabo	Correntes de modo comum a fluir pela malha exterior do cabo coaxial (ausência de terra de RF/choke).	Instalar um <i>Choke</i> de RF com núcleo de ferrite (Mix 31/43) junto ao ponto de alimentação da antena e verificar a ligação dos radiais de contrapeso.
Ressonância muito abaixo da frequência calculada	Condutor próximo do solo ou vegetação húmida (efeito capacitivo).	Elevar a altura da antena em relação ao solo ou afastar os braços radiantes de folhagem densa.



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



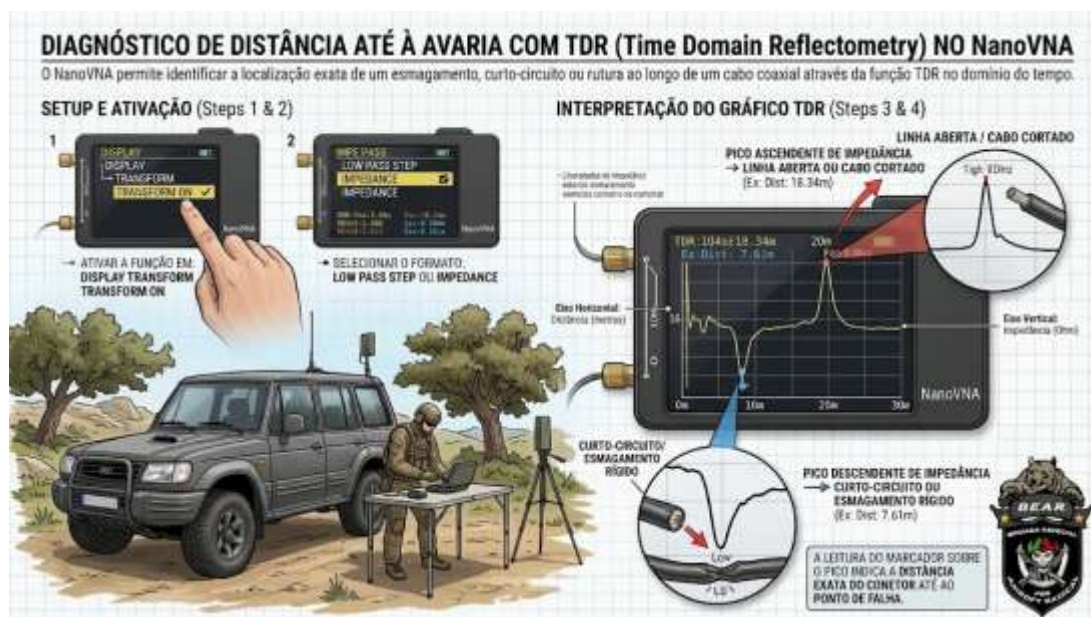
Fundado a 23 de março de 2016

Diagnóstico de Distância até à Avaria com TDR (Time Domain Reflectometry) no NanoVNA

O NanoVNA permite identificar a localização exata de um esmagamento, curto-circuito ou rutura ao longo de um cabo coaxial através da função TDR no domínio do tempo.

1. Ativar a função em DISPLAY → TRANSFORM → TRANSFORM ON.
2. Selecionar o formato LOW PASS STEP ou IMPEDANCE.
3. O ecrã apresentará um gráfico em que o eixo horizontal representa o tempo/distância em metros e o eixo vertical a impedância do meio.
4. Um **pico ascendente** de impedância indica um ponto de linha aberta ou cabo cortado. Um **pico descendente** indica um curto-circuito ou esmagamento rígido no condutor. A leitura do marcador sobre o pico indica a distância exata do conetor até ao ponto de falha.

Para um acompanhamento visual detalhado da operação e leitura de parâmetros em analisadores vetoriais, veja este [Guia Prático de Medição de Antenas com NanoVNA](#) que exemplifica o processo de varrimento de frequência, ajuste de marcadores e interpretação da curva de ressonância no ecrã do equipamento.





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Conclusão

As radiocomunicações expedicionárias e a engenharia de fortuna constituem o alicerce da resiliência operacional quando as infraestruturas convencionais de telecomunicações falham. Ao longo deste manual, demonstrou-se que a autonomia no terreno não depende da complexidade ou do custo comercial dos equipamentos, mas sim do domínio sólido dos princípios da física, da propagação eletromagnética e da capacidade de adaptação de materiais de oportunidade.

A aplicação rigorosa dos conceitos abordados — desde o dimensionamento preciso de antenas de fio em HF, VHF, UHF e redes Mesh/LoRa a 868 MHz até ao controlo de impedâncias, minimização de perdas nas linhas de transmissão e utilização do analisador vetorial NanoVNA — garante que qualquer operador, experiente ou iniciante, consiga estabelecer ligações fiáveis e seguras. O cumprimento do enquadramento legal fixado pela ANACOM e a observância rigorosa das normas de segurança elétrica e eletromagnética asseguram que a experimentação técnica ocorra sempre no respeito pela lei e pela proteção da integridade física dos operadores e de terceiros. A Academia BEAR reforça, assim, o seu compromisso com a partilha de conhecimento técnico rigoroso, capacitando a comunidade geral para *enfrentar cenários de emergência, expedição e isolamento com total autonomia e competência técnica.*



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752





Glossário Alfabético

- **ATU (*Antenna Tuner Unit*):** Acoplador de antena. Dispositivo constituído por indutores e condensadores que transforma a impedância de um sistema de antena desadaptado para os 50Ω exigidos pelo transmissor.
- **Balun (*Balanced to Unbalanced*):** Transformador elétrico utilizado para interligar uma linha ou antena simétrica (como um dipolo) a uma linha assimétrica (como um cabo coaxial), prevenindo correntes de modo comum.
- **dBi:** Ganho de uma antena expresso em decibéis relativamente a um radiador isotrópico teórico no espaço livre.
- **dBd:** Ganho de uma antena expresso em decibéis relativamente a um dipolo de meia-onda de referência ($dBi = dBd + 2,15$).
- **Duty Cycle (*Ciclo de Trabalho*):** Percentagem de tempo máxima em que um equipamento pode transmitir dentro de um período fixo (ex: 1% em sub-faixas ISM/LoRa para evitar saturação do espectro).
- **EFHW (*End-Fed Half-Wave*):** Antena de fio alimentada na extremidade cujo comprimento total corresponde a meia onda ($\lambda/2$) da frequência fundamental.
- **Fator de Velocidade (*VF*):** Rácio entre a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética num determinado condutor/dielétrico e a velocidade da luz no vácuo.
- **ICNIRP:** *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*. Entidade internacional que estabelece as diretrizes de segurança para limites de exposição humana a campos eletromagnéticos.
- **NanoVNA:** Analisador vetorial de redes portátil de baixo custo utilizado para medir parâmetros de reflexão (S_{11}), Razão de Onda Estacionária (ROS), impedância complexa e calibração de antenas.



CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

- **NVIS (*Near Vertical Incidence Skywave*):** Modo de propagação ionosférica em HF com ângulos de radiação elevados (60° a 90°), permitindo comunicações sem zona de sombra num raio de 0 km a 500 km.
- **PAR / ERP (*Potência Aparentada Radiada*):** Potência efetivamente emitida por uma antena na direção do seu pico de ganho, considerando a potência do emissor e o ganho da antena em relação a um dipolo de referência.
- **PMR446:** Serviço de rádio pessoal de curto alcance a 446 MHz, isento de licença individual na União Europeia, com limite fixo de 0,5 W PAR e antena não amovível.
- **QNAF:** Quadro Nacional de Atribuição de Frequências. Documento oficial gerido pela ANACOM que regula a distribuição do espectro radioelétrico em Portugal.
- **QRM / QRN:** Termos do Código Q que identificam, respetivamente, interferência causada por outras emissões humanas (QRM) e ruído atmosférico/estático natural (QRN).
- **ROS / SWR (*Razão de Onda Estacionária*):** Rácio entre as voltagens máxima e mínima numa linha de transmissão, medindo o nível de desadaptação de impedância entre o transmissor e a antena.
- **UNUN (*Unbalanced to Unbalanced*):** Transformador de impedância utilizado para adaptar linhas e antenas assimétricas de alta ou baixa impedância (ex: 49:1 ou 9:1) a cabos coaxiais de 50Ω .



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752





CLUBE BRIGADA ESPECIAL DE AIRSOFT RADICAL ACADEMIA DE FORMAÇÃO



Fundado a 23 de março de 2016

Bibliografia

- **ANACOM (2023).** *Quadro Nacional de Atribuição de Frequências (QNAF)*. Autoridade Nacional de Comunicações, Lisboa, Portugal.
- **ARRL (2023).** *The ARRL Antenna Book for Radio Communications* (25th Edition). American Radio Relay League, Newington, CT, USA. ISBN: 978-1-62595-176-2.
- **ARRL (2022).** *The ARRL Handbook for Radio Communications* (99th Edition). Edited by H. Ward Silver. American Radio Relay League, Newington, CT, USA.
- **Decreto-Lei n.º 53/2009, de 2 de março.** *Regime jurídico aplicável ao serviço de amador e ao serviço de amador por satélite*. Diário da República, 1.ª série — N.º 42. Lisboa, Portugal.
- **ICNIRP (2020).** *Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz)*. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Health Physics, 118(5), 483–524.
- **IARU Region 1 (2021).** *VHF Managers Handbook* (Version 9.0). International Amateur Radio Union.
- **ITU-R (2019).** *Radio Regulations: Articles, Appendices, Resolutions and Recommendations*. International Telecommunication Union, Genebra, Suíça.
- **Laport, E. A. (2008).** *Radio Antenna Engineering*. McGraw-Hill Book Company / Classic Reprint Series.
- **Maxwell, W. A. (2010).** *Reflections III: Transmission Lines and Antennas*. Worldradio Books. ISBN: 978-0982885000.
- **Sevick, J. (2001).** *Transmission Line Transformers* (4th Edition). Noble Publishing Corporation, Atlanta, GA, USA. ISBN: 978-1884932182.



Associação Clube BEAR - NIPC: 514 614 552
Email geral: geral@clubebear.pt | www.clubebear.pt
Tel.: 910 855 752

