

# ANTENAS E PROPAGAÇÃO

Eng. Telecomunicações Samuel Rocha, 1954-  
***Antenas e Propagação***  
ISBN 978-85-908626-1-1  
Rio de Janeiro, Studium Telecom, 1ª Edição, 2006

Copyright ©2006 – Todos os direitos reservados.  
Proibida a reprodução, armazenamento ou transmissão de partes deste livro através de  
quaisquer meios, sem prévia autorização por escrito.

Projeto gráfico, fotos, capa e conteúdo: S. Rocha  
Revisão : Professora de literatura Mara Pará

---



Studium Telecom  
www.studiumtelecom.com  
Caixa Postal 3454 – Rio de Janeiro – R.J. – 20010-970  
Pedidos para rocha@studiumtelecom.com  
Impresso no Brasil  
Samuel Rocha

ANTENAS E PROPAGAÇÃO



Studium Telecom

1ª Edição

## Prefácio da 1° Edição

Agradeço aos amigos e colaboradores o incentivo da 1° Edição deste livro, que tem como propósito auxiliar a radioamadores, estudantes e profissionais da área de Telecomunicações a compreender os princípios básicos da propagação das ondas radioelétricas, o funcionamento de diferentes tipos de antenas, suas principais características, instalação, ajustes e noções de medidas da Radiação Não Ionizante.

Assim, a exemplo dos cursos anteriores de Transmissão e de Radiointerferência, o texto também é constantemente atualizado e oferecido aos leitores de maneira dinâmica em formato eletrônico (E-book).

Esta publicação é produto da experiência de mais de 30 anos em Engenharia de Telecomunicações e representa esforço e trabalho contínuo do Autor. Constitui uma produção independente, através de editoração própria com seus respectivos direitos em função de facilitar a divulgação de textos técnicos para reduzir o custo final para os leitores. Todos os Cursos foram elaborados e desenvolvidos pelo Autor sob a luz da Lei de Direitos Autorais Nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, relativa à Propriedade Intelectual. O autor não autoriza, de forma nenhuma, a revenda deste Livro, reprodução parcial, total do texto ou de figuras, por qualquer meio ou repasse a terceiros sem a sua autorização expressa.

Veja em [www.studiumtelecom.com](http://www.studiumtelecom.com) os outros livros disponíveis do Autor:

Acústica e Sonorização  
Áudio Valvulado  
Transmissão  
Recepção  
Radiointerferência - Casos e Soluções  
Iniciação ao Radioamadorismo  
Tecnologia de Televisão Analógica e Digital

Todas as sugestões e comentários desta obra poderão ser enviados para o e-mail:  
[rocha@studiumtelecom.com](mailto:rocha@studiumtelecom.com)

*Eng. Samuel Rocha*

## SUMÁRIO

---

1. PROPAGAÇÃO DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS
2. MECANISMOS DE PROPAGAÇÃO
  - 2.1 Reflexão e refração
  - 2.2 Zona de silêncio
  - 2.3 Máxima frequência utilizável - MUF
  - 2.4 Variação ionosférica
  - 2.5 Teorema da reciprocidade
3. COMPRIMENTO DE ONDA
4. TIPOS DE ANTENAS
  - 4.1 Antena isotrópica e unidades de ganho
  - 4.2 Antena dipolo e monopolo Vertical
    - 4.2.1 Cálculo de antena vertical 88-108 MHz
  - 4.3 Antena dipolo meia onda
    - 4.3.1 Cálculo de antena dipolo meia onda 88-108 MHz
    - 4.3.2 Cálculo de antena dipolo meia onda 7,1 MHz
    - 4.3.3 Cálculo de antena dipolo meia onda 27 MHz
    - 4.3.4 Antena multibanda para as faixas de radioamador tipo G5RV–3.5 MHz a 28 MHz
  - 4.4 Antena dipolo dobrado
  - 4.5 Antena colinear vertical
  - 4.6 Antena delta loop
    - 4.6.1 Antena loop skywire
  - 4.7 Antena Zepelin ou end-fed
  - 4.8 Antena bicônica
  - 4.9 Antena rômbrica
  - 4.10 Antena Slim Jim
  - 4.11 Antena vertical “J”
5. ANTENAS DIRETIVAS

- 5.1 Estudo das antenas Yagi
  - 5.1.1 Cálculo de antenas direcionais de 2 e de 3 elementos para 6,10, 11, 15, 20 metros
- 5.2 Antena direcional de 3 elementos com espaçamento curto para 20 metros
- 5.3 Antena direcional de 3 elementos para 27,10 MHz / 11 metros
- 5.4 Antena direcional de 5 elementos para a faixa de 88 a 108 MHz
- 5.5 Tabela para cálculo de antenas direcionais até 17 elementos para VHF e UHF
- 5.6 Métodos para casamento de impedâncias no elemento irradiante
  - 5.6.1 Construção prática de antena Yagi de 6 elementos para 2 metros – 144/148 MHz
  - 5.6.2 Construção prática de antena Yagi de 11 até 22 elementos para UHF - 430/440 MHz
- 5.7 Empilhando antenas direcionais Yagis
- 5.8 Antenas log-periódicas
- 5.9 Soluções para interferências na recepção de TV
- 5.10 Antenas curtas para 27 MHz
- 5.11 Antenas de ondas médias para transmissores de alta potência
- 5.12 Antena vertical para ondas médias para recepção ou transmissor de baixa potência
- 5.13 Antena de quadro (Loop) para ondas médias
- 5.14 Antena cúbica de quadro para 27 MHz
- 5.15 Antenas parabólicas
- 5.16 Antenas Slot
- 5.17 Antenas Patch
- 5.18 Antena omnidirecional 2.4 GHz com 6 dB de ganho para internet Wireless.
- 5.19 Antena omnidirecional 2.4 GHz para internet Wireless.

## 6. LINHAS DE TRANSMISSÃO

- 6.1 Baluns
- 6.2 Como ajustar a relação de ondas estacionárias (ROE) de uma antena
- 6.3 Esquema de um medidor de ROE para 50 e 75 Ohms
- 6.4 Esquema do wattímetro direcional BIRD 43
- 6.5 Gráfico para cálculo da ROE com a potência refletida e a incidente

## 7. CONSIDERAÇÕES SOBRE O ALCANCE DE UMA TRANSMISSÃO

- 7.1 Escolha do local de instalação de uma antena
- 7.2 Alcance de uma transmissão em VHF/UHF
- 7.3 A Recepção em ondas médias e HF

## 8 RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE (RNI) DAS EMISSÕES DE R.F. EM TORRES DE TELEFONIA CELULAR

- 8.1 Procedimento das medidas RNI
- 8.2 Escolha dos Locais das medidas das estações rádio-base
- 8.3 Tabela de resultados das medidas em diversas operadoras
- 8.4 Conclusão
- 8.5 Fornos de micro-ondas
- 8.6 A sociedade versus torres de transmissão

## 9. TABELAS E GRÁFICOS ÚTEIS

- 9.1 Tabelas de faixas de frequência de radioamadores e ondas curtas

- 9.2 Frequências dos canais do sistema doméstico brasileiro de satélite utilizadas em antenas parabólicas
- 9.3 Tabela de frequências do serviço móvel pessoal
- 9.4 Confecção de conectores em cabos coaxiais
- 9.5 Gráfico da atenuação de diferentes cabos coaxiais com a distância
- 9.6 Tabela de frequências da faixa do cidadão – 27 MHz

## 10. BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS

## 11. NOTAS