

Palestra



Processo de Absorção de Radiação Eletromagnética (Aplicações em RFID e WiFi)



Prof. Dr. Carlos Fernando Jung



Projeto em Andamento

Prof. Dr. Carlos Fernando Jung

Prof. Dr. Marcelo C. Azambuja

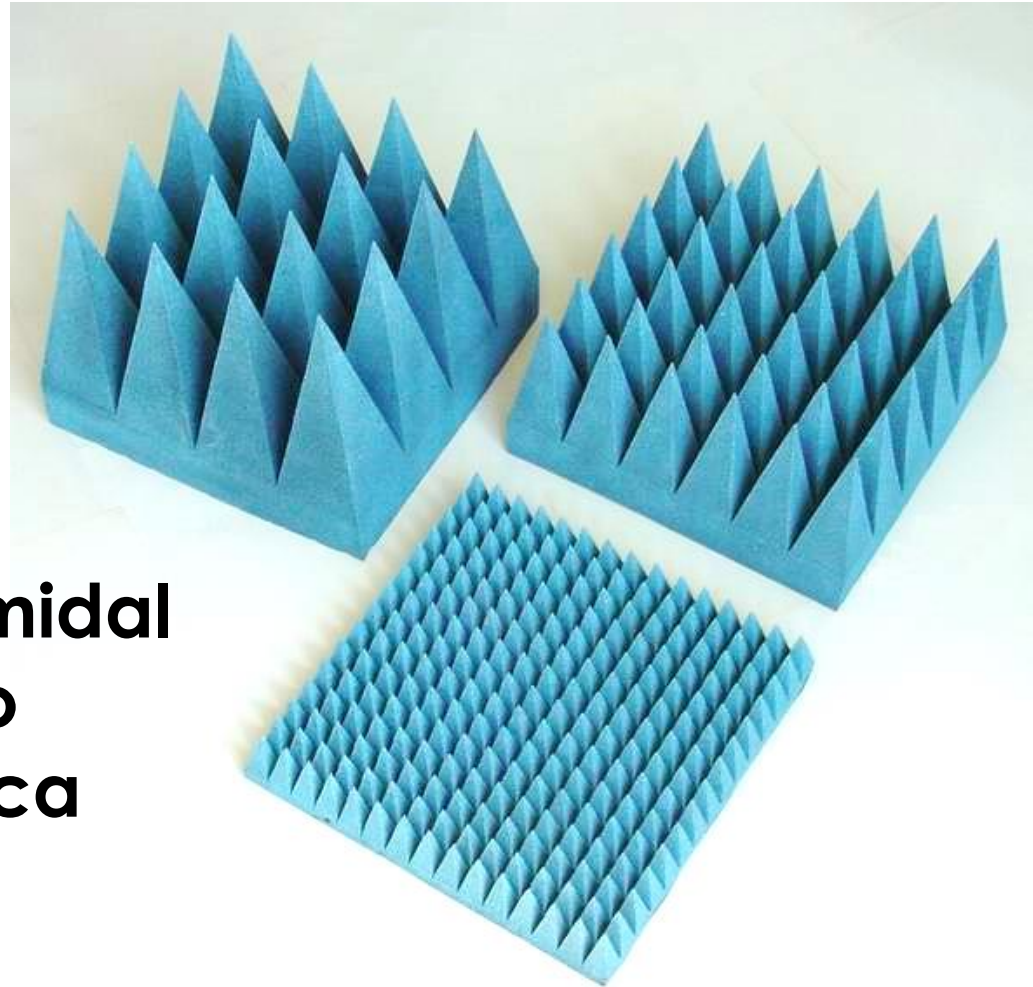
Prof. M.Eng. Eduardo Unterleider

Acad. Fabiano F. da Rosa

Desenvolvimento de Absorvedor Piramidal de Radiações Eletromagnéticas para Câmaras Anecoicas com a Utilização de Resíduos de Indústrias Alimentícias e Moveleiras



Produto



**Absorvedor Piramidal
de Radiação
Eletromagnética**

Absorvedor (Produto de Mercado)

Aplicação



Revestir o interior de Câmaras Anecoicas para atenuar a reflexão de sinais eletromagnéticos

Benefícios



Aproveitamento de Resíduos Industriais
Redução do Uso de Materiais Sintéticos
Aumento de Emprego e Renda

Radiofrequência (RF):

Termo comumente utilizado para se referir a frequências utilizadas por um sistema de radiocomunicação.

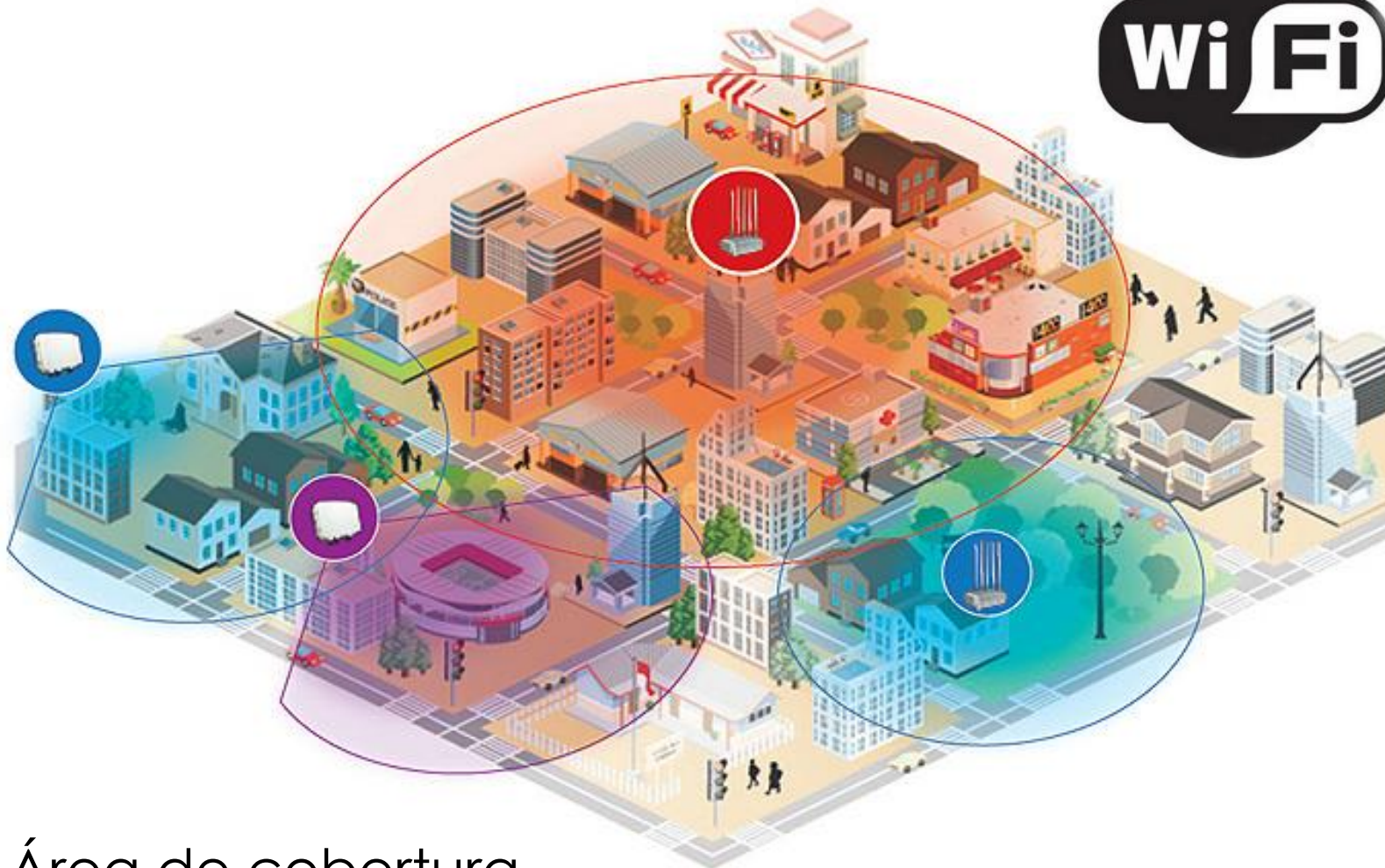
Sinal eletromagnético de frequência acima da de áudio e abaixo da de infravermelho.

Utilização da Radiofrequência

Aplicações



Demanda x Problemas



Área de cobertura

Demanda x Problemas

Interferência Externa (terceiros)



Várias Posições da TAG no Produto

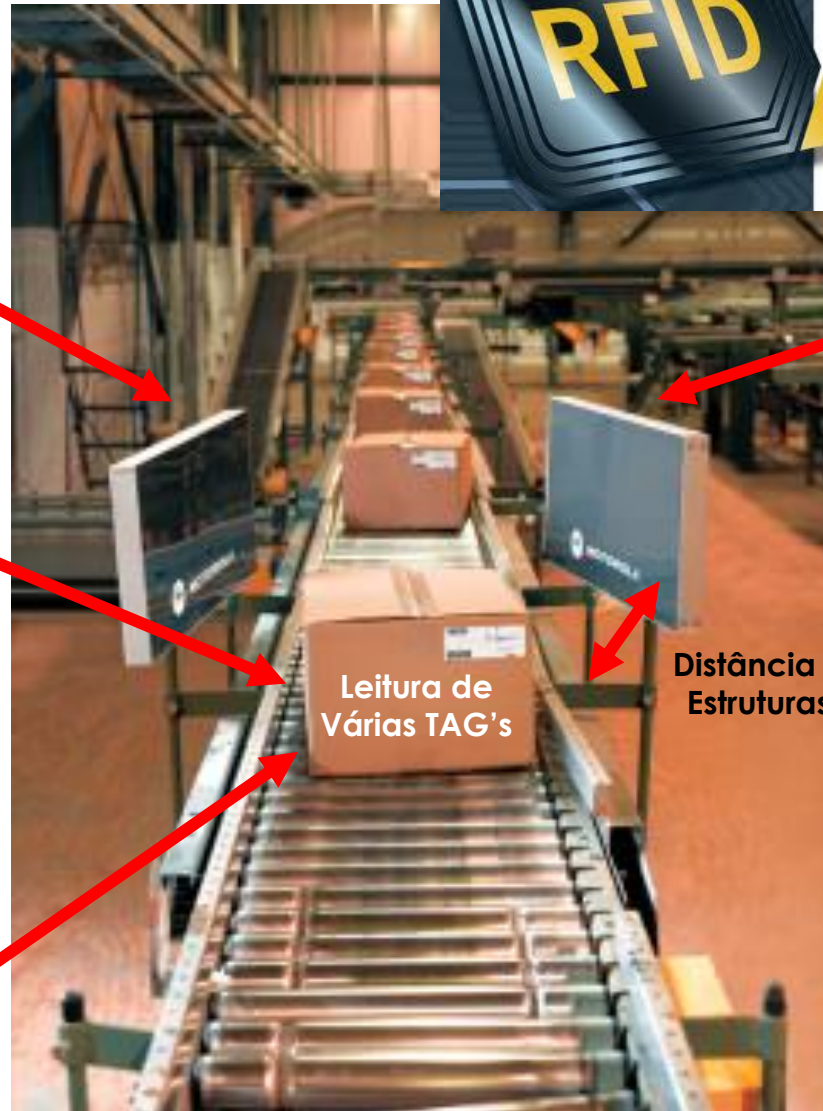


Polarização Horizontal



Polarização Vertical

Intermodulação dos Sinais das TAG's



Interferência Externa (própria)



**Intensidade dos Sinais
Área de Cobertura**
*Reflexão e Absorção nos Materiais

Distância da Antena a Estruturas (Materiais)



Contato da TAG em Vários Tipos de Materiais

Fatores básicos que Influenciam



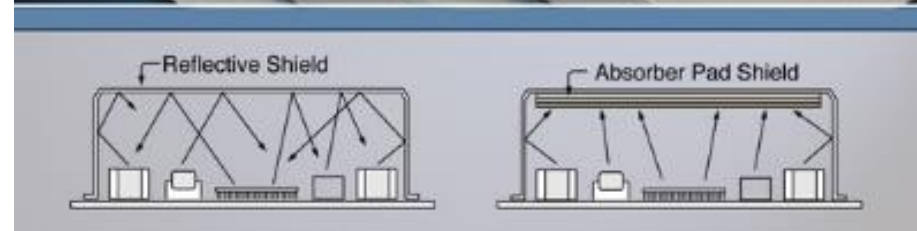
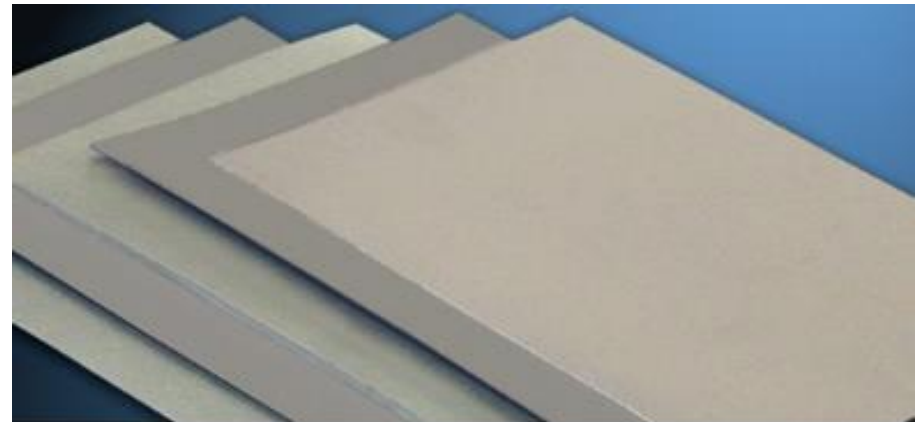
Equipamentos



Antenas



Acessórios



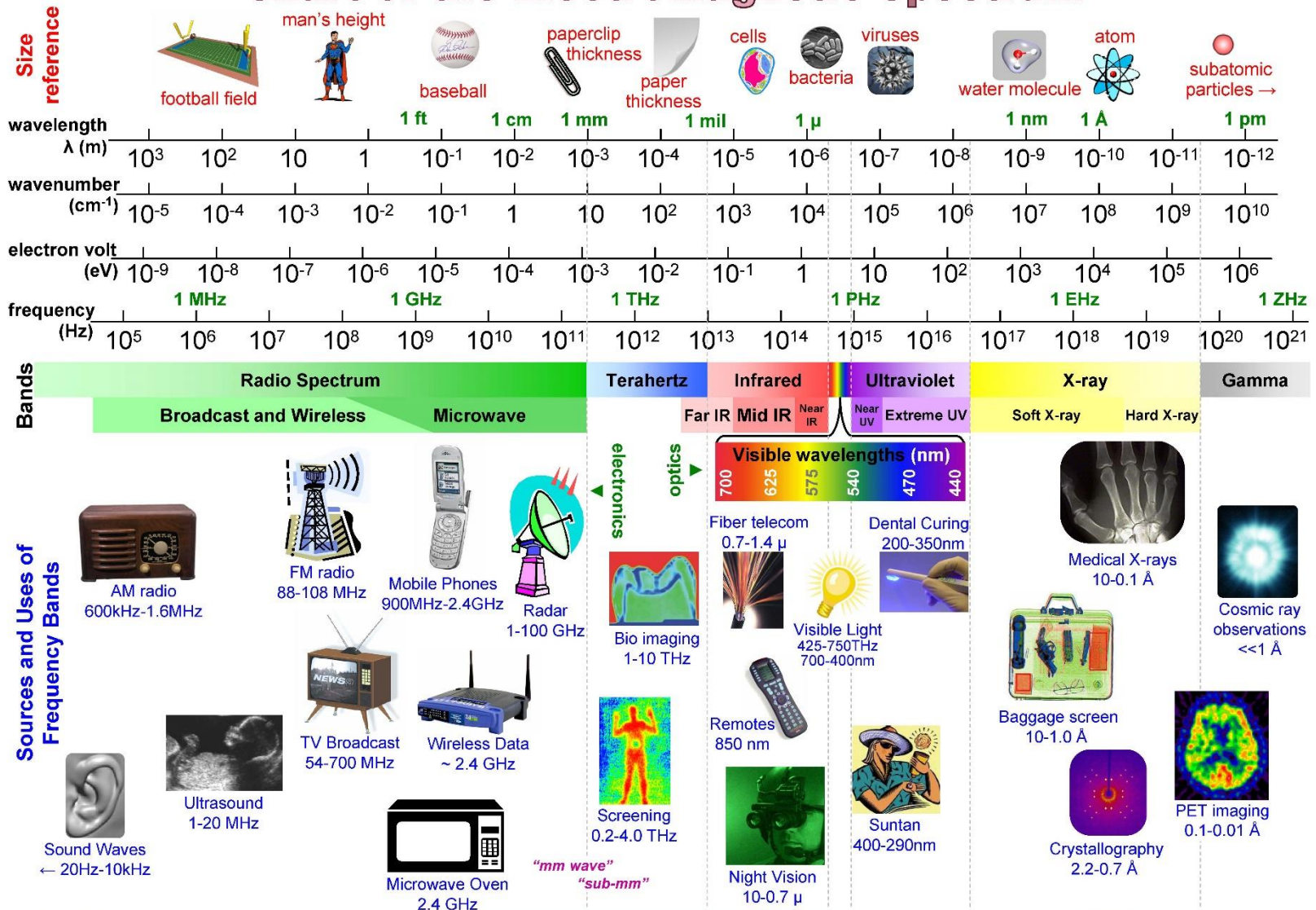
Materiais

...e vários outros!!!



Espectro Eletrromagnético

Chart of the Electromagnetic Spectrum

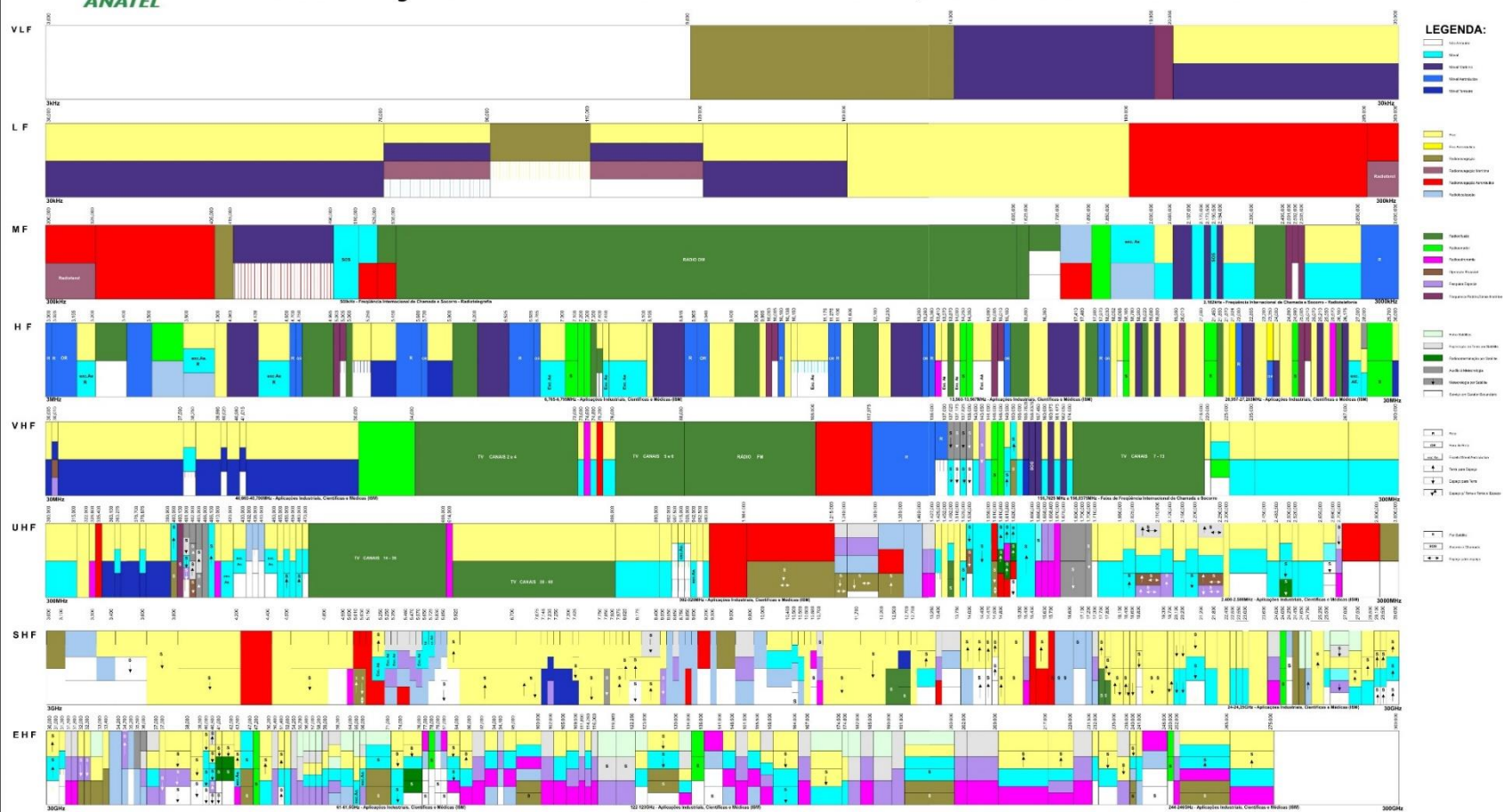


Espectro Radioelétrico:
Parte do espectro eletromagnético
que é, do ponto de vista do
conhecimento tecnológico atual,
passível de uso por sistemas de
radiocomunicação.

Espectro Radioelétrico



ATRIBUIÇÃO DE FAIXAS DE FREQUÊNCIAS NO BRASIL

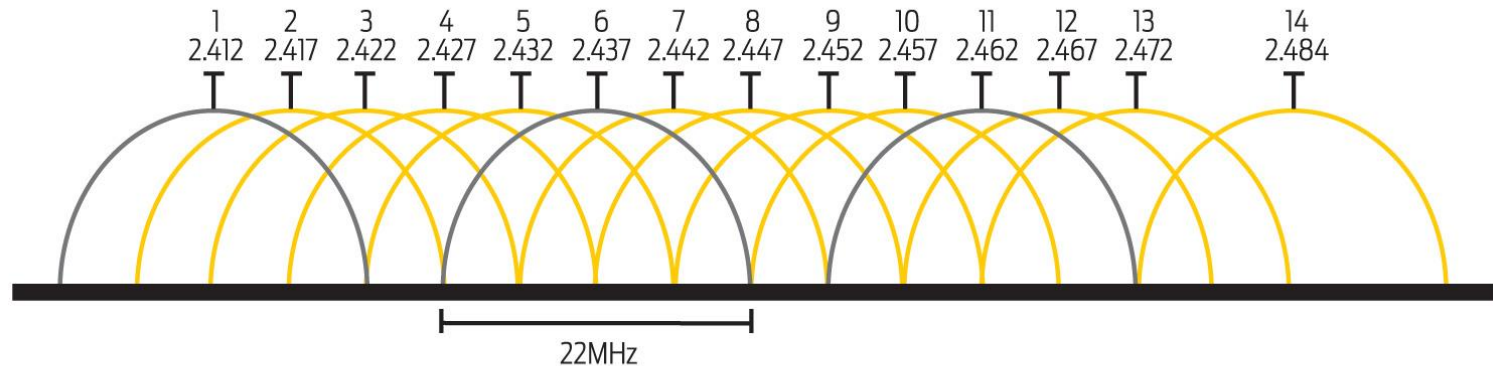


C05: A faixa de frequências de 275 GHz a 1000 GHz não tem Atribuição da UFR

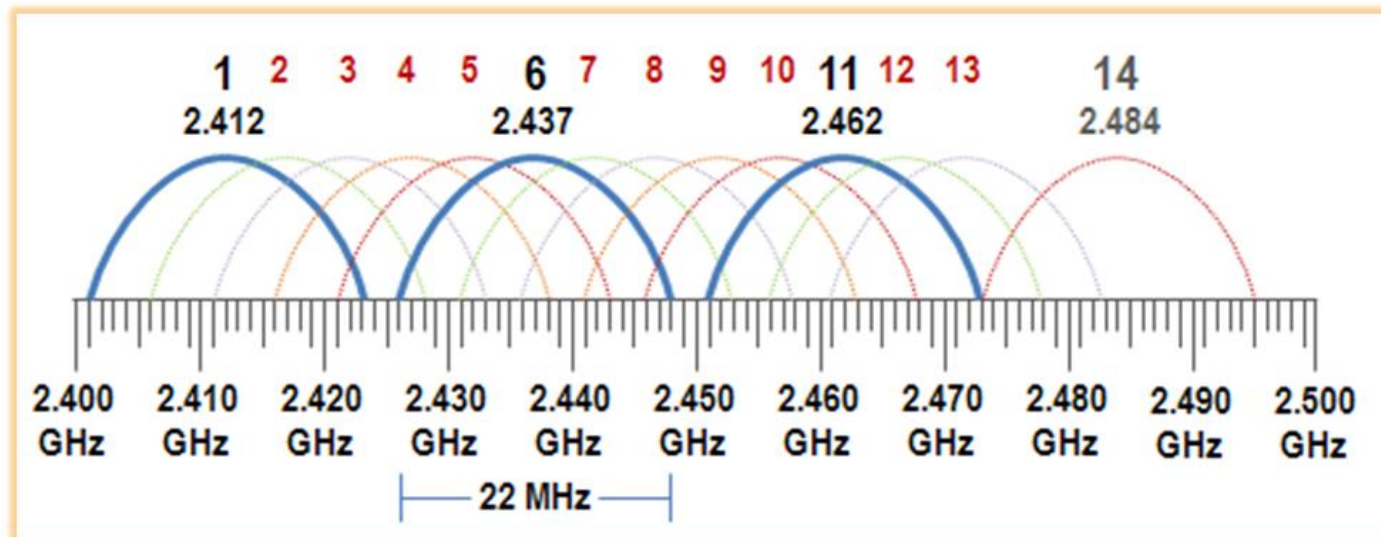
Correspondência: gregorio@nasa.gov.br, Avenida da República, 107-100
Fazenda do Brasil e área adjacente ao COT/USP de 2002
Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

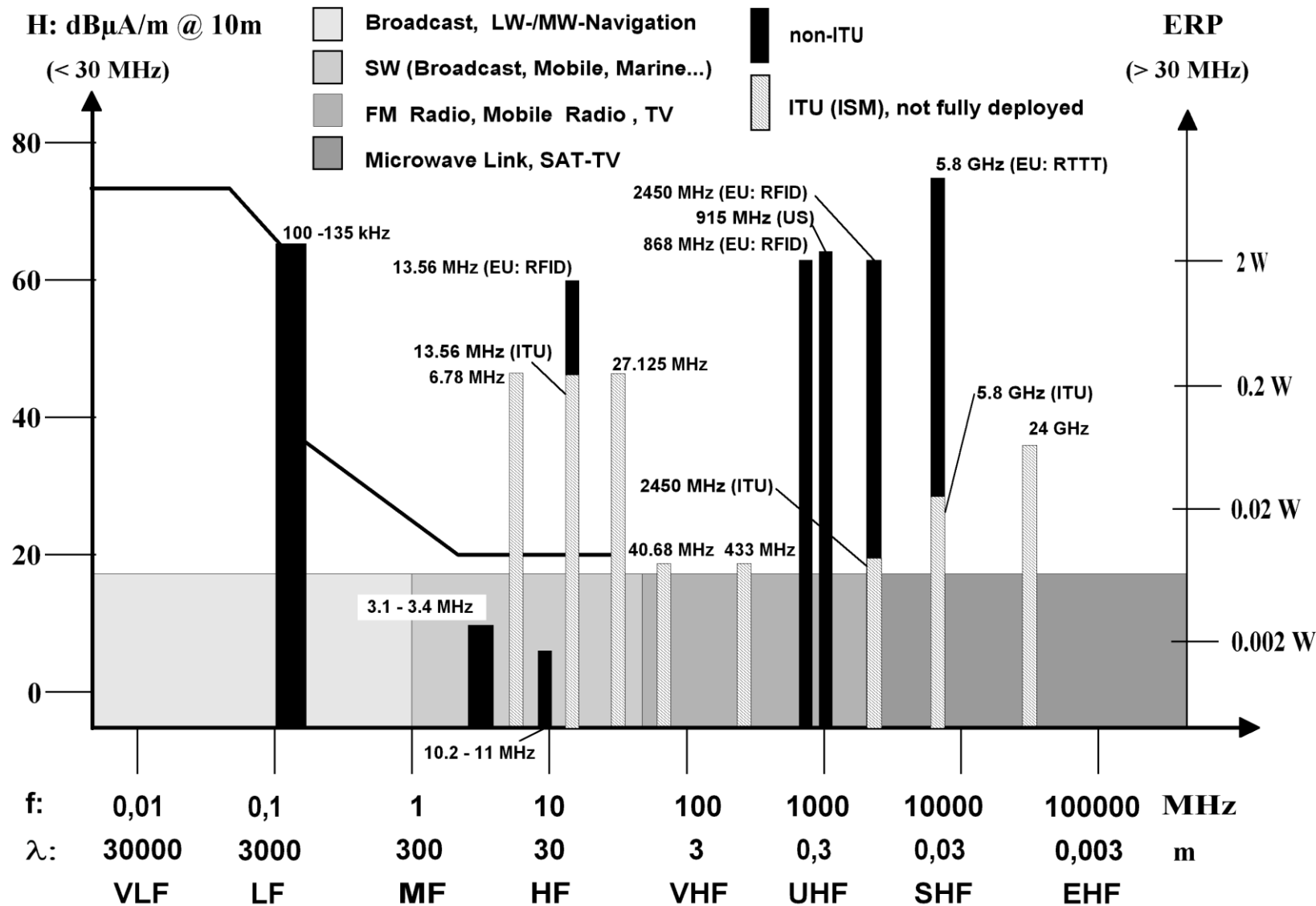
The 2.4GHz channels

Channel Centre Frequency (GHz)



The 2.4GHz channels contain a vast amount of overlap, which is why some routers only allow you to choose from channels 1, 6 and 11. The use of channel 14 isn't permitted in much of the world, including Australia.





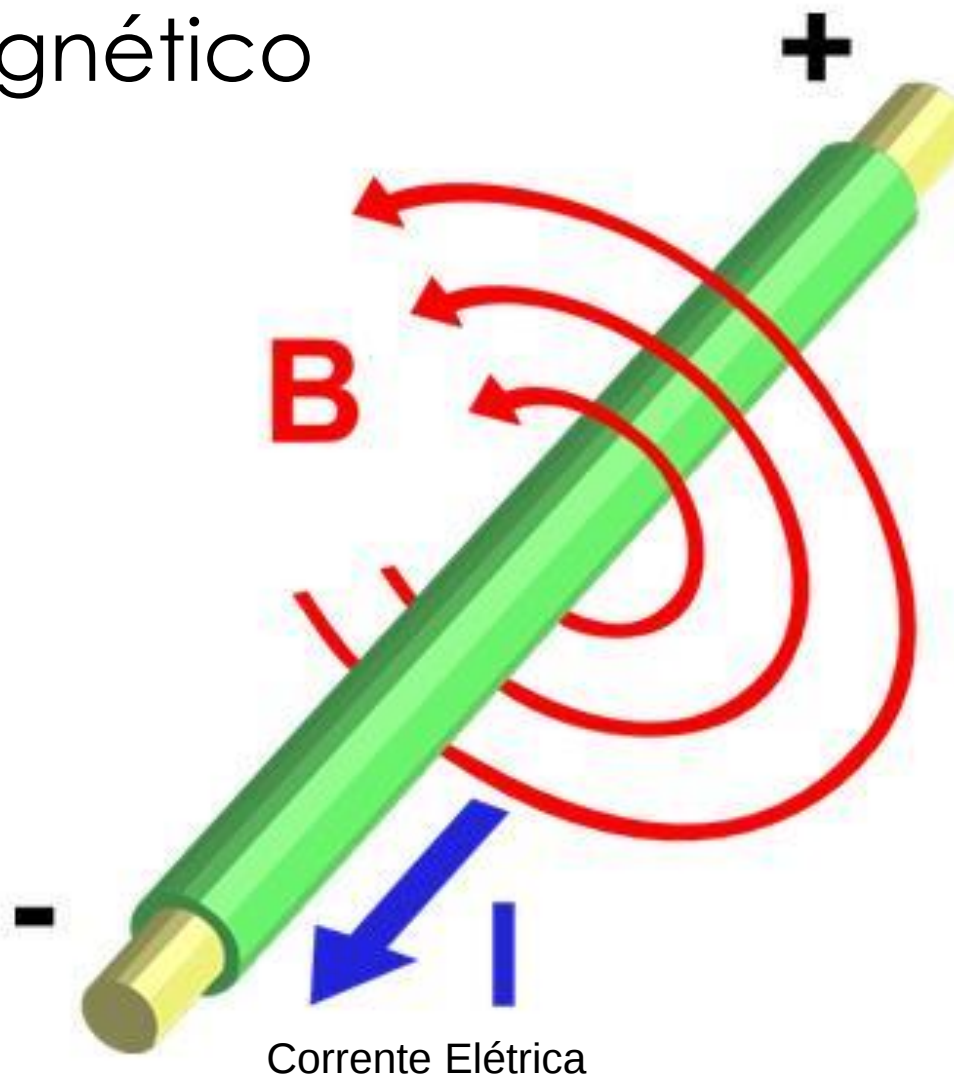
Onda Eletromagnética:

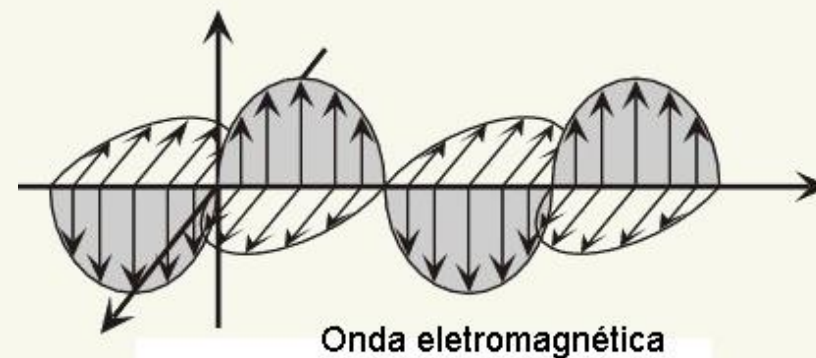
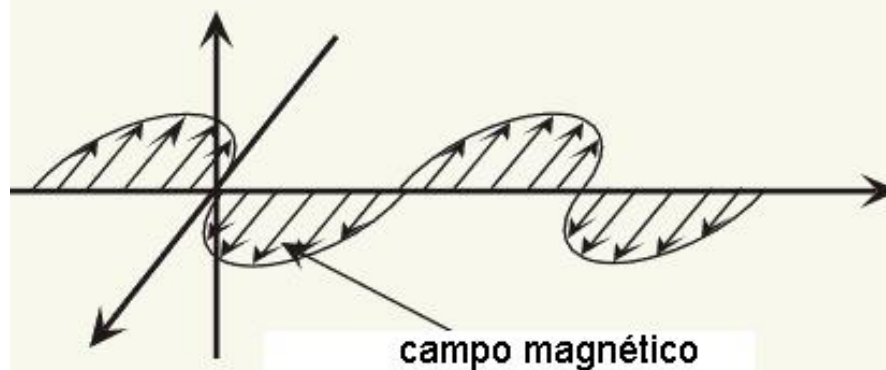
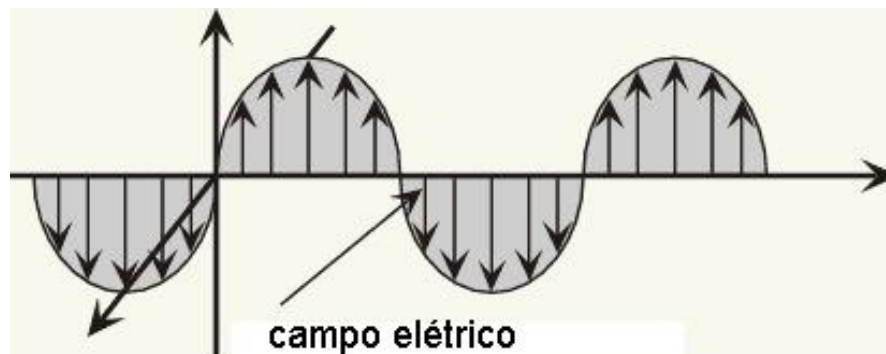
Onda caracterizada pela variação dos campos elétricos e magnéticos.

Ondas eletromagnéticas são conhecidas como: ondas de rádio, ondas de calor, ondas de luz, etc., dependendo da frequência de emissão.

Ondas Eletromagnéticas

Campo Magnético



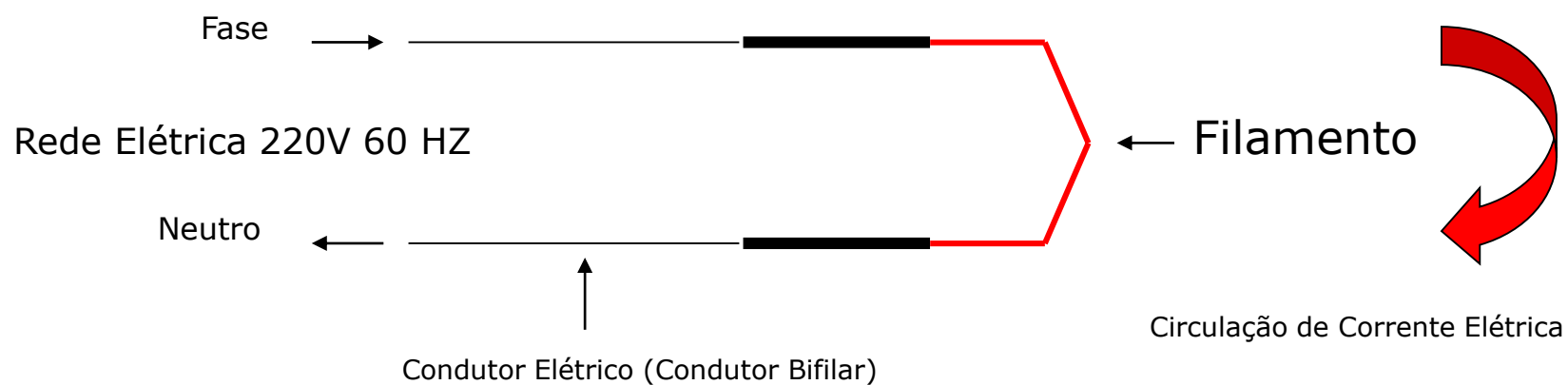


Antena:

Dispositivo para radiar ou captar ondas eletromagnéticas no espaço. Pode incorporar elementos tais como casador de impedâncias ou divisor de potência que a ela estejam fisicamente integrados.

Fundamentos de Antenas

Como Funciona uma **Lâmpada**

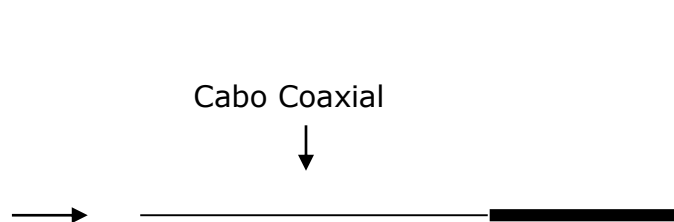


Como Funciona uma **Antena**

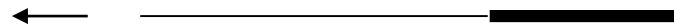
Dipolo de Meia Onda



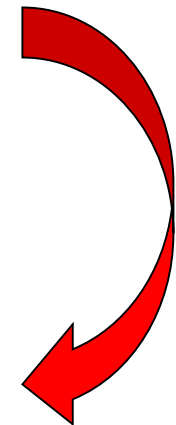
Cabo Coaxial

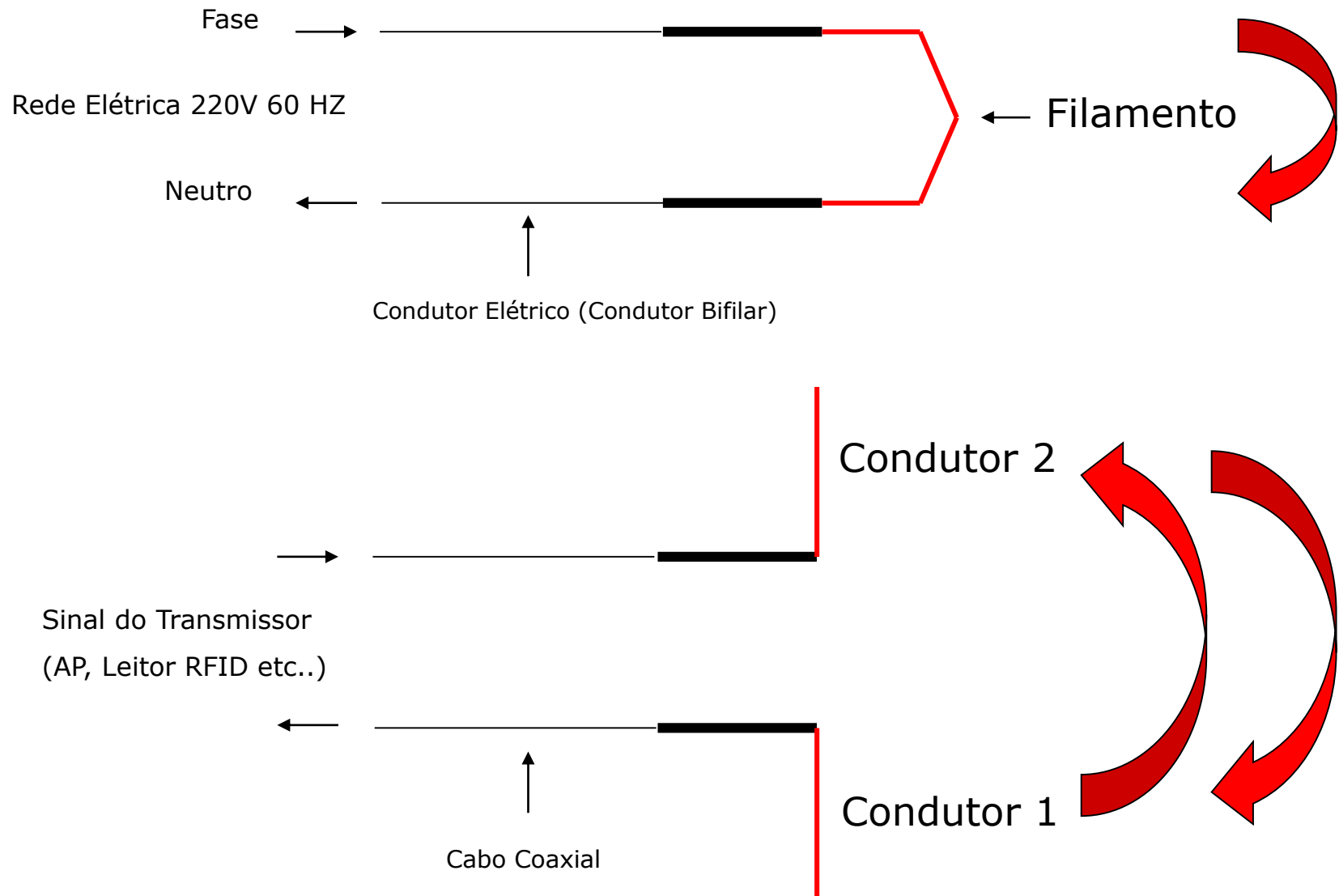


Sinal do Transmissor



Campo Elétrico



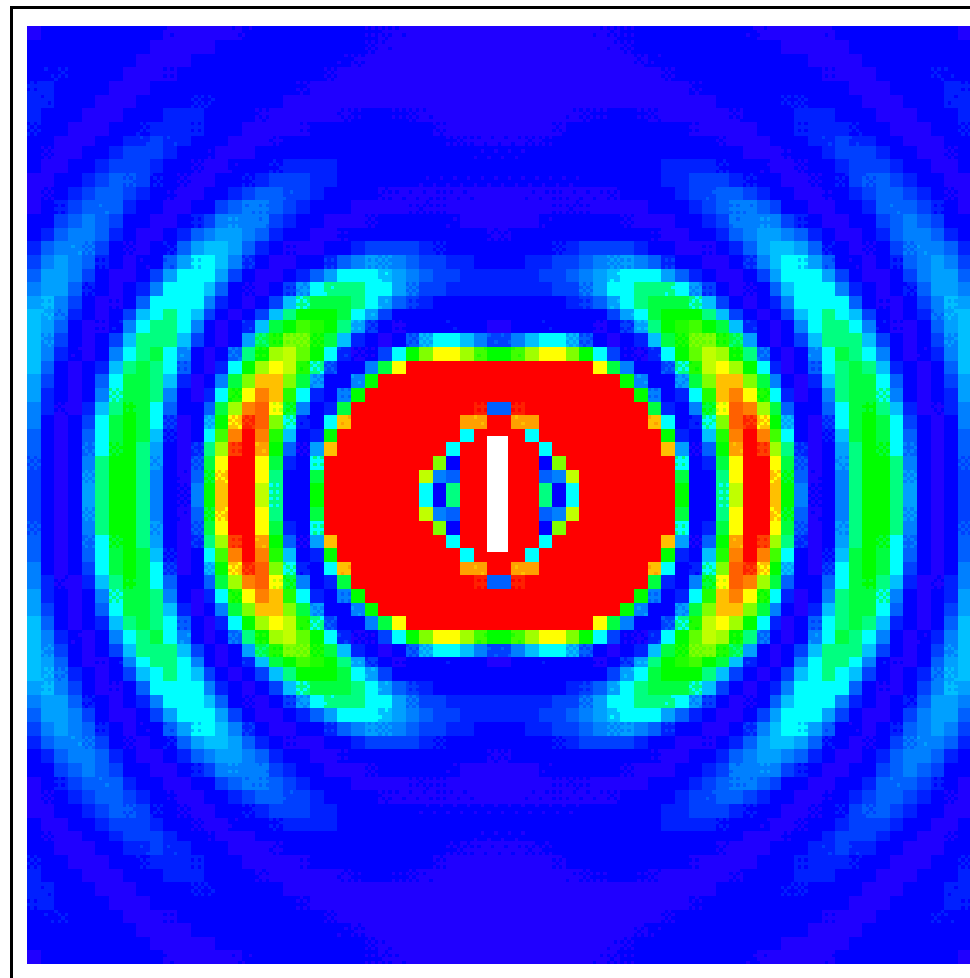


Radiação:

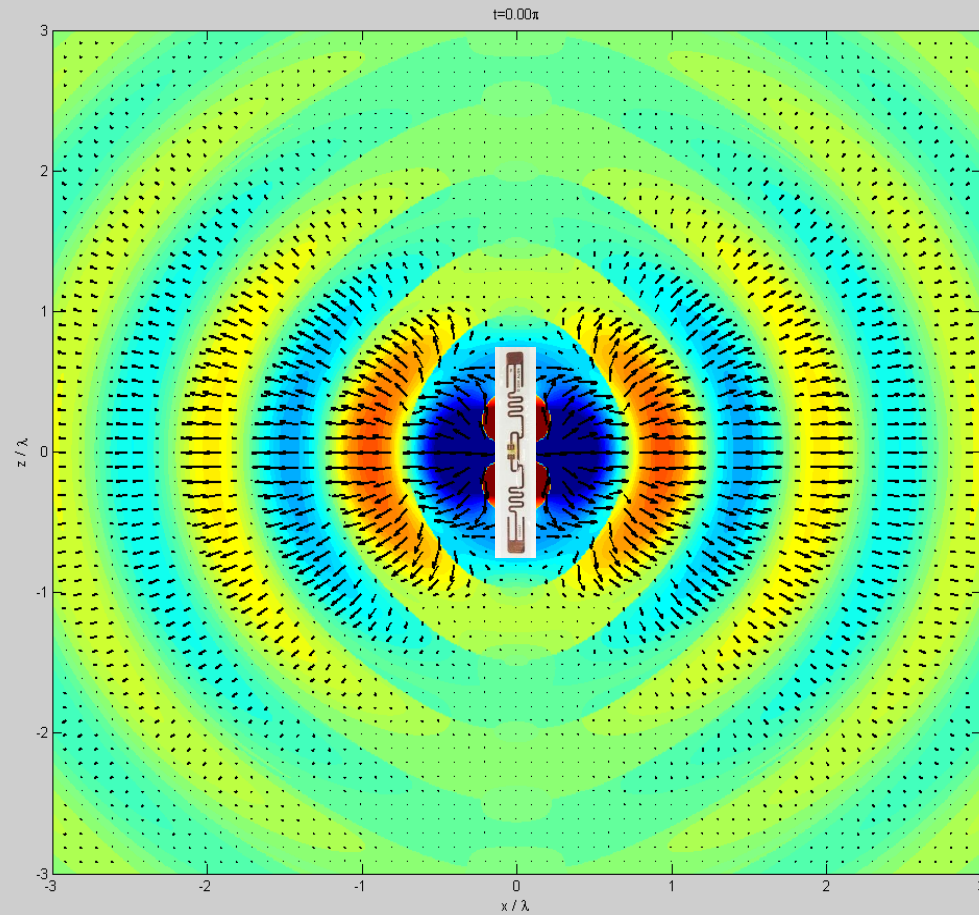
Emissão de energia em ondas eletromagnéticas ou em partículas dotadas de energia cinética.

É o sinal proveniente da antena que se propaga através do meio ambiente.

Radiação



<http://www-antenna.ee.titech.ac.jp/~hira/hobby/edu/em/smalldipole/smalldipole.html>



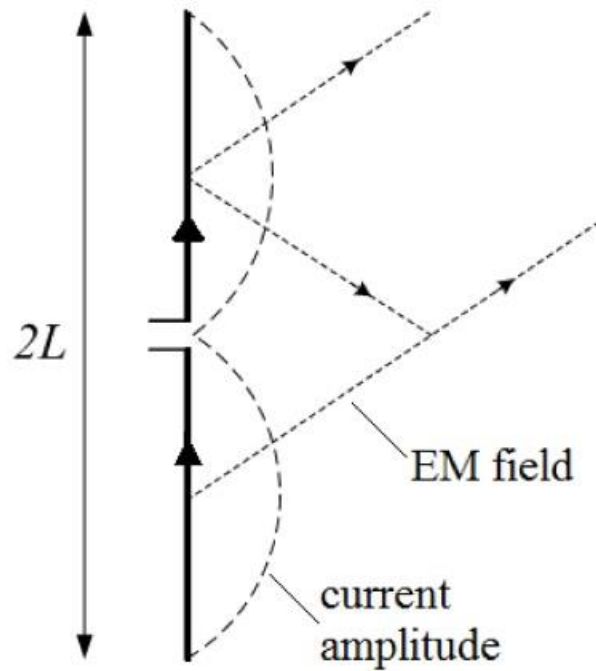
Antena Dipolo:

Qualquer classe de antena aberta, excitada de tal modo que a corrente de onda estacionária é simétrica em relação a seu ponto médio.

Antena Monopolo:

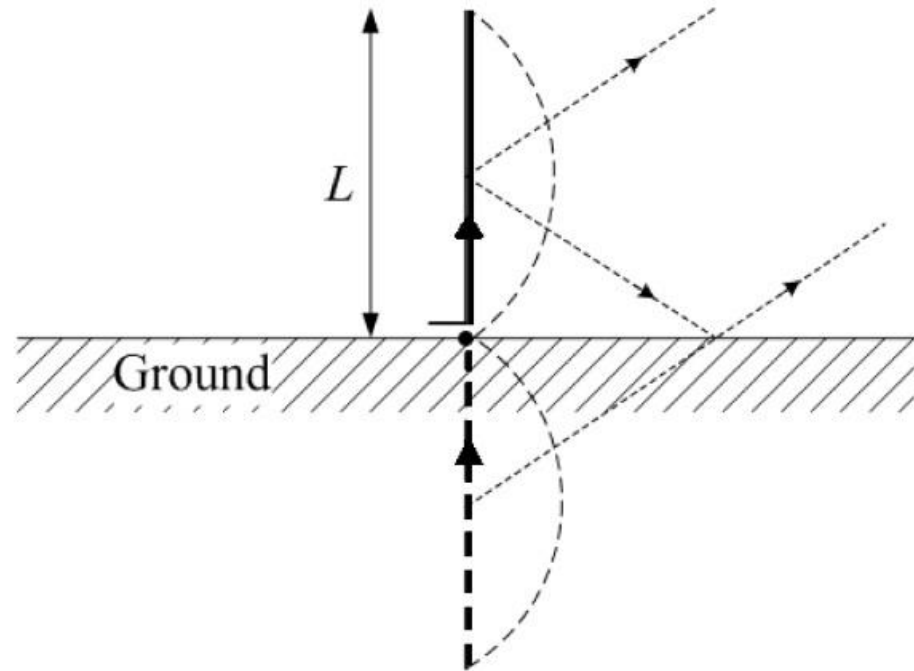
Antena aberta, atuando como parte de um dipolo, cuja outra parte é representada pela sua imagem elétrica (na terra ou em um plano de terra).

Dipolo e Monopolo



(a)

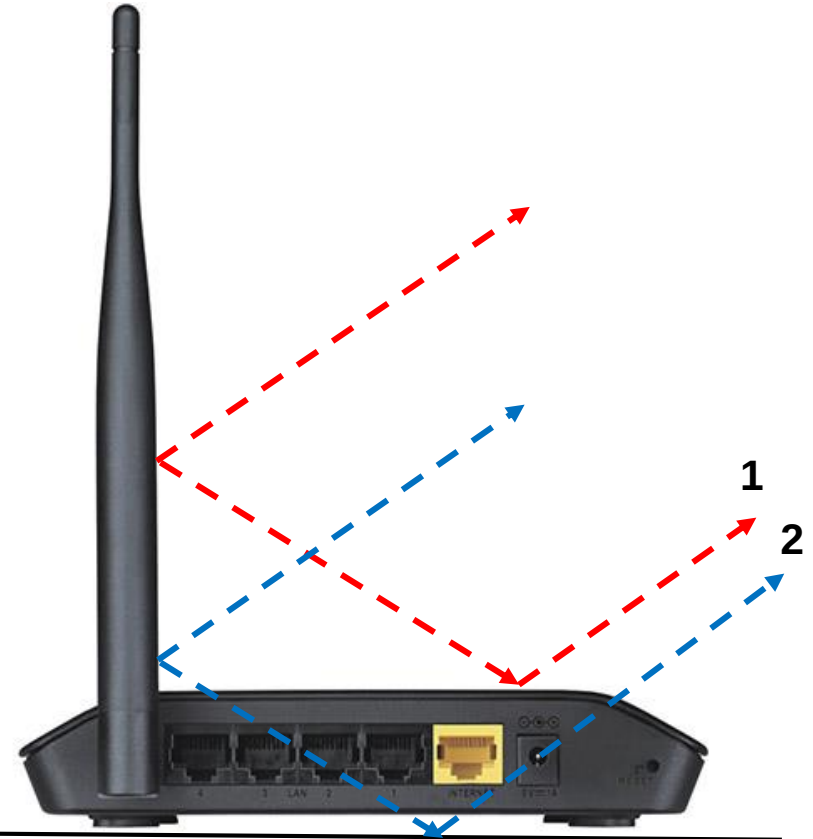
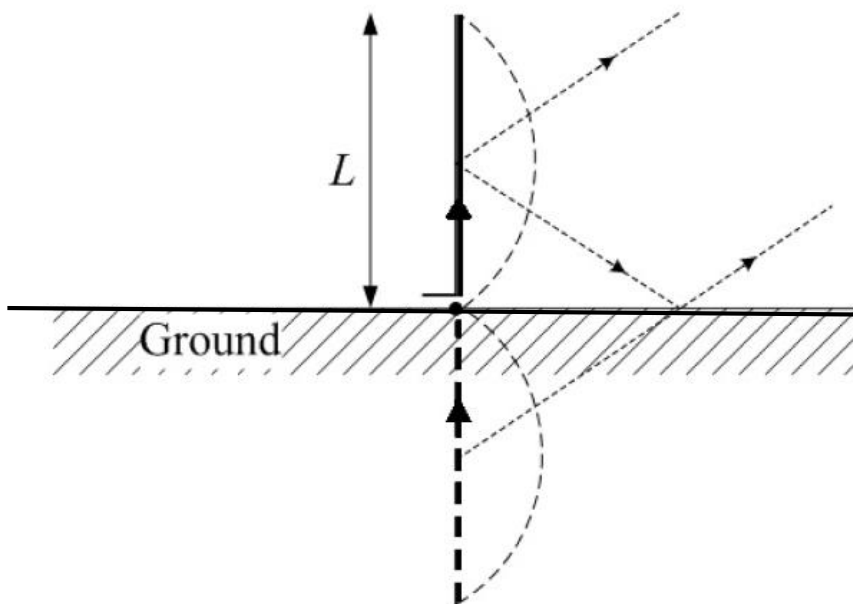
Dipolo



(b)

Monopolo

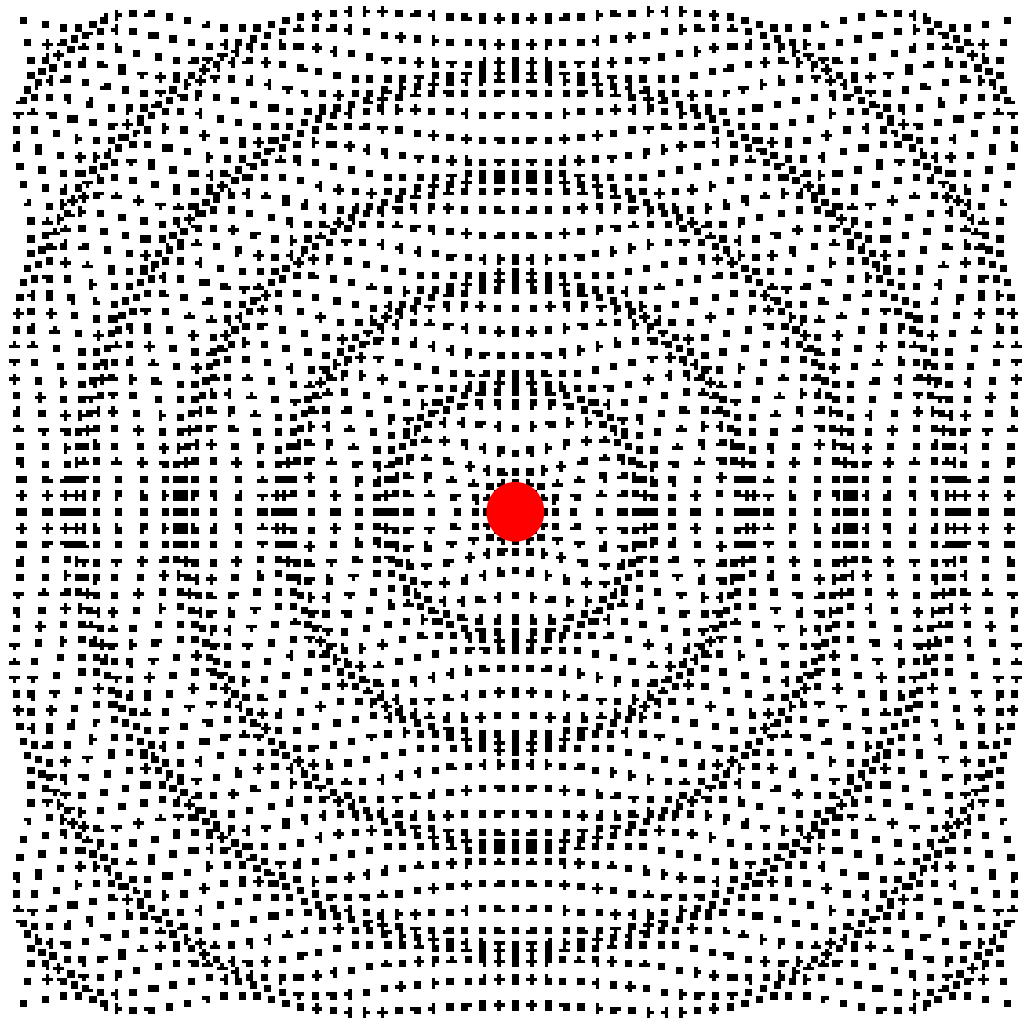
Monopolo



1. O material da superfície do gabinete reflete a radiação

2. O material da superfície da mesa reflete a radiação

Monopolo visto por cima



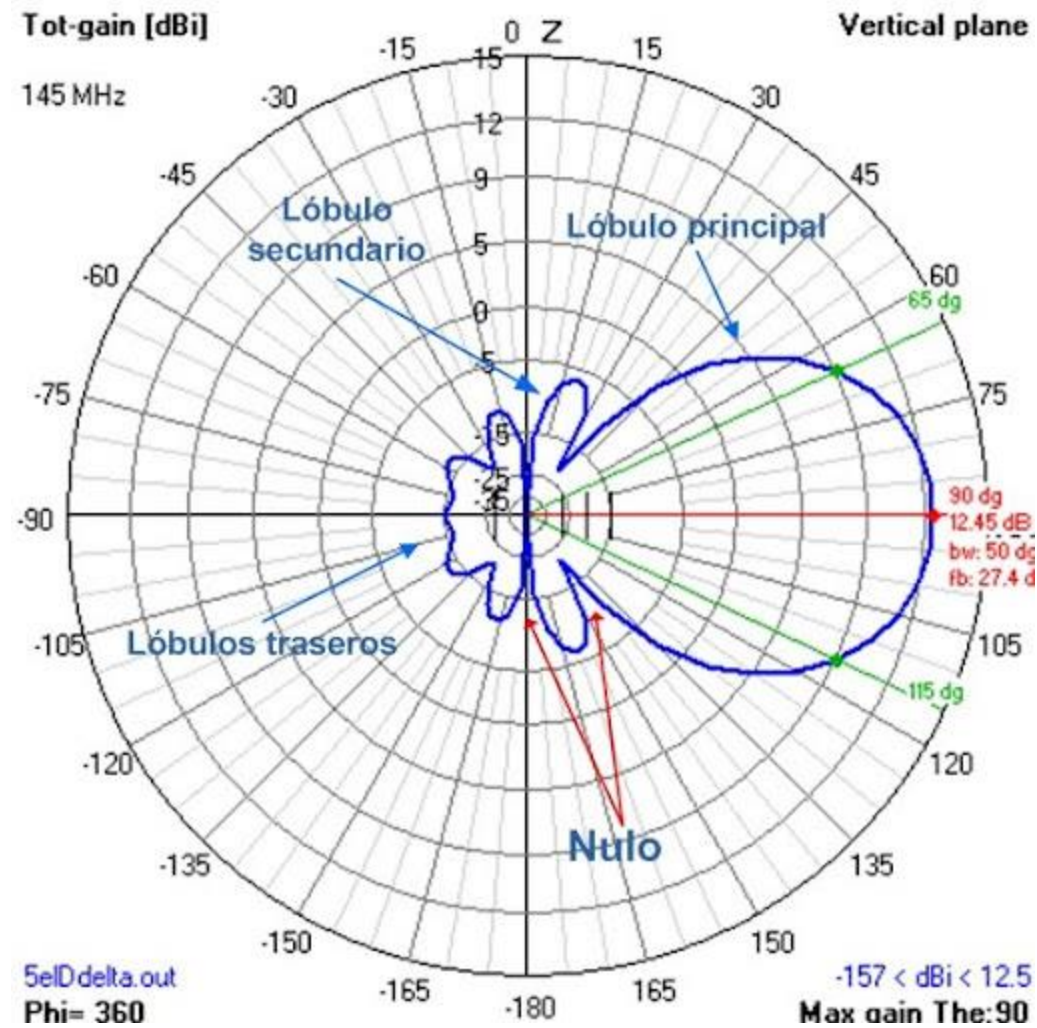
Lóbulo Principal:

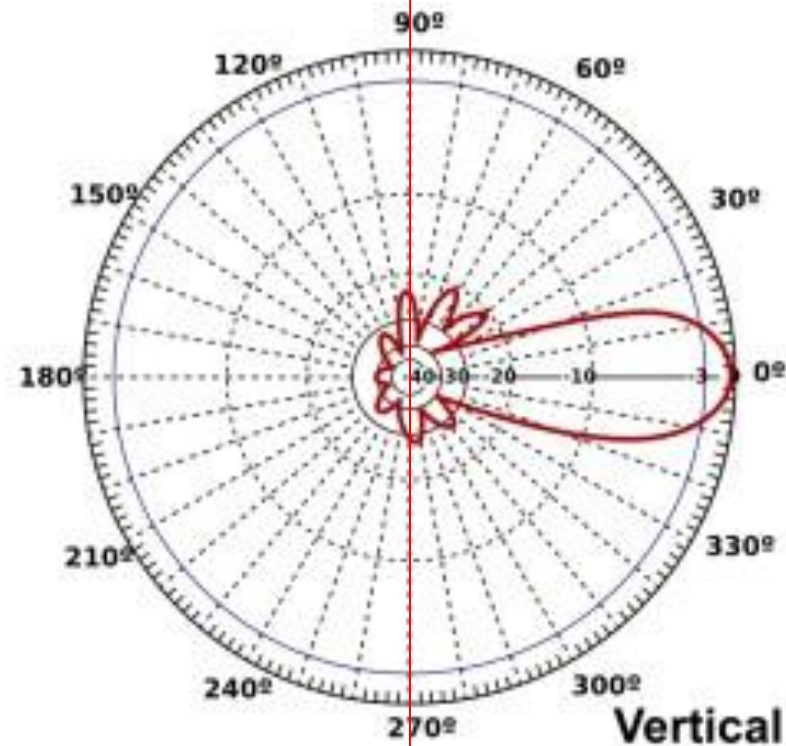
É o lóbulo de radiação que contém a direção de máxima radiação da antena.

Lóbulos Laterais:

São os lóbulos de radiação existentes em direções outras que não a do lóbulo principal.

Lóbulo de Radiação



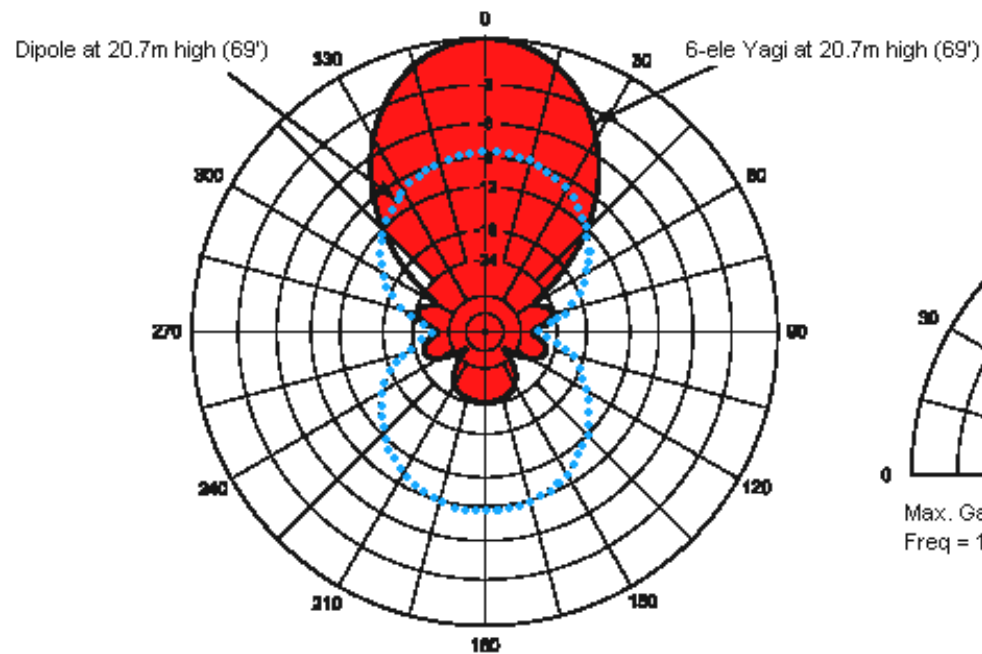


Antena Direcional



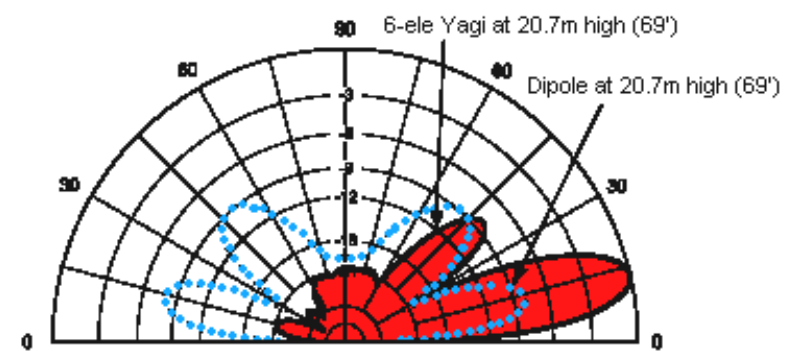
Diagrama de Radiação:
É a representação gráfica das propriedades de radiação de uma antena em função de direções definidas por coordenadas espaciais.

Diagramas de Radiação



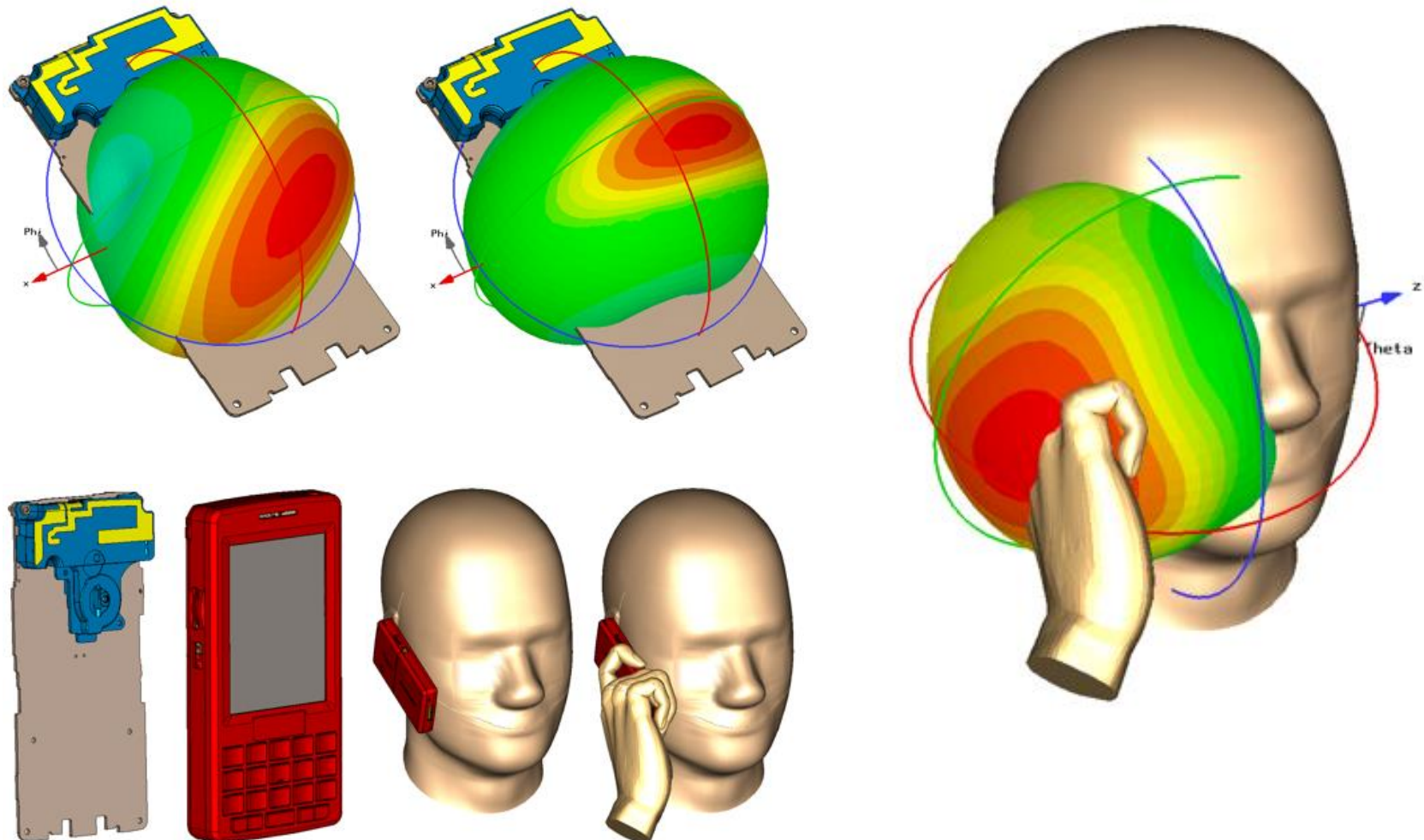
Max. Gain = 16.02 dBi
Freq = 14.174 MHz

Azimuthal Plot
Elevation = 12°



Max. Gain = 16.02 dBi
Freq = 14.174 MHz

Elevation Plot



Simulation of Mobile Phone Antenna Performance

<http://www.cst.com/Content/Applications/Article/Simulation+of+Mobile+Phone+Antenna+Performance>

Ganho de uma Antena:

É a relação, expressa em dBi, entre a intensidade de radiação em uma dada direção do espaço e a que seria obtida quando utilizada uma antena isotrópica, ambas alimentadas com a mesma potência.

Ganho da Antena



Dipolo de Meia Onda



Dipolo de Meia Onda

O ganho de uma antena é medido em dBi ou dBd, sendo em dBd a sua unidade padrão de referência para comparação é **0 dBd**
(Ganho em relação a um Dipolo de Meia Onda)



Dipolo de Meia Onda



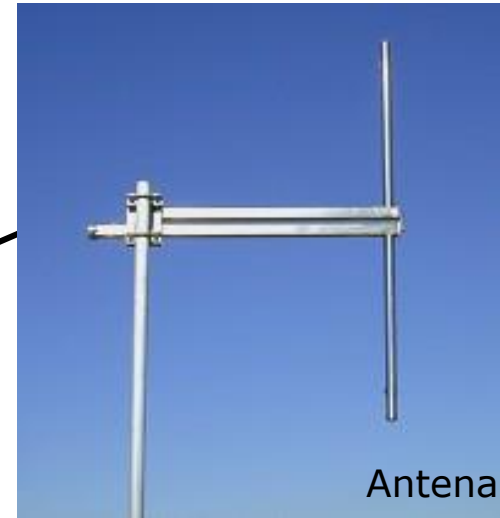
Antena sob Teste

O valor em dBd expressa o ganho de sinal da antena testada quando comparado com o sinal de uma antena dipolo $\frac{1}{2} \lambda$, colocada no mesmo lugar

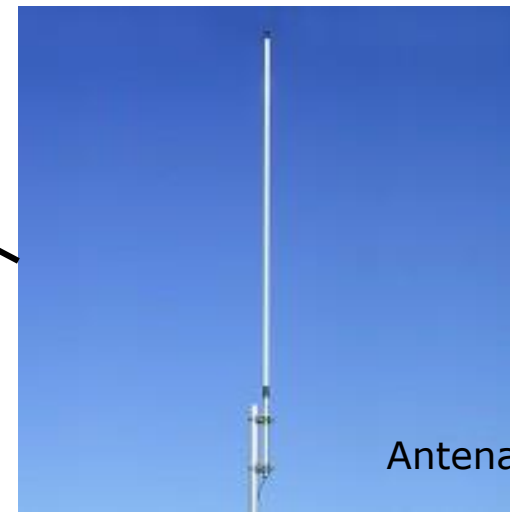
Análise Comparativa



Antena P1



Antena P2



Antena X

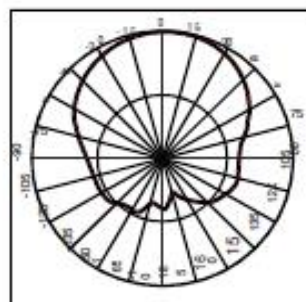
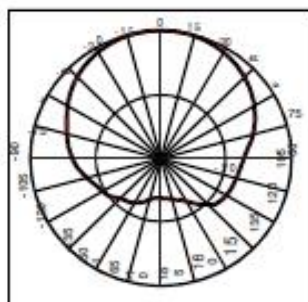
A Antena P1 recebeu
mais ou menos sinal da Antena X em
relação a Antena P2, com a mesma potência
aplicada as Antenas X e P2



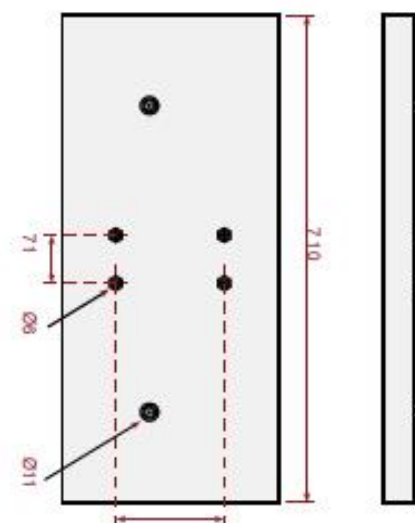
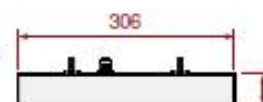
● Especificações Técnicas

Frequência de operação	902 - 928 MHz
Ganho linear	6,75 dBi
VSWR	1,5:1
3dB largura de feixe	Azimuth 70°, Elevation 60°
Polarização	Circular Dual RH
Isolamento porta - porta	-37 dB
Impedância de entrada	50 Ohms
Potência entrada	6W máximo
Dimensões	710 x 306 x 41 mm
Peso	3 Kg
Material	Alumínio e Polímero
Conectores	2 x TNC fêmea reversa polarizada
Temperatura de operação	0°C a 35°C

Azimuth Radiation Pattern Elevation Radiation Pattern
Midband Freq. 0,915GHz Midband Freq. 0,915GHz



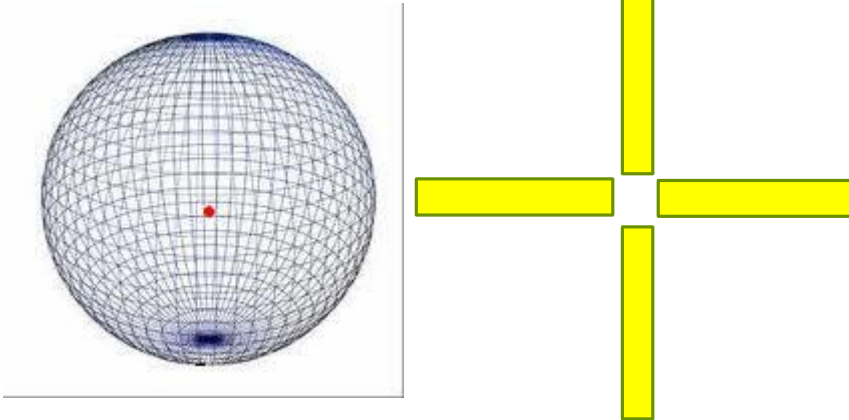
● Dimensões [mm]



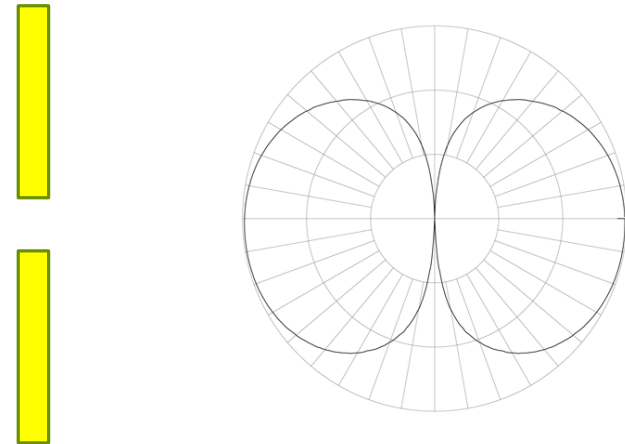
Conversões (Ganho da Antena)

Conversão para dBi (Ganho em dBd + 2.15)

Conversão para dBd (Ganho em dBi - 2.15)



Antena Isotrópica (dBi)



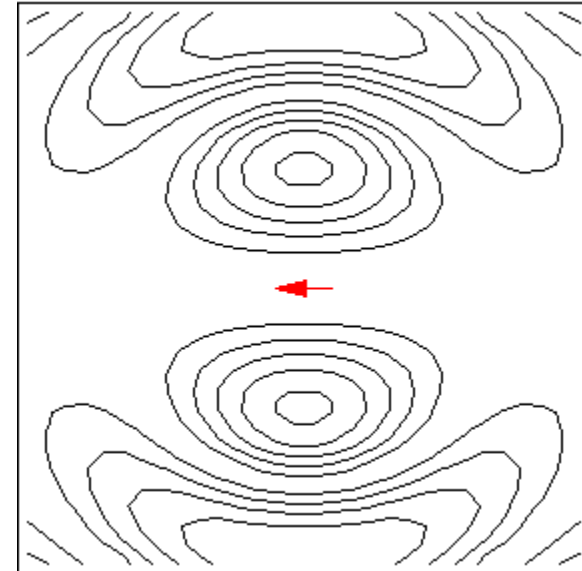
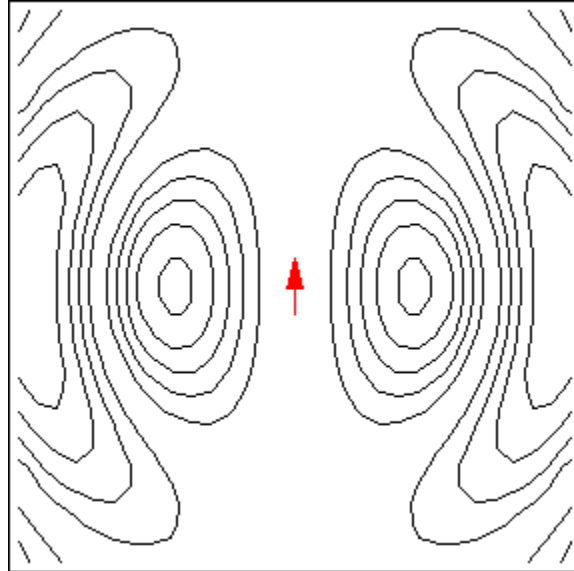
Antena Dipolo (dBd)

Polarização:

Para uma antena emissora é a polarização da onda radiada em uma determinada direção. Para uma antena receptora é a polarização da onda incidente em uma determinada direção que produz a máxima potência disponível nos terminais da antena.

Polarização de uma onda eletromagnética, é a propriedade que descreve a orientação, isto é, a direção e amplitude variando no tempo, do vetor do campo elétrico.

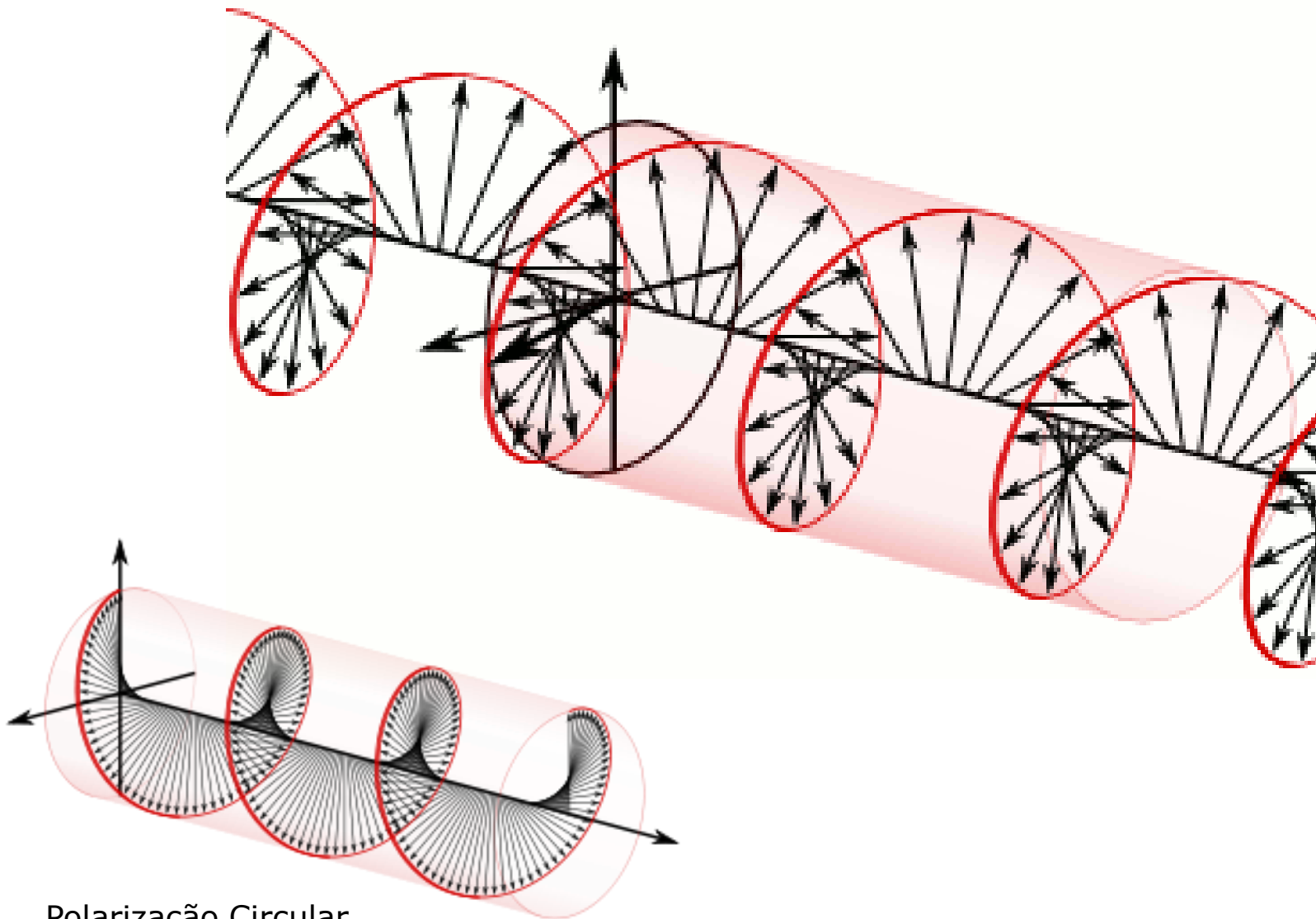
Polarização



Polarização Vertical



Polarização Horizontal



Polarização Circular

Impedância de uma antena:

Em geral a impedância pode ser considerada como composta de duas partes, uma impedância própria e uma impedância mútua da seguinte forma:

Impedância = impedância própria + impedância mútua.

Impedância

Impedância Própria

+

Impedância Mútua

A impedância própria é a impedância que poderia ser medida nos terminais da antena em espaço livre, ou seja, livre de qualquer influência de outras antenas ou de obstáculos refletoras.

Esta impedância é composta de uma parte resistiva e uma parte reativa na seguinte forma:
 $\text{Impedância própria} = \text{resistência} + j (\text{reatância})$

A reatância é proveniente da energia reativa armazenada na região de campo próximo da antena, enquanto que a resistência considera a potência absorvida pela antena na entrada dos seus terminais. Essa resistência é composta por uma resistência de radiação e uma resistência de perda definida por:

$$\text{Resistência} = R_r + R_l$$

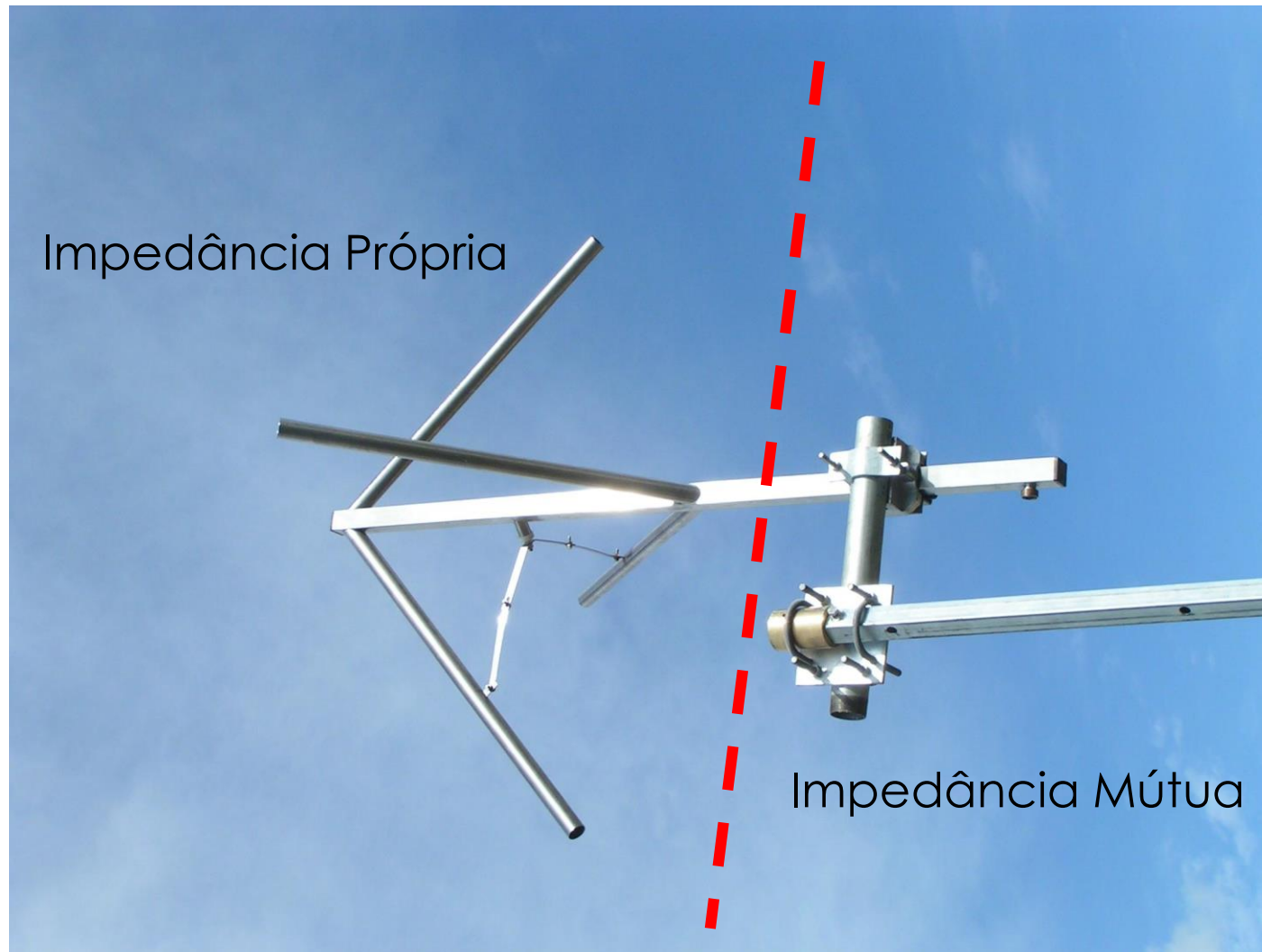
Onde R_l engloba todas as perdas ôhmicas e dissipativas da estrutura da antena.

A impedância mútua considera os acoplamentos entre a antena e outros objetos exteriores a ela.

Para muitas antenas, essa impedância mútua é desprezível devido a influência dos objetos circundantes ser muito menor do que a sua impedância própria.

O cálculo de impedância mútua normalmente é teoricamente complicada devida as antenas estarem em campo próximo reativo e também das geometrias das antenas serem difíceis de se modelar analiticamente.

Impedância



Parede
(Alvenaria)

Objetos e Estruturas próximas a Antena influenciam na Impedância e Radiação



Parede

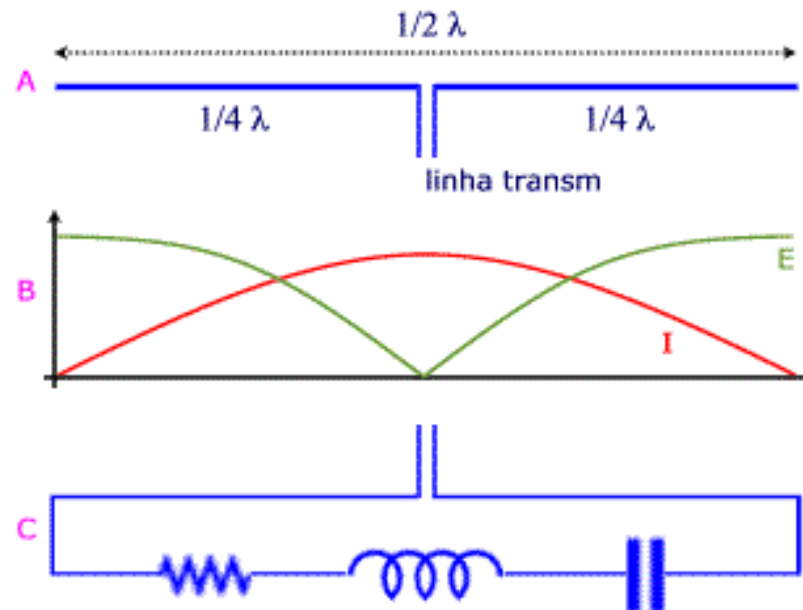
Manter na **posição** e
distâncias recomendadas
pelo fabricante!



Mesa

Impedância

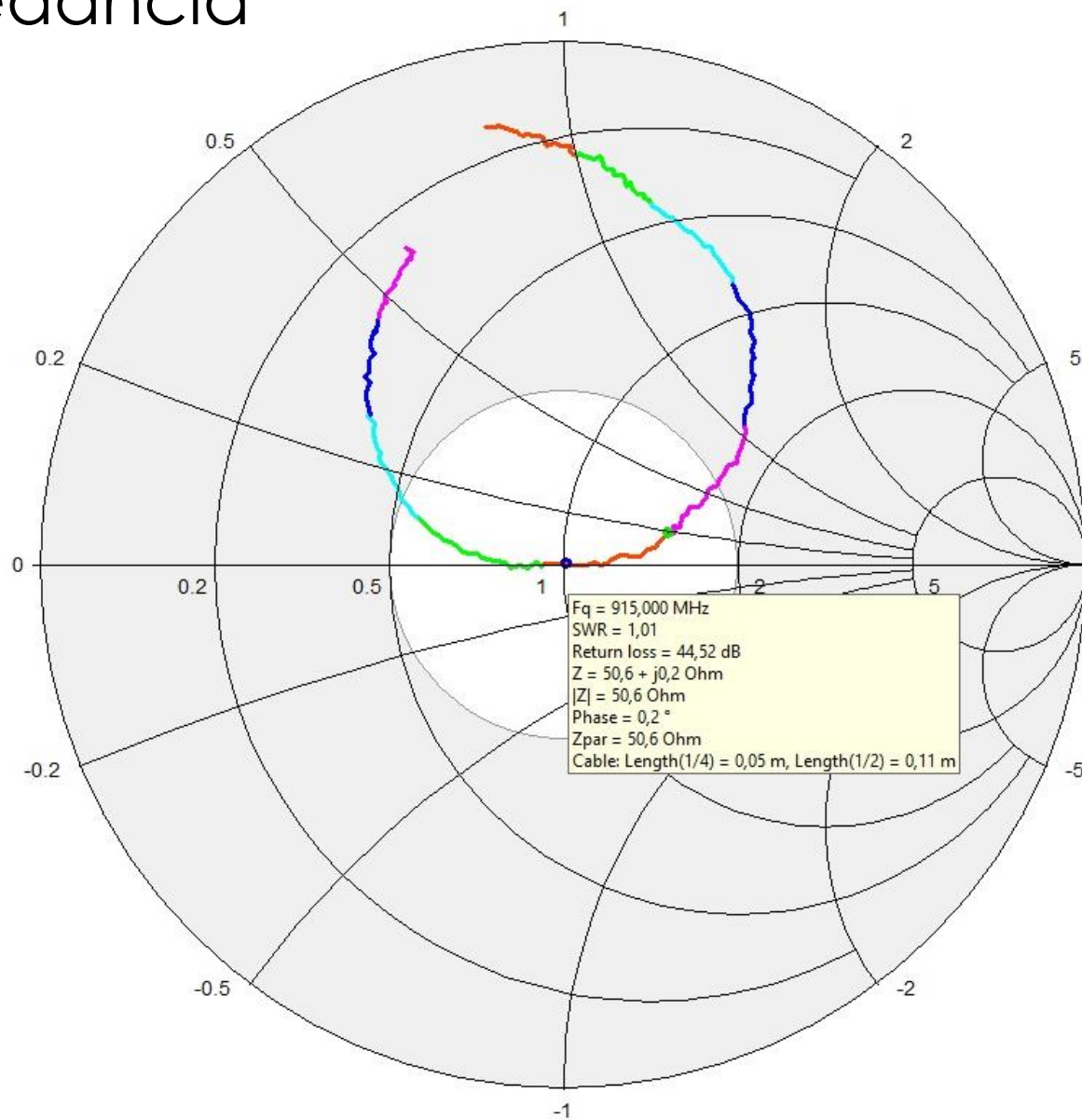
No centro a corrente é máxima e a tensão é mínima.
O dipolo é equivalente a um circuito ressonante RLC série

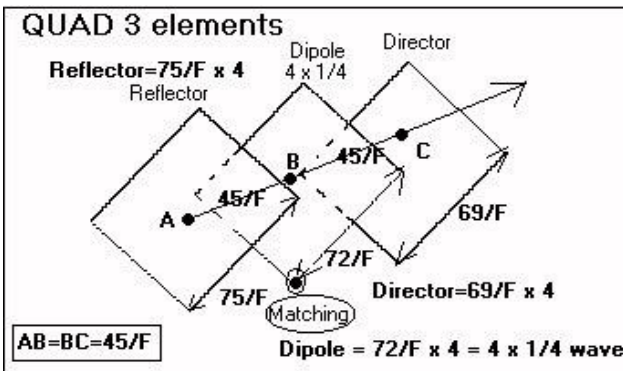
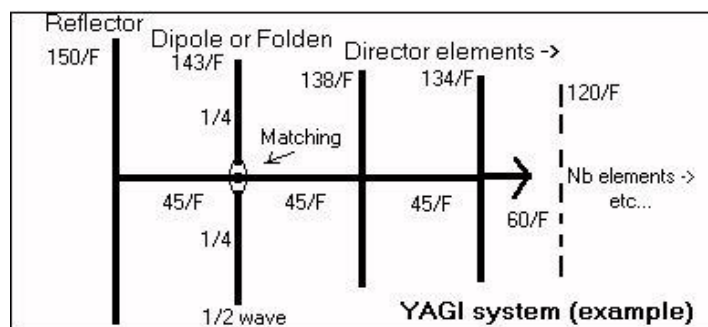
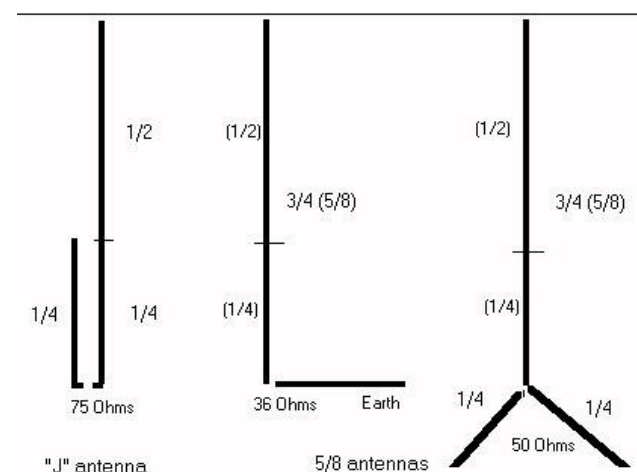
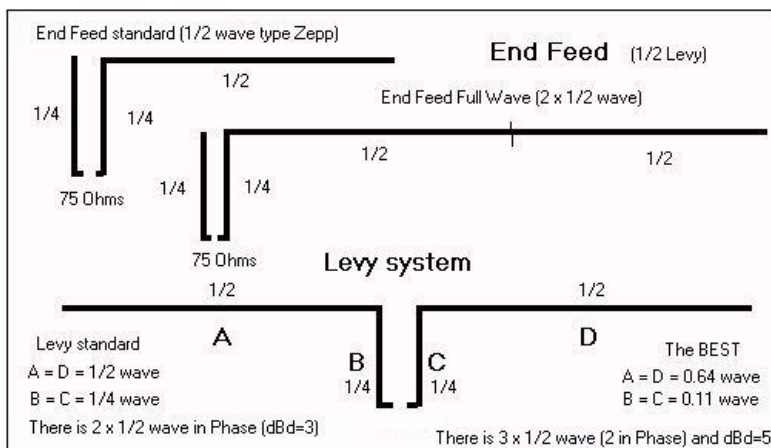
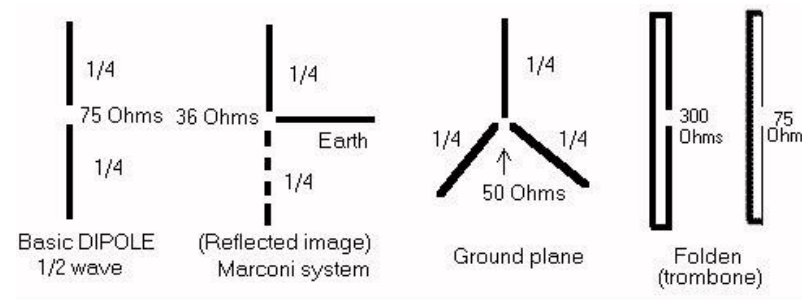
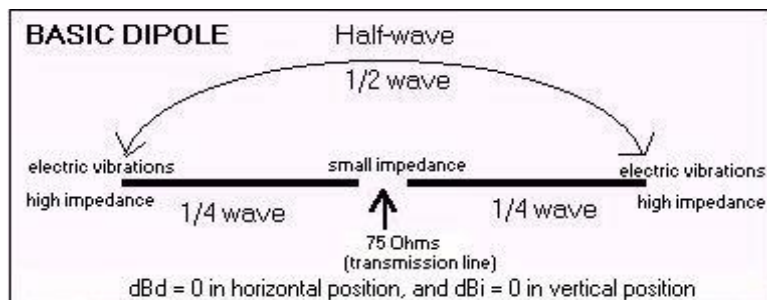


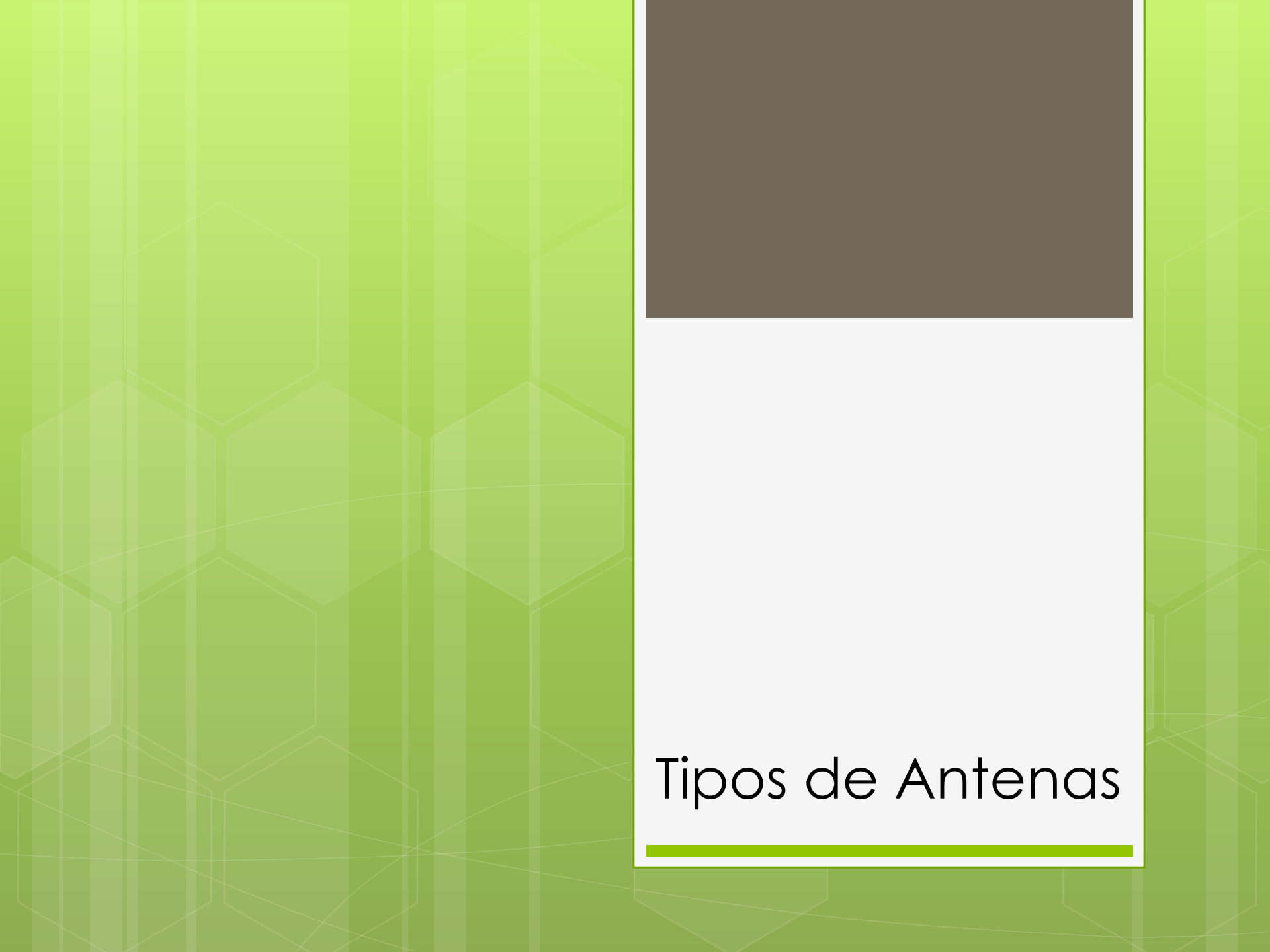
Na ressonância, as reatâncias indutiva e capacitiva se anulam e, portanto, a impedância é puramente resistiva.

Para dipolos de meia onda, a impedância na frequência de ressonância é aproximadamente 72 ohms (75)

Impedância





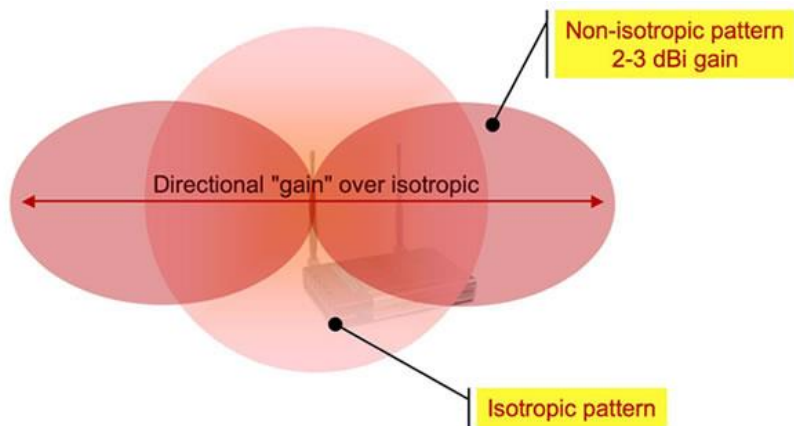


Tipos de Antenas

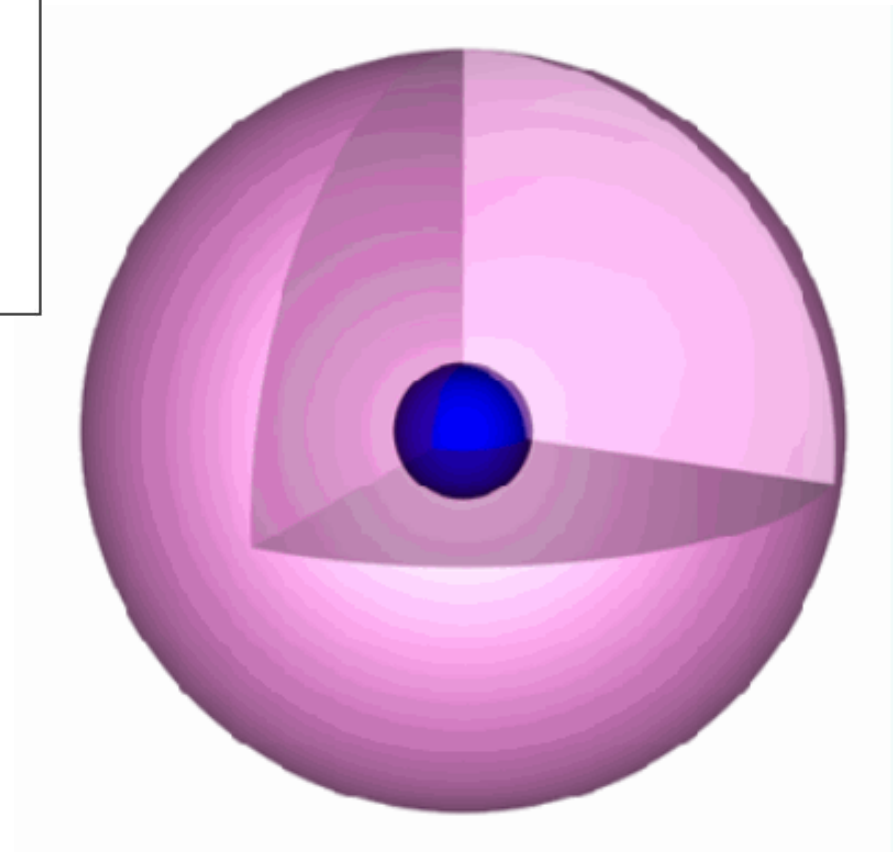
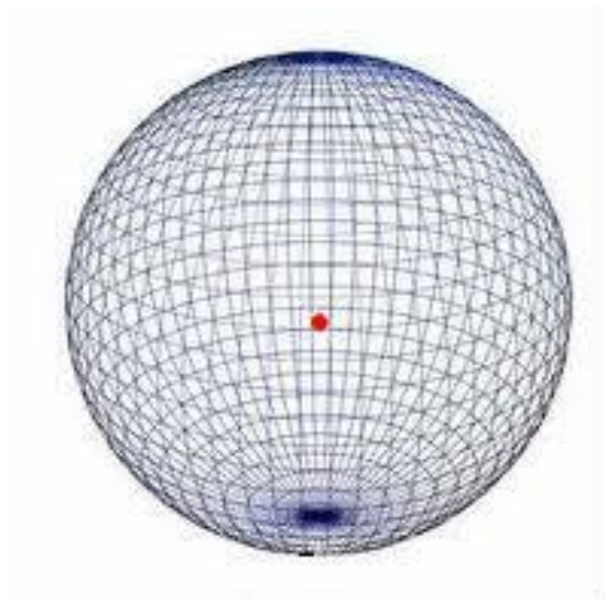
Antena Isotrópica:

Antena hipotética cuja intensidade de campos irradiados se dá de maneira uniforme em todas as direções do espaço, sendo uma referência conveniente para expressar as propriedades diretivas das antenas.

Antena Isotrópica



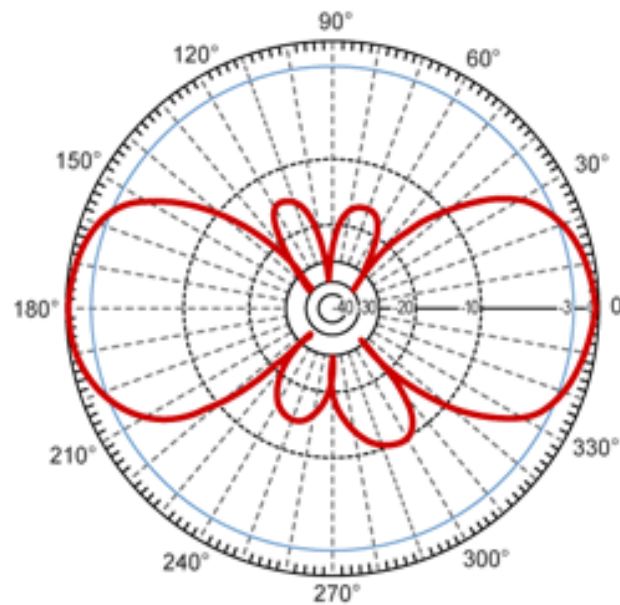
<http://www.hometoys.com/emagazine/2008/02/how-to-get-your-wifi-signal-where-you-want-it/1014>



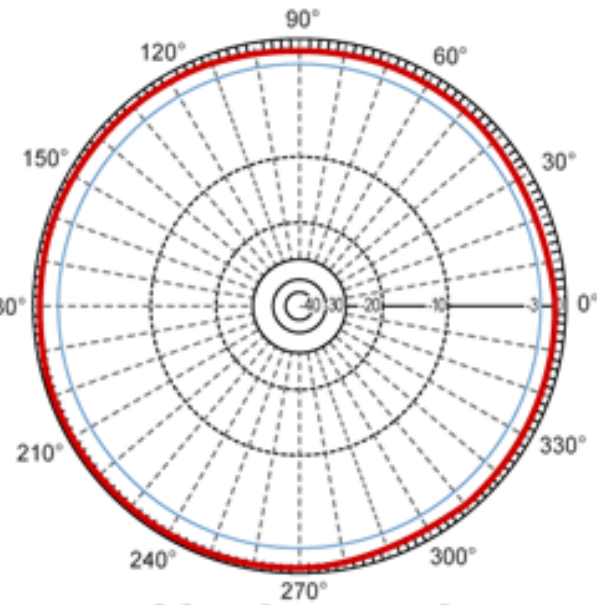
<http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/wireless-mobility/wireless-lan-wlan/82068-omni-vs-direct.html>

Antena omnidirecional:
Antena com um diagrama de
diretividade essencialmente não
direcional em azimute e um
diagrama direcional em elevação.

Antena Omnidirecional



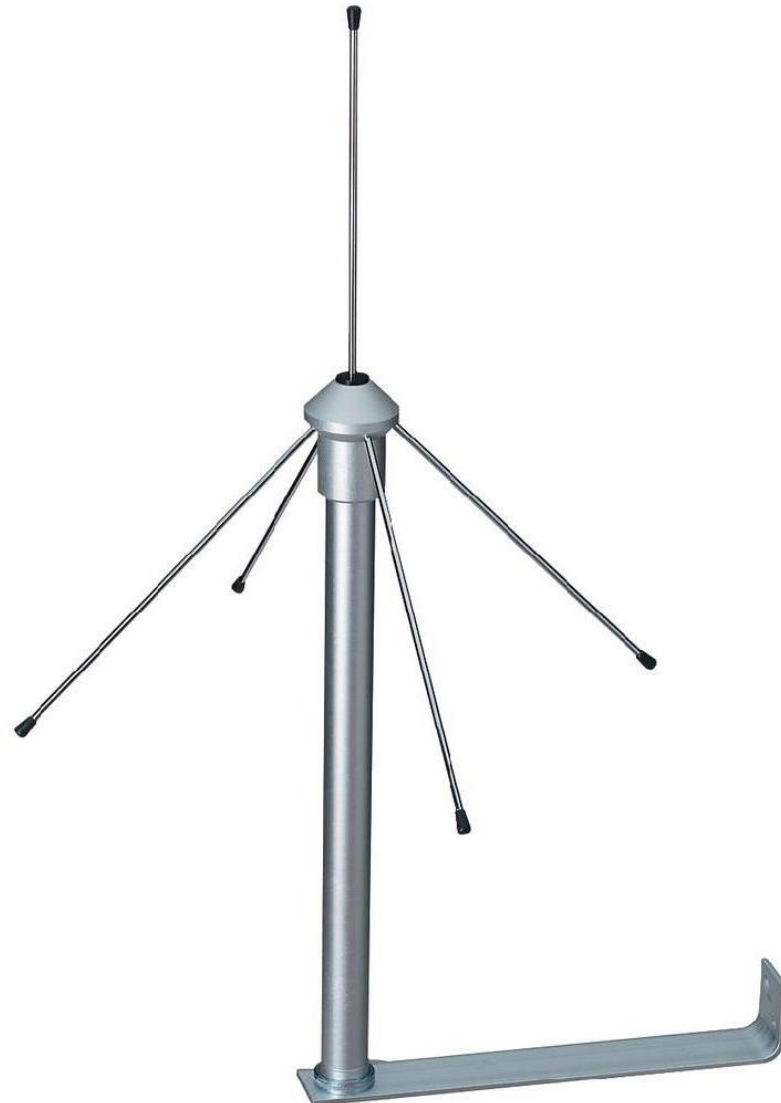
Vertical



Horizontal

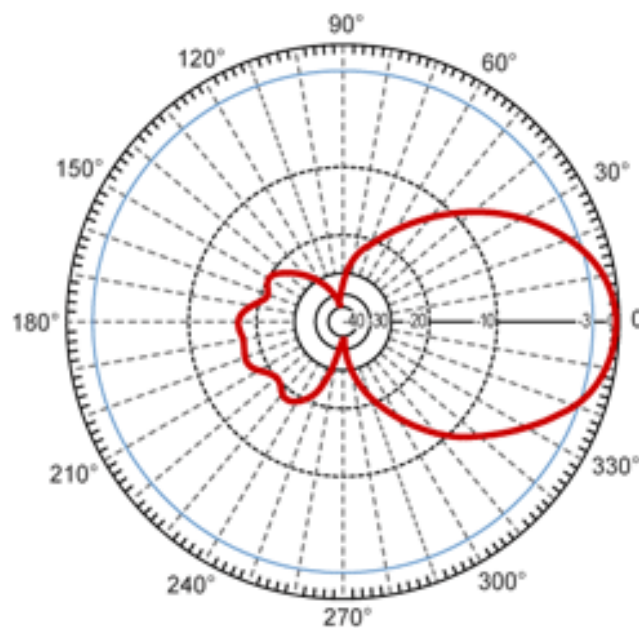


Antenas Omnidirecionais (Exemplos)

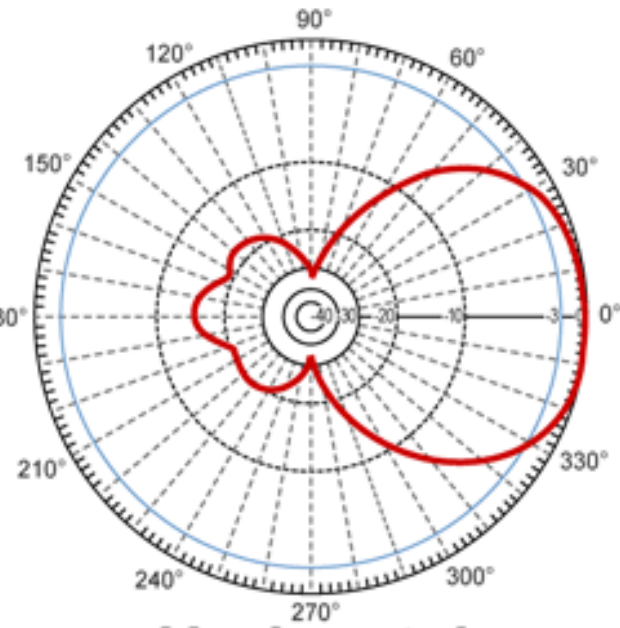


Antena Direcional:
antena com propriedade de irradiar
ou receber ondas eletromagnéticas
com maior intensidade em algumas
direções que em outras.

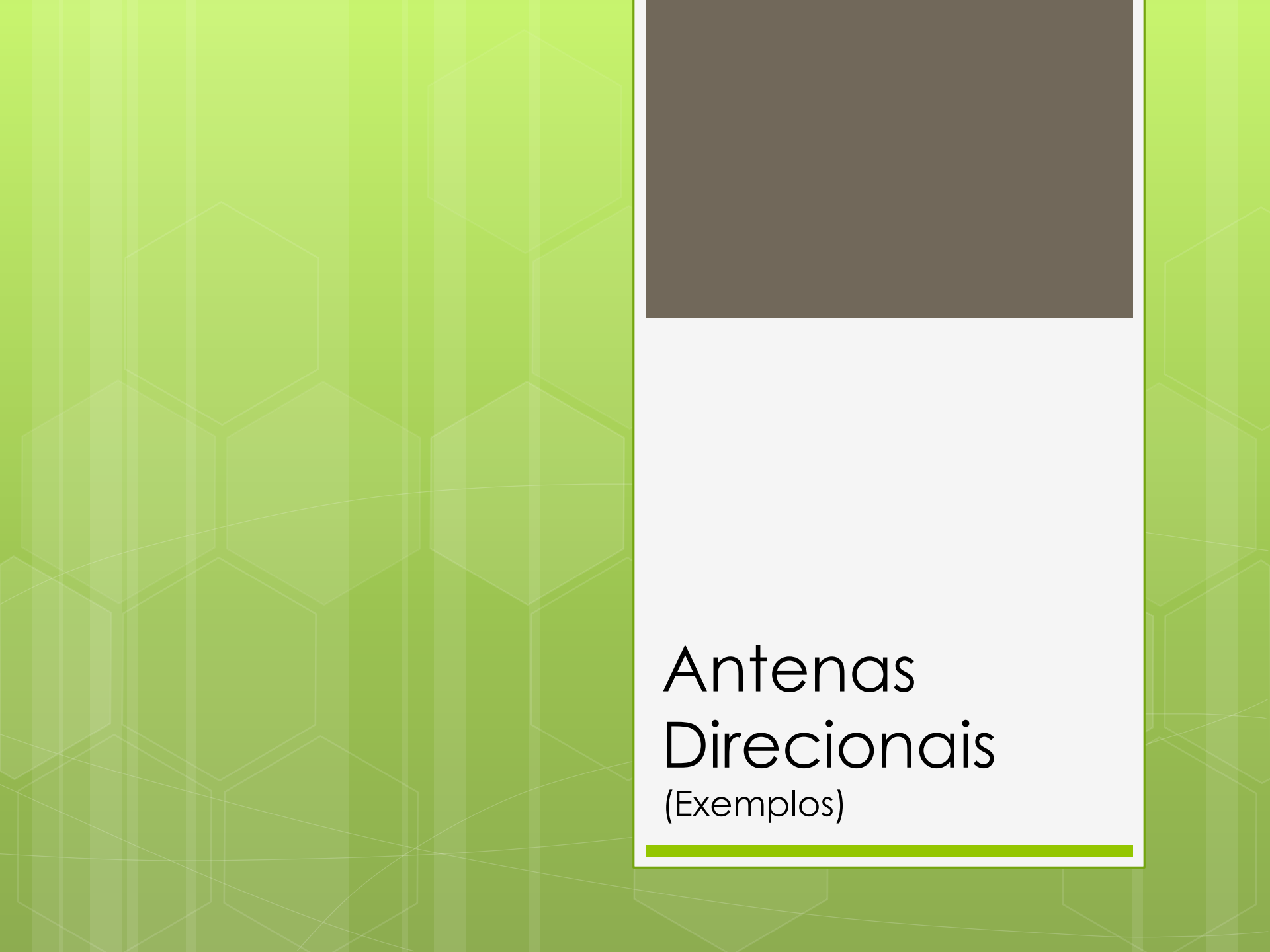
Antena Direcional



Vertical



Horizontal

The background of the slide features a pattern of overlapping, semi-transparent green hexagons. In the upper right corner, there is a solid brown rectangular area.

Antenas Direcionais

(Exemplos)

Antena Yagi:

antena constituída por um radiador principal (elemento excitador) e por dois ou mais radiadores secundários (elementos parasitas), situados paralelamente em um mesmo plano e com os centros sobre uma mesma linha. É geralmente formada por um elemento radiador, um refletor parasita e um ou mais elementos diretores parasitas.

Antena Yagi



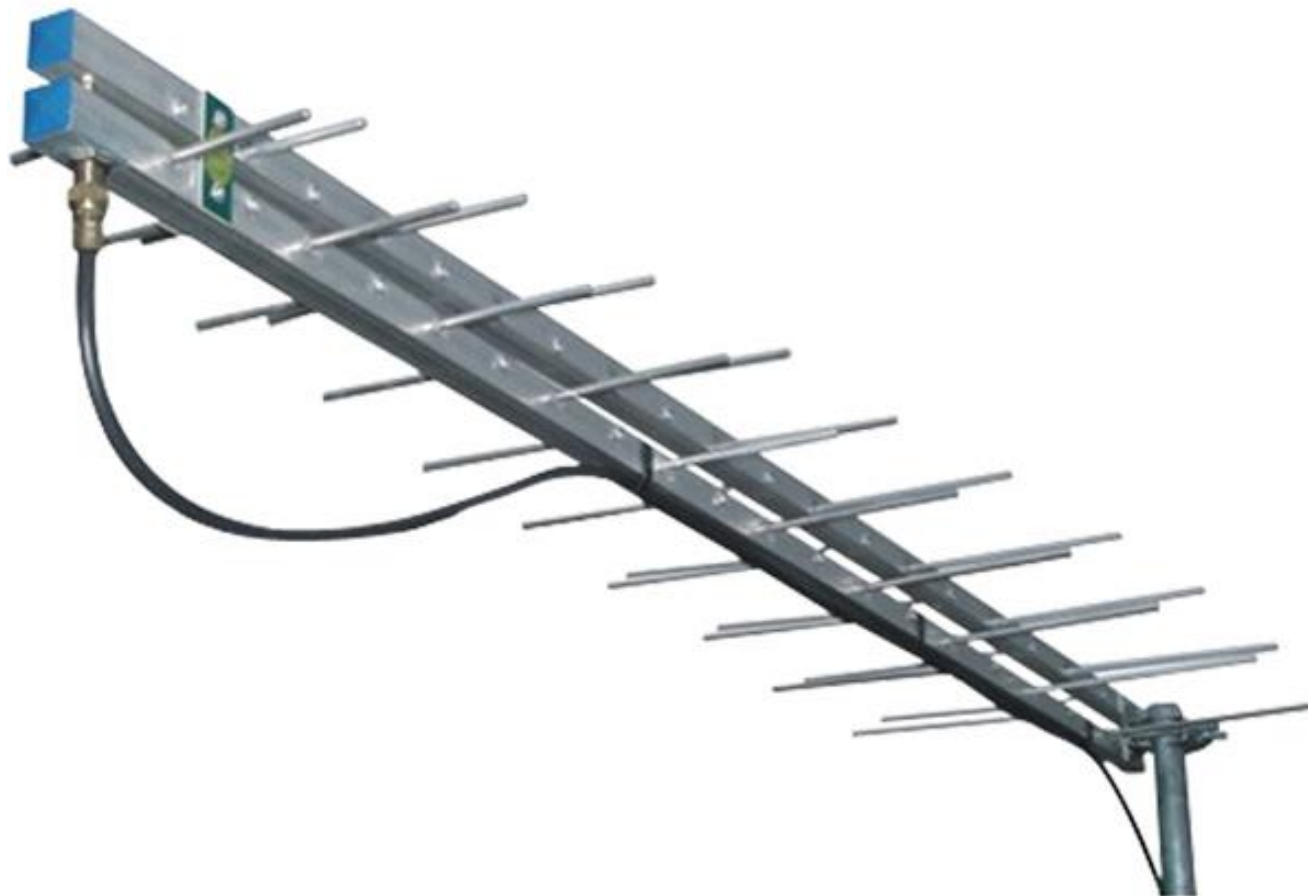
<http://www.broadcast-transmitter.com/broadband-3-elements-fm-yagi-antenna.html>

Antena log-periódica:

Qualquer uma das classes de antenas cujas características elétricas repetem-se periodicamente com o logaritmo da frequência.

Caracteriza-se pela sua grande largura de faixa.

Antena Log-periódica



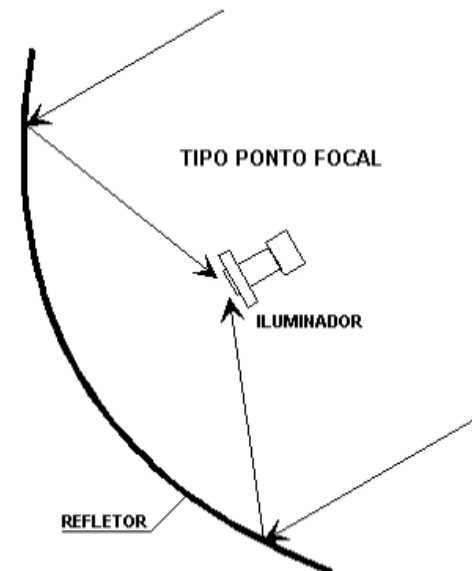
Antena Parabólica:

Antena com formato parabólico que garante teoricamente que todos os sinais paralelos que a atingem se concentrem sobre um único ponto, o foco. Geralmente é utilizada para comunicação com satélites.

Antena Parabólica



ANTENA PARABÓLICA PONTO FOCAL



http://www.bandaku.com.br/tecnologia_antenas.html

Antena Helicoidal:
antena consistindo de um condutor
disposto segundo a forma geométrica
de uma hélice.

Antena Helicoidal



http://en.wikipedia.org/wiki/Helical_antenna

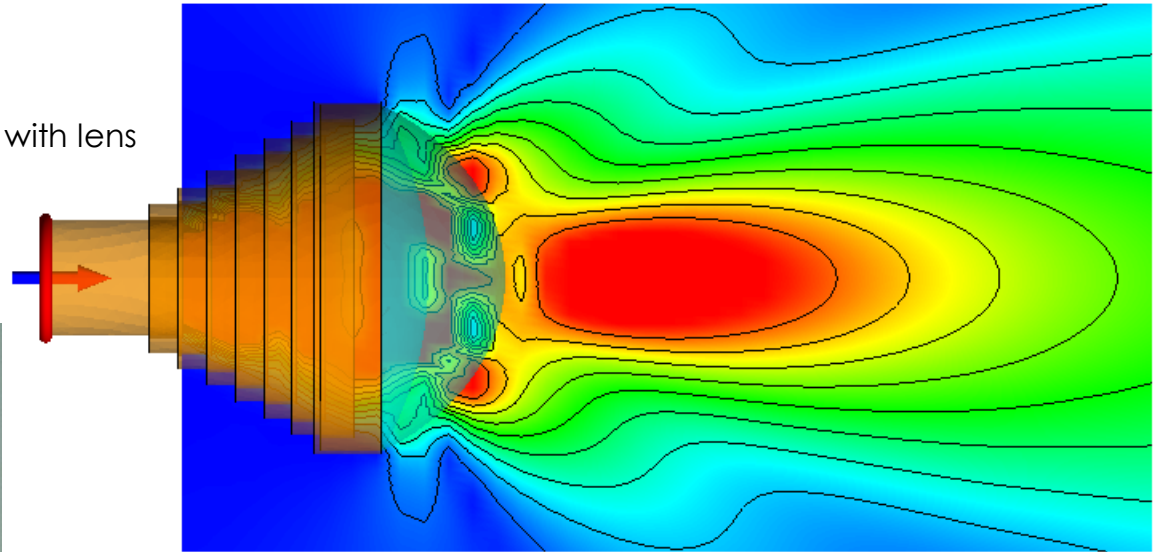


<http://www.amazon.com/Shure-HA-8089-PWS-Helical-Antenna/dp/B0016IQEEG>

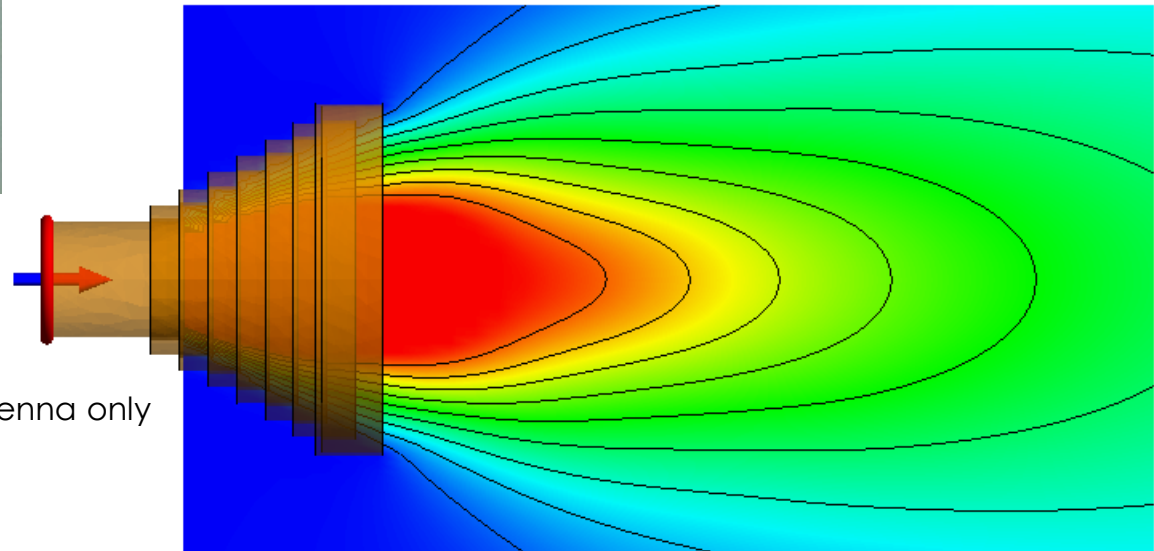
Antena Lente:
Antena constituída de um
alimentador e de uma lente
eletromagnética.

Antena de Lente

Focused with lens



Antenna only

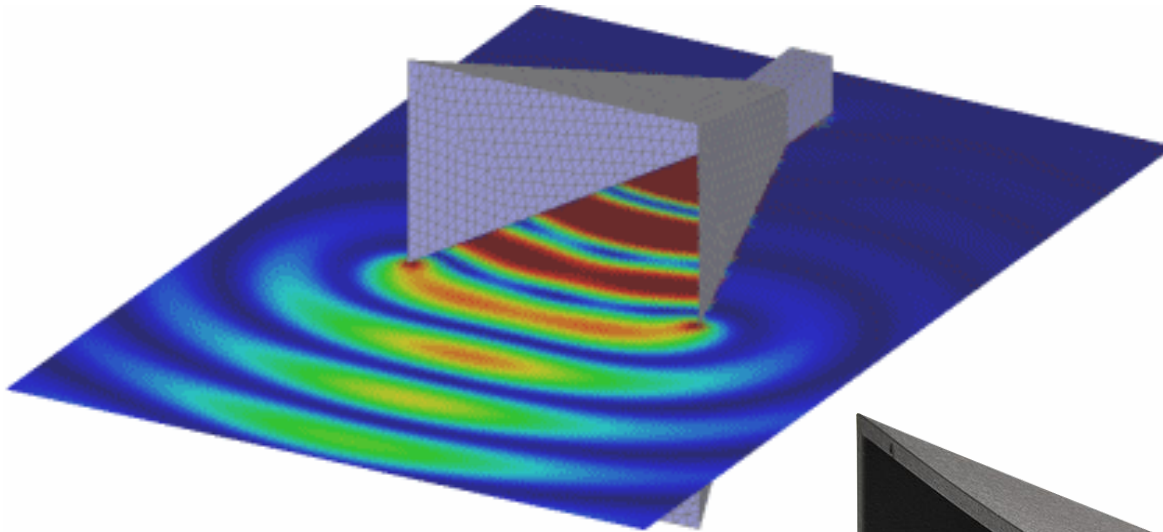


Antena Corneta:

Antena elementar que consiste de um guia de ondas no qual uma ou mais dimensões transversais aumentam na direção de abertura assumindo, assim, a forma aproximada de uma corneta.

Antena Corneta (Horn)

<http://www.emcos.com/Horn-Antenna-with-Feed-Power-Specification>



<http://www.rfspin.cz/en/antennas/h-a40.php>



https://www.labvolt.com/solutions/9_tel_electromagnetics/60-9550-00_horn_antenna_large_aperture

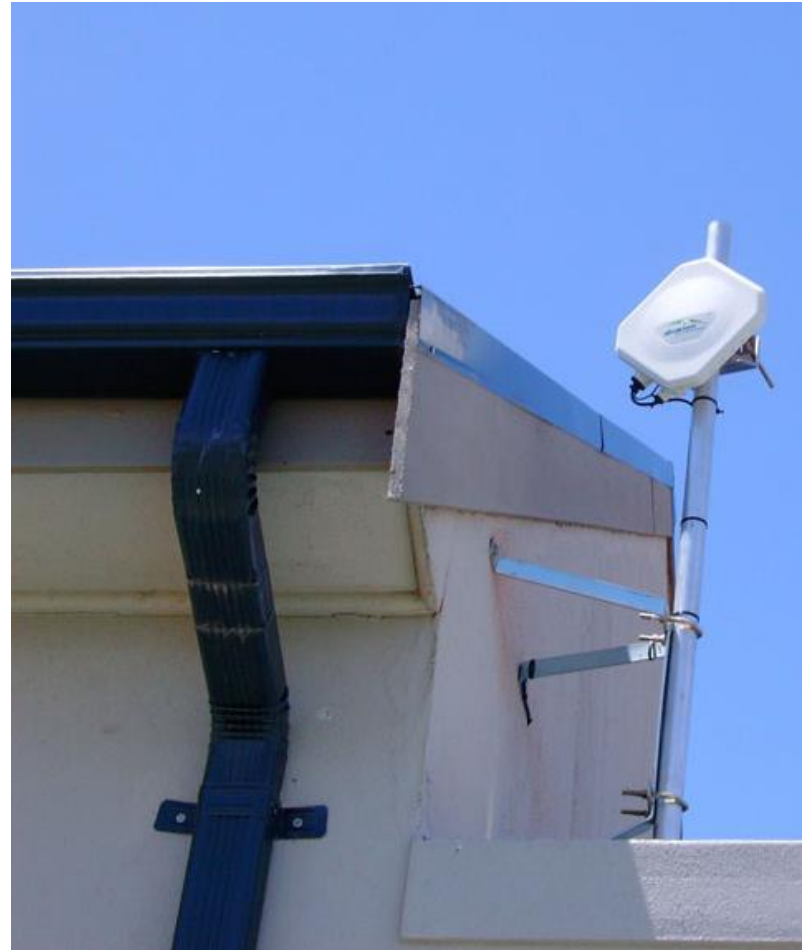
Antena de Cobertura de Área:
Antena destinada a produzir diagrama de radiação específico para cobertura de sinal em determinada área, setor ou direção do espaço.

**Antena Setorial
(Painel)**

<http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Indoor-antenna.jpg>



<http://www.ebay.com/bhp/outdoor-wifi-panel-antenna>



<http://www.slavnet.com/page/4>

Antena Cassegrain:

Sistema refletor composto por um parabolóide como refletor principal e, como refletor secundário (sub-refletor) uma superfície convexa. Neste sistema o alimentador é colocado perto do vértice do parabolóide e o foco do sub-refletor é colocado coincidente com o foco do parabolóide. Para antenas de alta eficiência ambas as superfícies refletoras são modeladas.

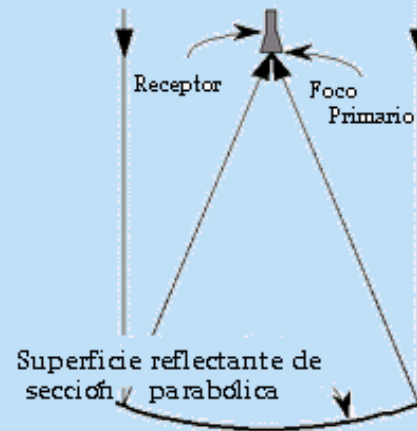
Antena Cassegrain



<http://www.dehron.com/Products.html>

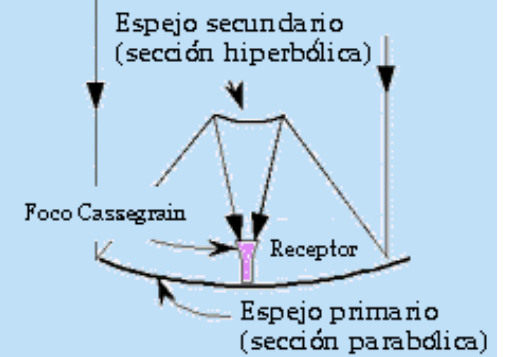
Antena de foco primario

Ondas electromagneticas incidentes



Antena de foco Cassegrain

Ondas electro-magnéticas incidentes



Antena Dipolo Dobrado:

Antena constituída de dois dipolos dispostos próxima e paralelamente, unidos entre si nas extremidades, sendo um deles alimentado no centro. O afastamento entre os dipolos é uma pequena fração do comprimento de onda de operação.

Antena Dipolo Dobrado



<http://salestores.com/antenexy.html>

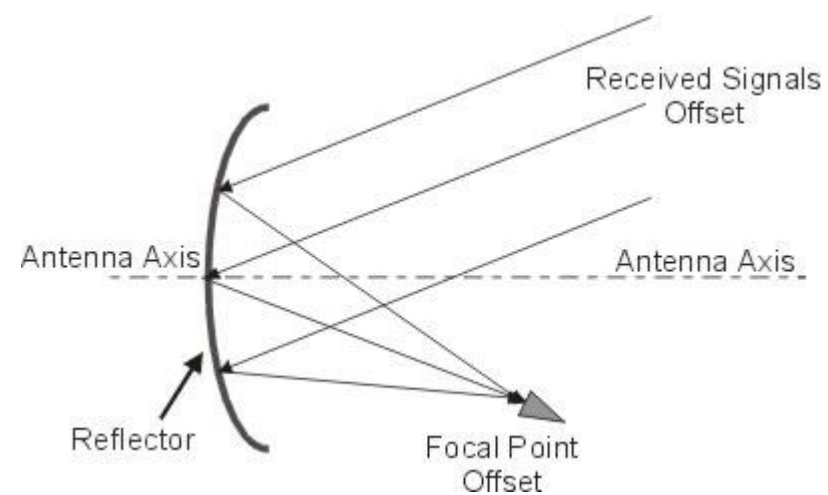


<http://www.a-telemetry.com/RR6336%20.htm>

Antena Off-Set

Antena de refletor simples
que é um corte de parábola e que possui
o alimentador deslocado do ponto focal.

Antena Off-Set



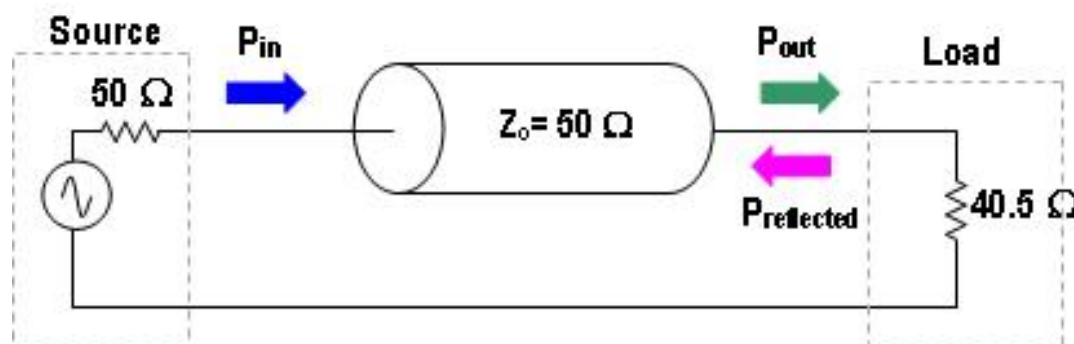
Linha de Transmissão:

Sistema de fronteiras ou estruturas de material para guiar ondas eletromagnéticas. Frequentemente, tal sistema é usado para guiar ondas eletromagnéticas de modo TEM. Comumente está formada por um sistema de condutores com dois fios ou coaxial.

Linha de Transmissão

Linha de Transmissão de Radiofrequência

Linha de transmissão formada por condutores que transferem energia de radiofrequência de uma fonte para uma carga, sem radiação apreciável, por exemplo, de um emissor para uma antena.

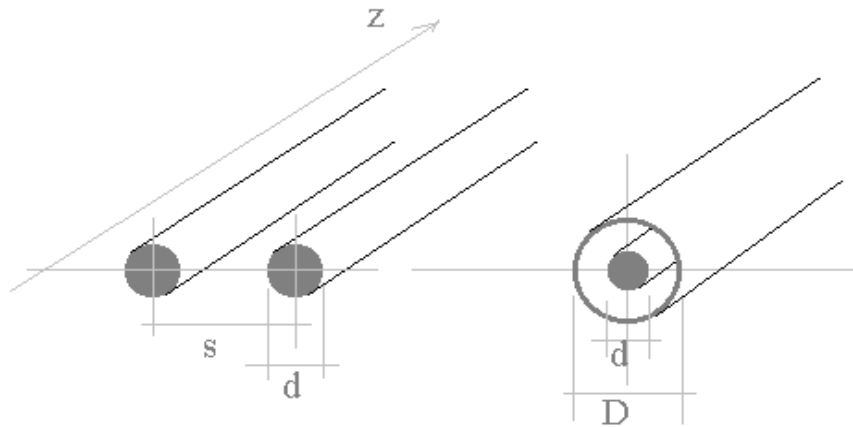




Cabos Coaxiais (50, 75 Ohms)

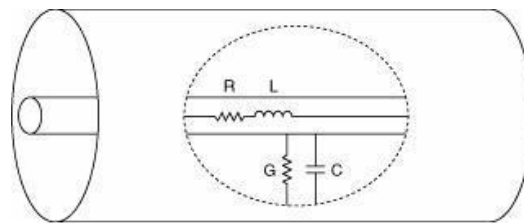


Cabo Paralelo (300 Ohms)



Linhas Bifilares

Linhas Coaxiais



$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

Z_0 = Characteristic impedance

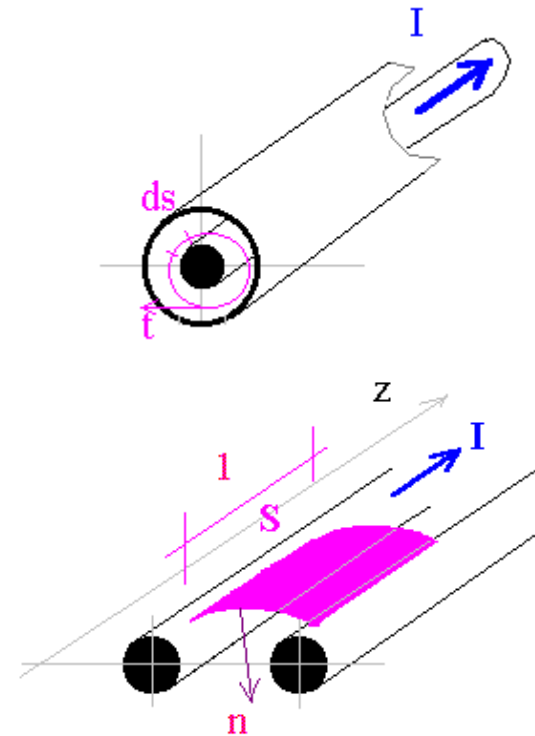
L = Inductance per unit length of the RF transmission line caused due to magnetic fields that are formed around the wires when current flows through them.

C = Capacitance per unit length of the RF transmission line. This is also the capacitance that exists between two conductors

R = DC resistance per unit length of the RF transmission line

G = the dielectric conductance per length

ω = frequency (radians/s)



T4563



T4662



T4521



T4708



T4566



T4561



T04508



T04509



T4723



T4010



T4579



T4513



**T4095
T4098**



T4511



**T4501 T4502 T4530 T4721
T4507 T4541 T4710**



T4717



T4719



T4725



T4611



T4130



T4292



T4344



T4539





Common RF Coax Connectors - A Visual Guide

Type N

Plug "Male"



Male Pin

Jack "Female"



Female Pin

Reverse Polarity Plug



Female Pin

Reverse Polarity Jack



Male Pin

TNC

Plug "Male"



Male Pin

Jack "Female"



Female Pin

Reverse Polarity Plug



Female Pin

Reverse Polarity Jack



Male Pin

SMA

Plug "Male"



Male Pin

Jack "Female"



Female Pin

Reverse Polarity Plug



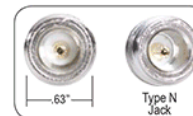
Female Pin

Reverse Polarity Jack



Male Pin

Note: Most Access Points have either Reverse Polarity SMA jacks or Reverse Polarity TNC jacks.



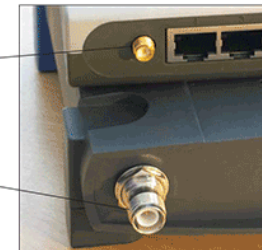
Type N Jack



RP-SMA Jack



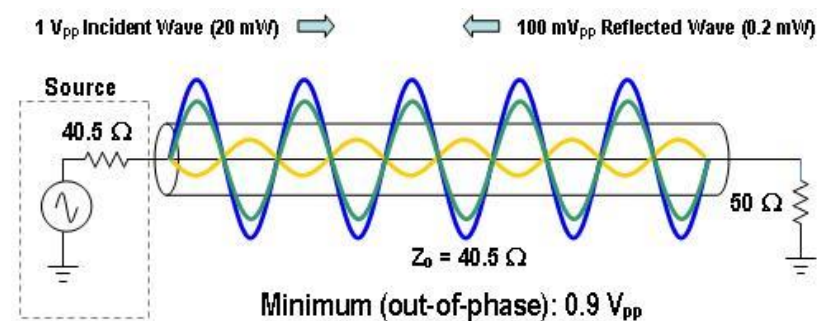
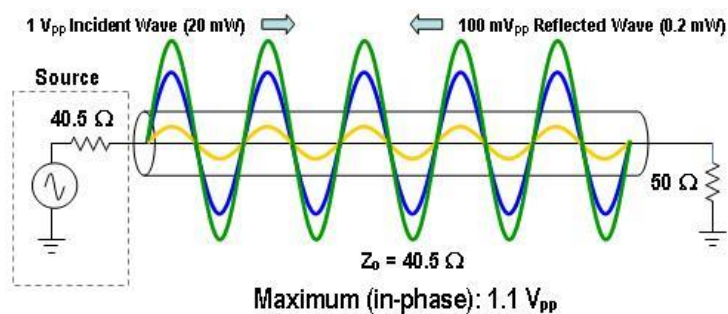
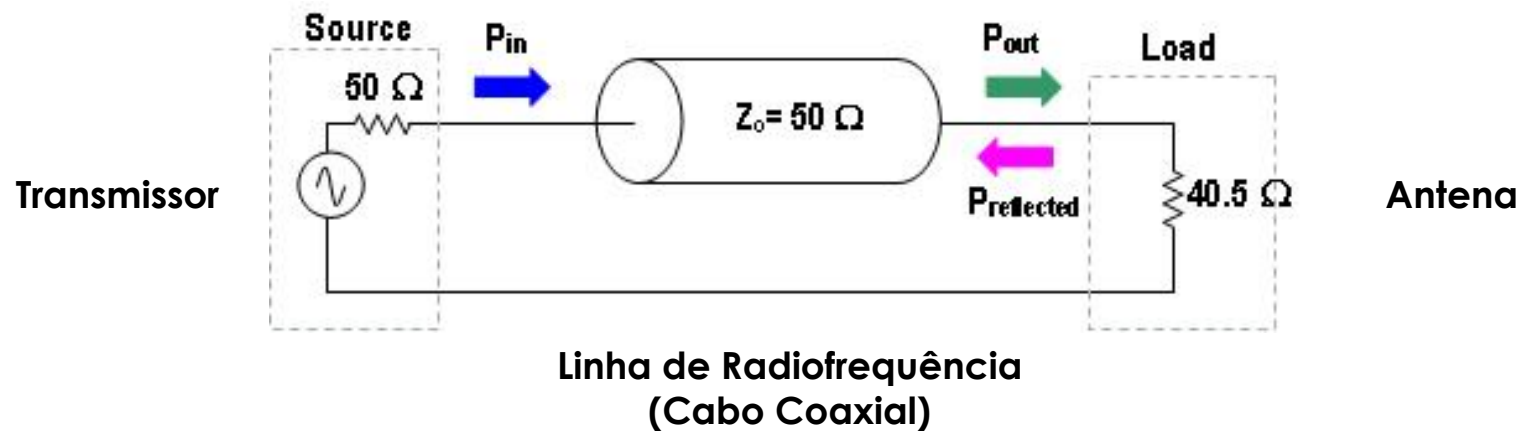
RP-TNC Jack



Onda Estacionária:

Onda na qual a energia é transmitida tanto em direção à carga quanto na direção oposta.

Onda Estacionária



ROE (SWR)
Relação de
Onda
Estacionária

Comparativo entre a escala da ROE e percentual:

Relação de Onda Estacionária ROE (SWR) =

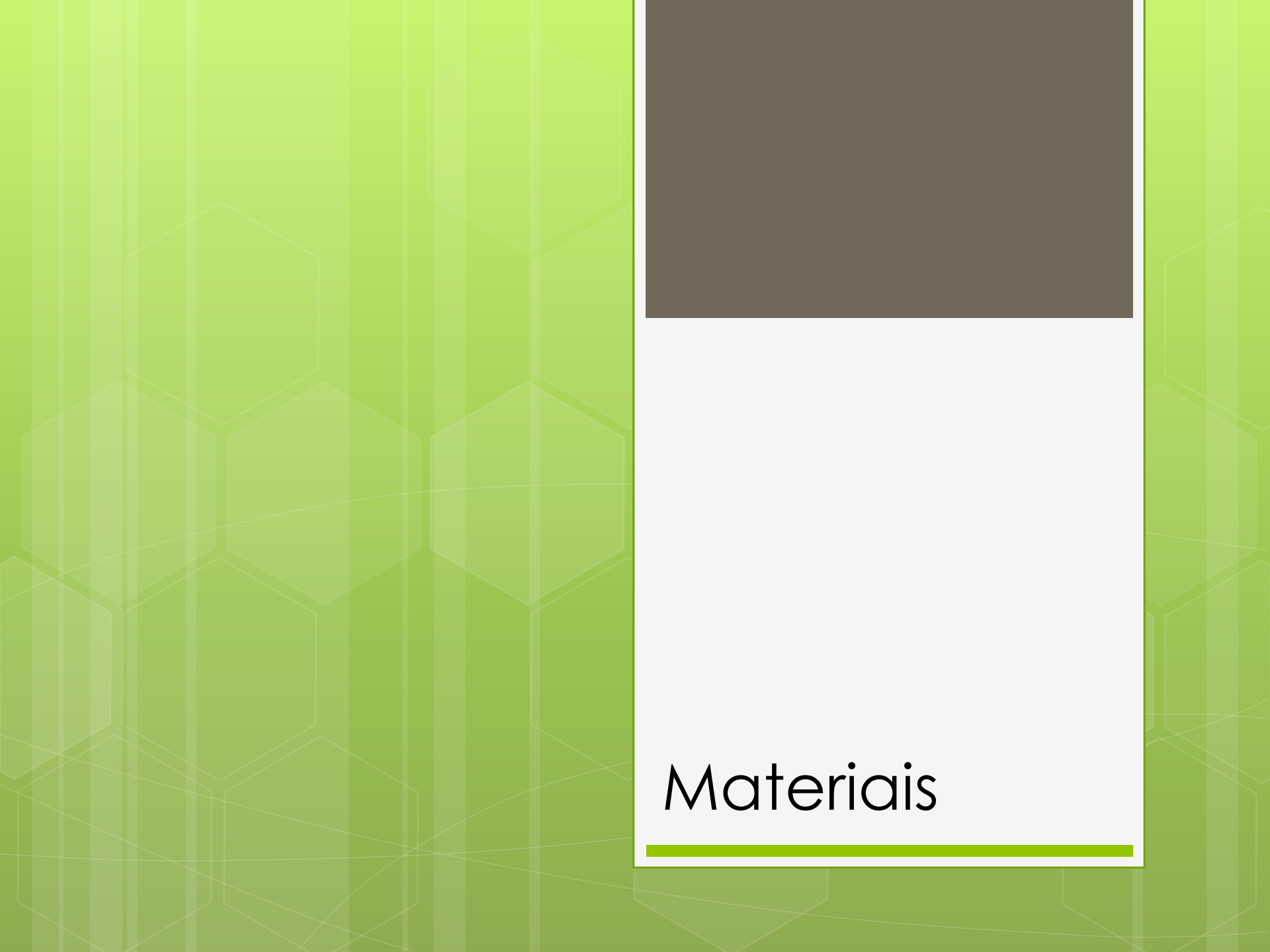
1:1 ____ 1:1.2 ____ **1:1.5** ____ 1:2 ____ 1:3 ____ 1:4 ____ 1:5 ____ 1:9

Percentual =

0% ____ 1% ____ **4%** ____ 11% ____ 25 ____ 36% ____ 50% ____ 65%

A relação de ondas estacionárias pode ser medida em regime senoidal e equivale a relação entre o máximo **V_{max}** e o mínimo **V_{min}** de tensão presentes na linha:

$$SWR = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{|V_i| + |V_r|}{|V_i| - |V_r|}$$



Materials

Absorção:
(radiocomunicação)
Atenuação de um sinal
eletromagnético por sua
conversão em calor

Absorção

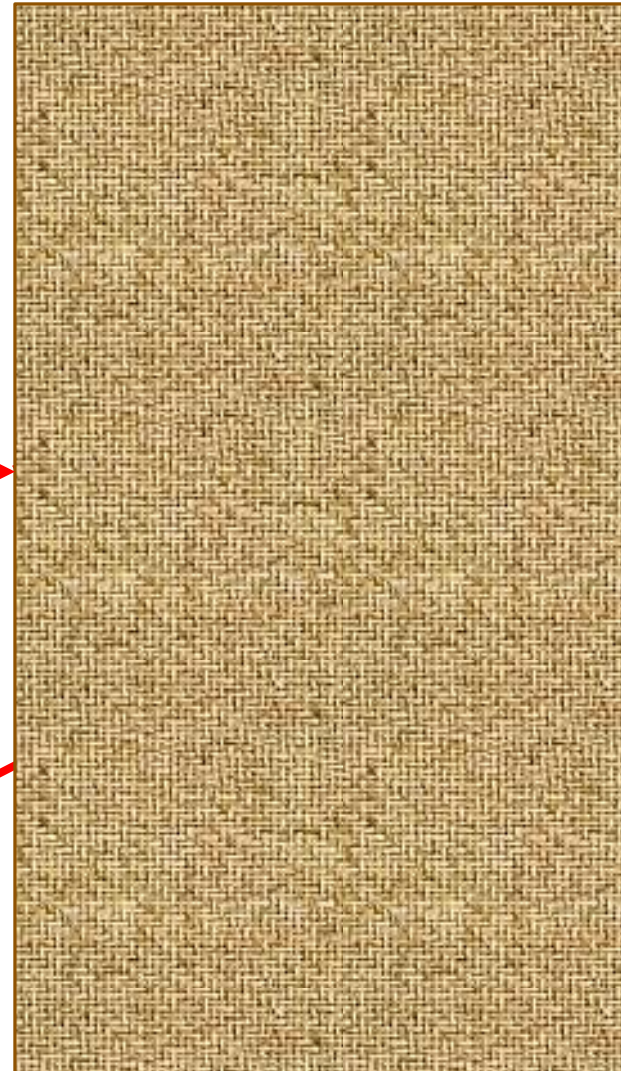
Material

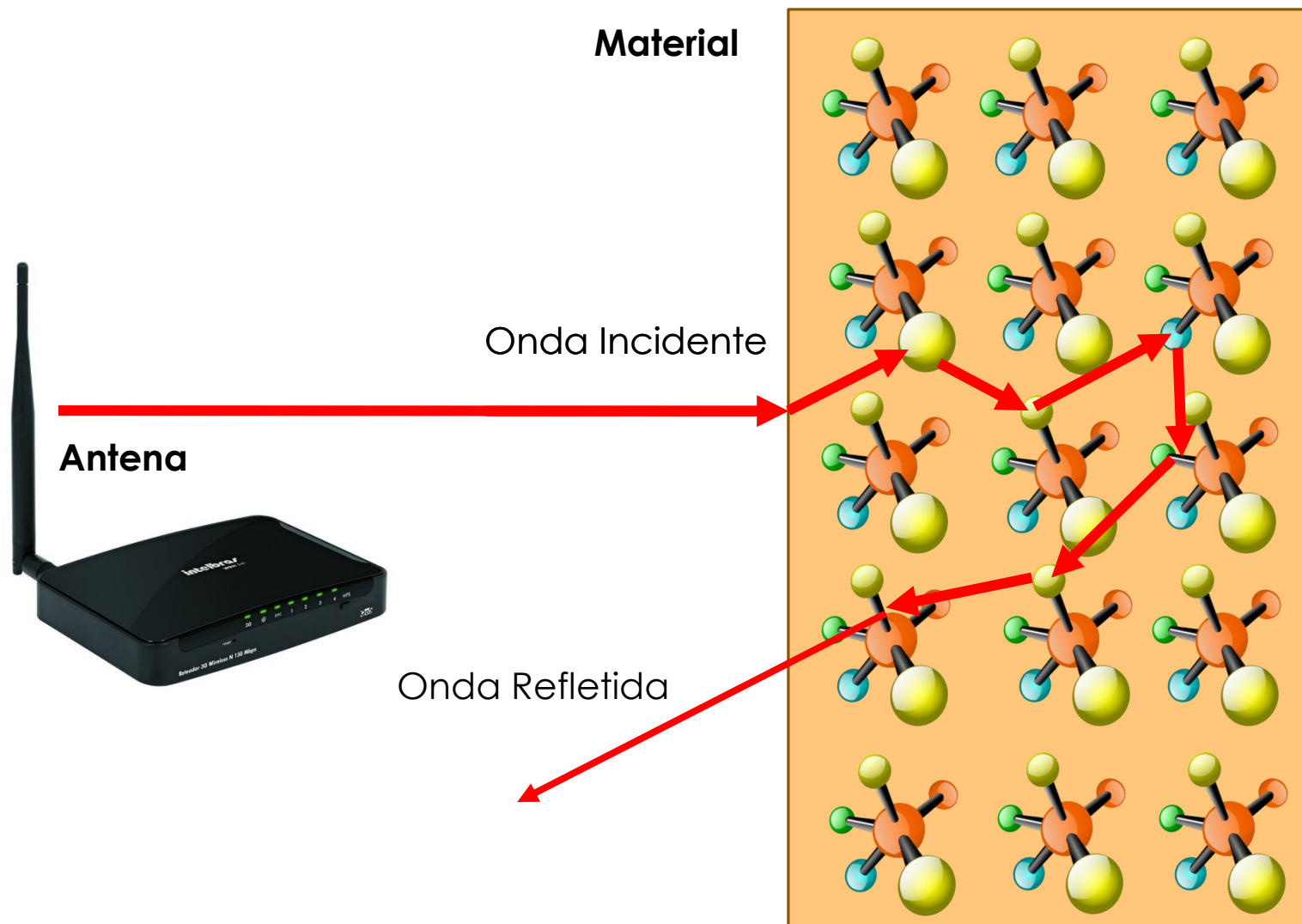


Antena

Onda Incidente

Onda Refletida



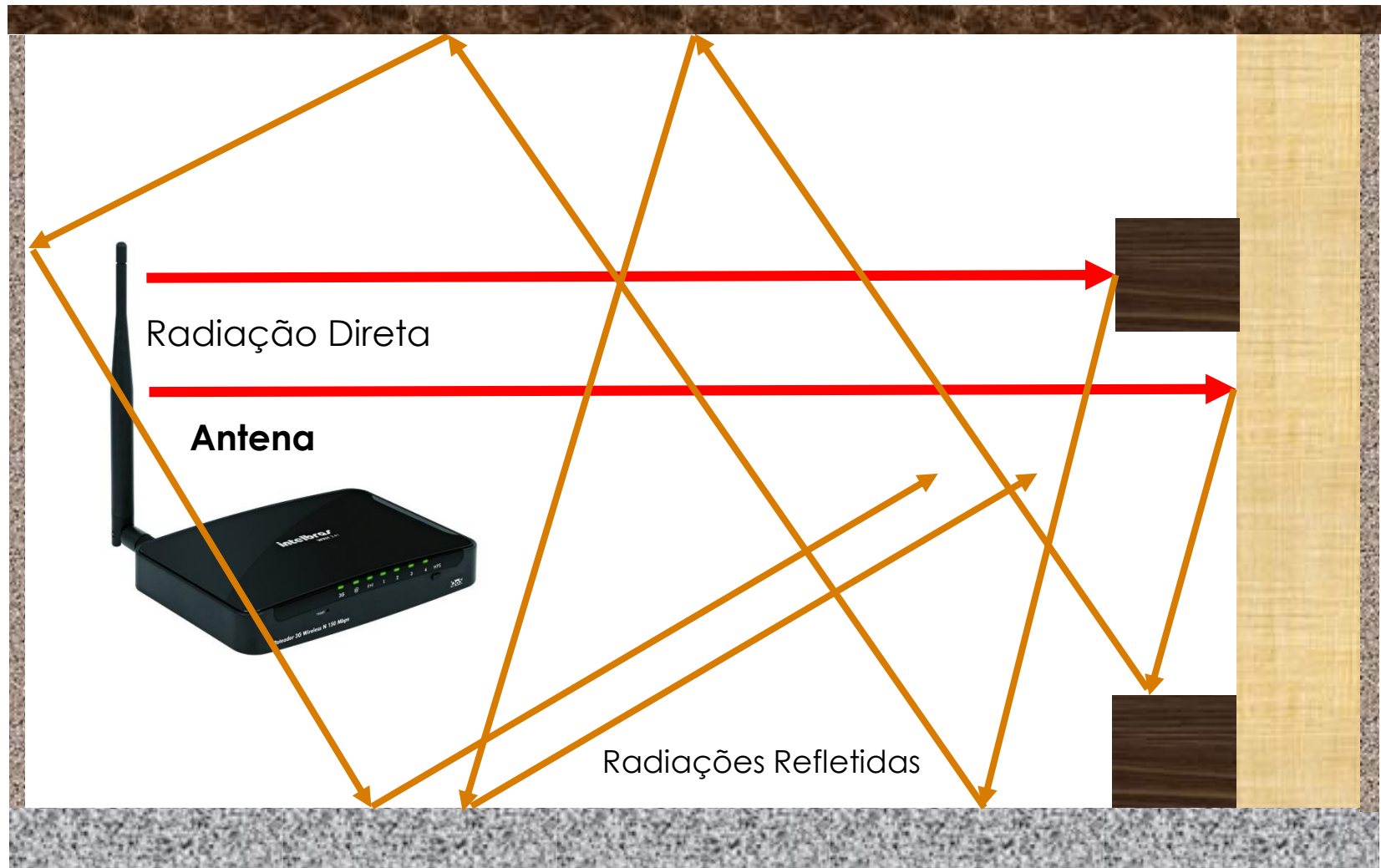


Reflexão Difusa:

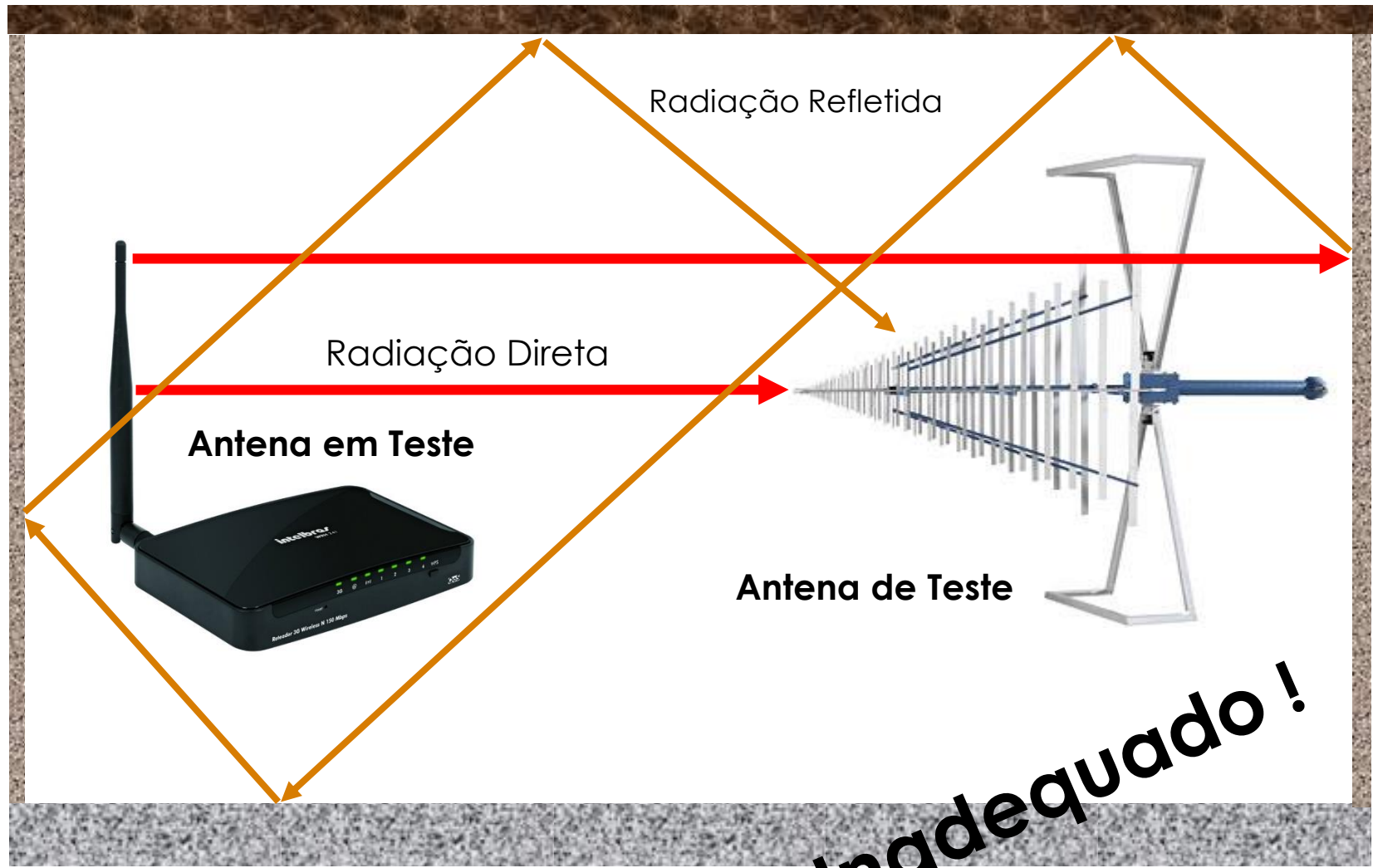
Reflexão em superfície acidentada
onde os raios refletidos são
distribuídos em todas as direções

Reflexão Difusa

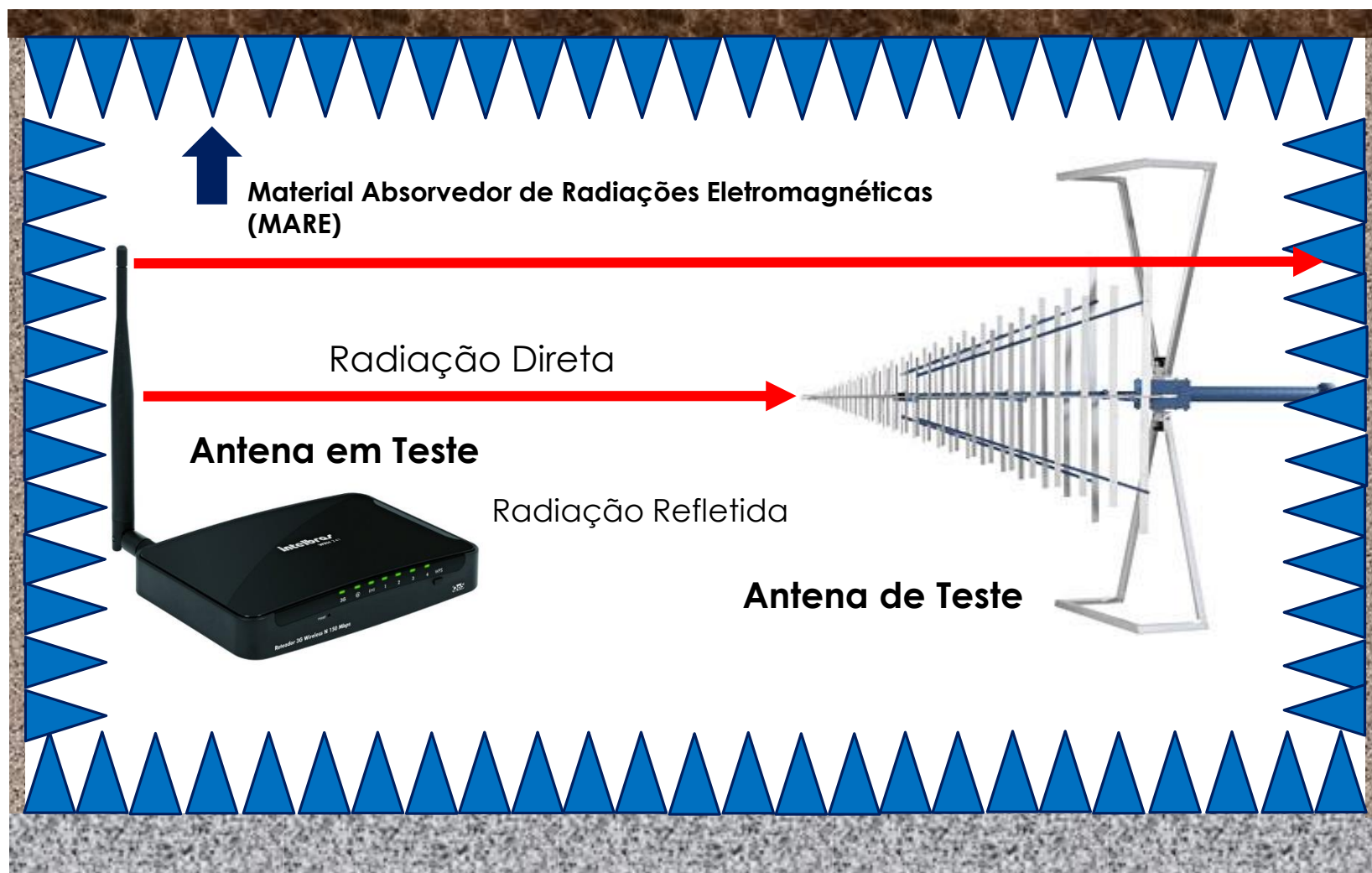
Cenário Doméstico



Cenário Profissional



Cenário Profissional



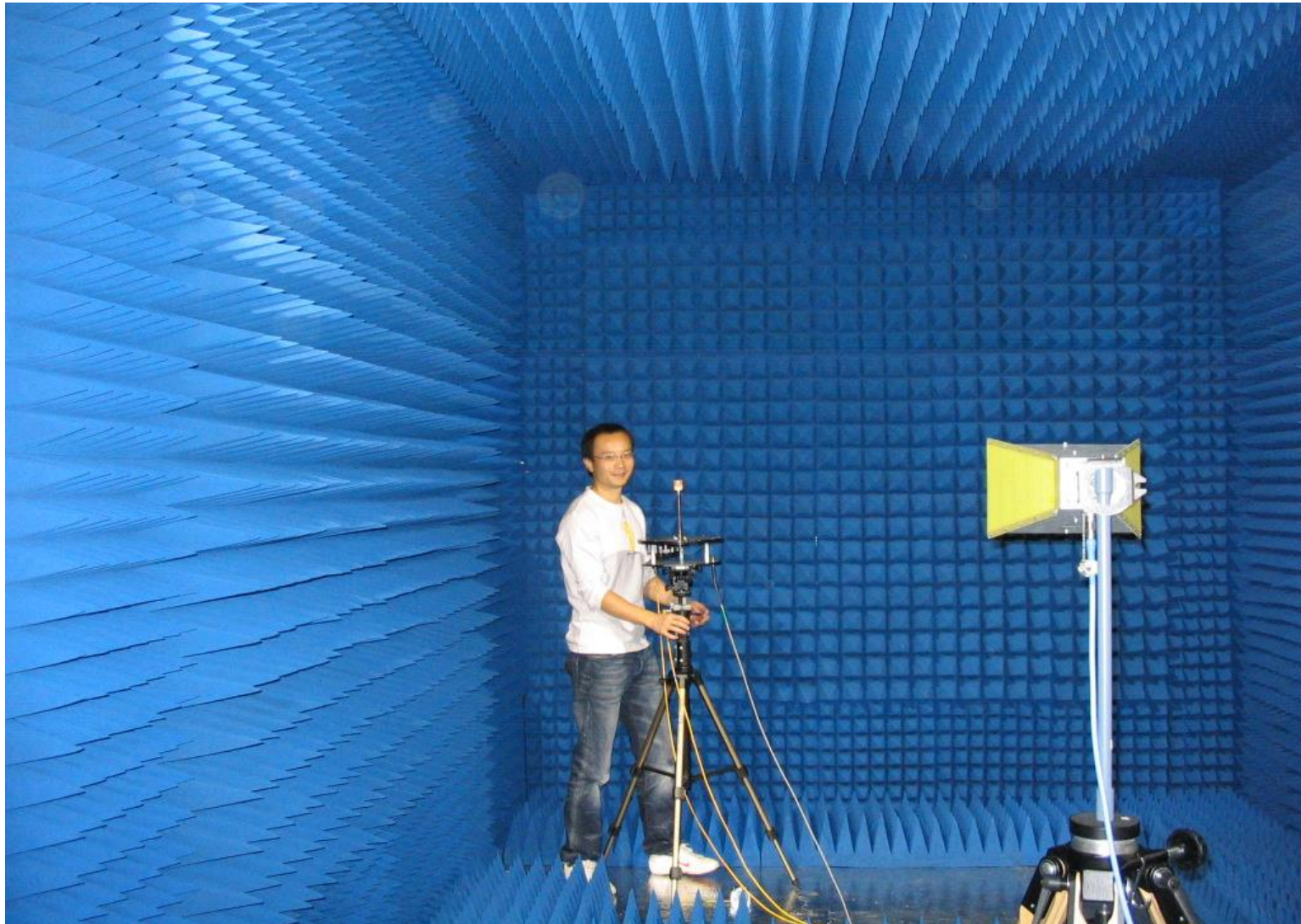
Materiais
Absorvedores
de Radiação
Eletromagnética
(MARE)

Os materiais absorvedores de radiação eletromagnética são:
**materiais compósitos formados por um ou mais materiais
absorvedores dielétricos ou magnéticos.**

São dispersos em uma matriz polimérica rígida formadas por resina epóxi ou poliuretânica, ou flexível produzidas com elastômeros à base de silicone ou borrachas natural ou sintética, ou ainda espumas, tais como as poliuretânicas (LEE, 1991; SILVA, 2000)



Anechoic chamber for Antenna Measurements



Absorvedores obtidos
com compósitos de
materiais a partir de
resíduos

Estudos
Científicos
Anteriores

Atualmente, existem muitos tipos de absorvedores de radiofrequência no mercado. Segundo Malek *et al.* as tecnologias disponíveis no mercado devem ainda ser em muito melhoradas.

No mercado comercial, os absorventes são tipicamente fabricados pela adição de carbono em um meio de espuma de plástico poliuretano e poliestireno



Estudo 1



Cascas de arroz

+



Resíduos de fios produzidos com poliéster

NORNIKMAN, H.; MALEK, F.; AHMED, M.; WEE, F. H.; SOH, P. J., AZREMI, A. A. H. SETUP AND Results of Pyramidal Microwave Absorbers Using Rice Husks. *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 111, 141-{161, 2011.

Estudo 2



Pó de borracha de pneus

+



Pó de cascas de arroz

MALEK, F.; CHENG, E.M.; NADIAH, O.; NORNIKMAN, H.; AHMED, M.Z.A.; ABD
AZIZ, M.Z.A. AZREMI, A.R.; OSMAN, P.J.; SOH, P.J.; AZREMI, A.A.H.; HASNAIN, A.;
TAIB, M.N. Rubber Tire Dust-Rice Husk Pyramidal Microwave Absorber.
Progress In Electromagnetics Research, Vol. 117, 449-477, 2011.

Estudo 3



Folhas de Bananeira

+



Resina de Poliéster

FARHANY, Z. S.; MALEK, F.; NORNIKMAN, H.; MOHD, N. A.; AFFENDI, L.; MOHAMED, N.; SAUDIN, A. A. Ali. Potential of Dried Banana Leaves for Pyramidal Microwave Absorber Design. 2012 IEEE Symposium on Wireless Technology and Applications (ISWTA), September 23-26, 2012, Bandung, Indonesia.

Estudo em Andamento



Cascas de arroz moída



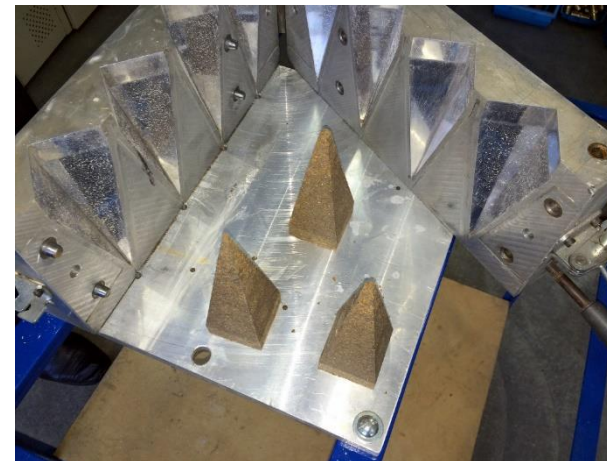
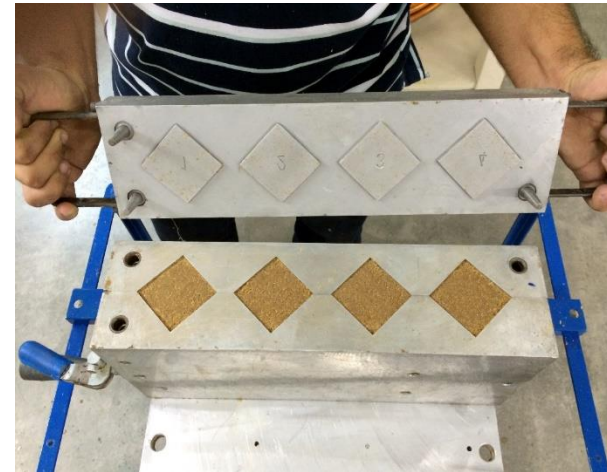
+



Pó de MDF - Médium Density Fiberboard



Processo de produção...



Protótipo obtido...





Equipamento para Medições

Laboratório de Análise de Sinais - FACCAT (300 KHz a 13,5 GHz)

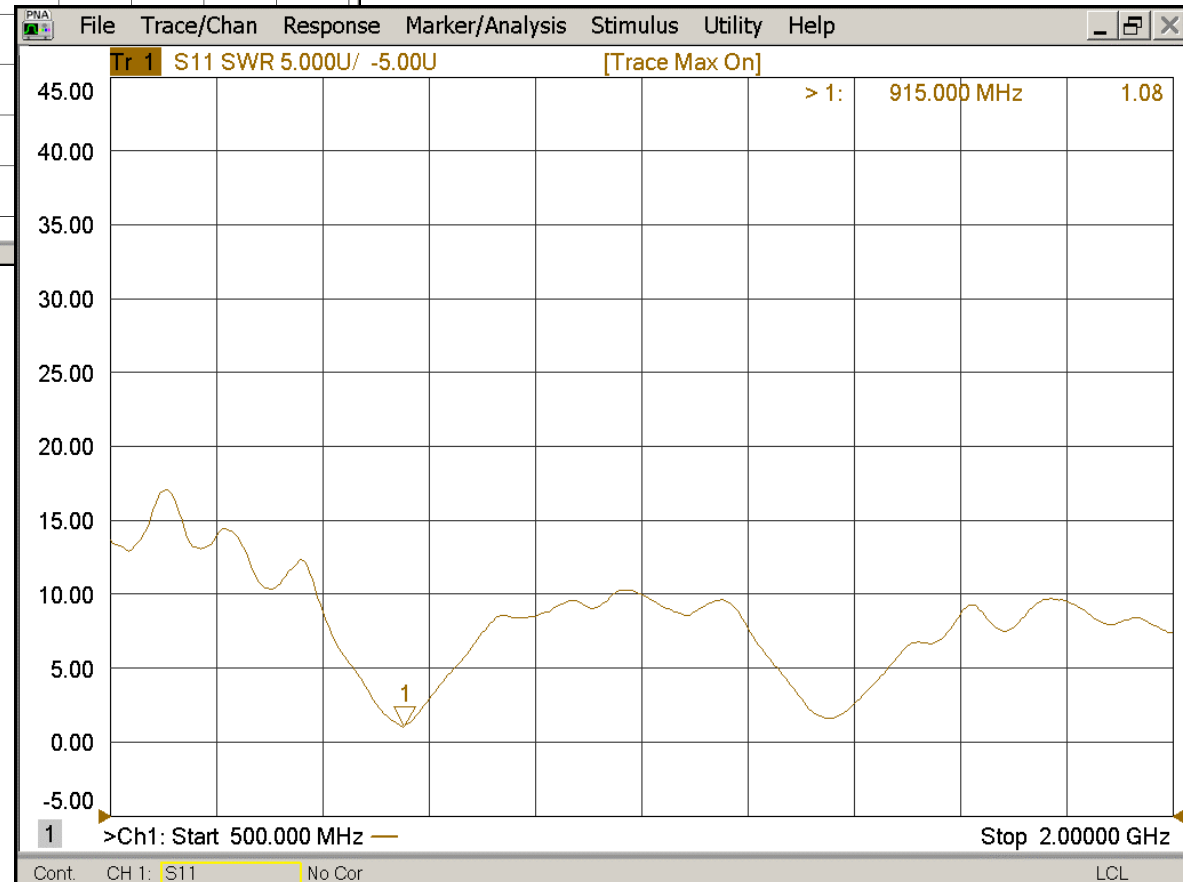
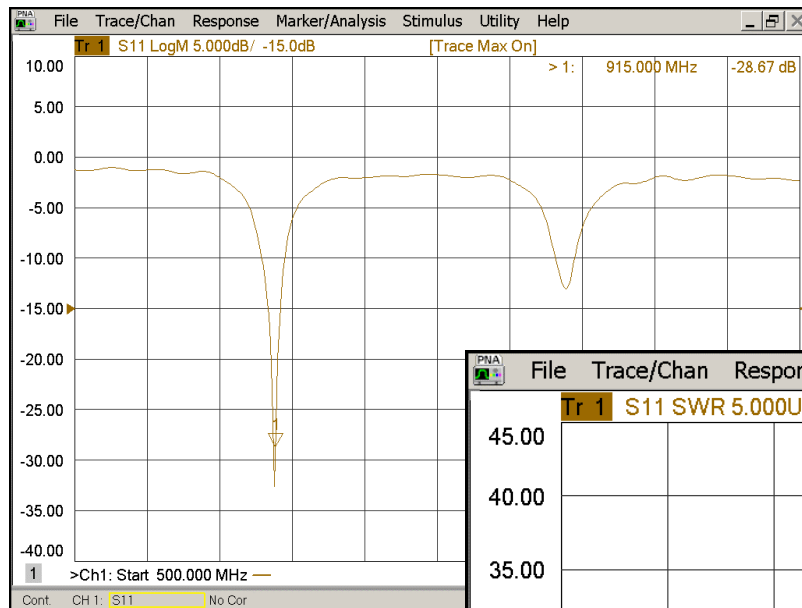




Network Analyzer - Agilent
(300 KHz to 13,5 GHz)

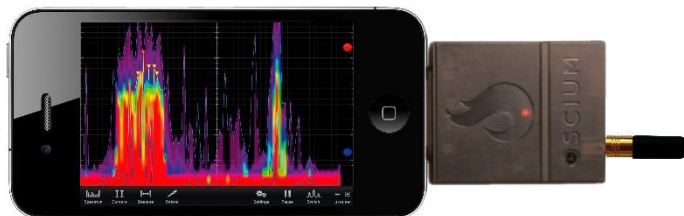
Network Analyzer - Agilent

Exemplo de teste de uma Antena em 915 MHz na FACCAT



Laboratório de Pesquisas – Prof. Dr. Jung (100 KHz a 21 GHz)

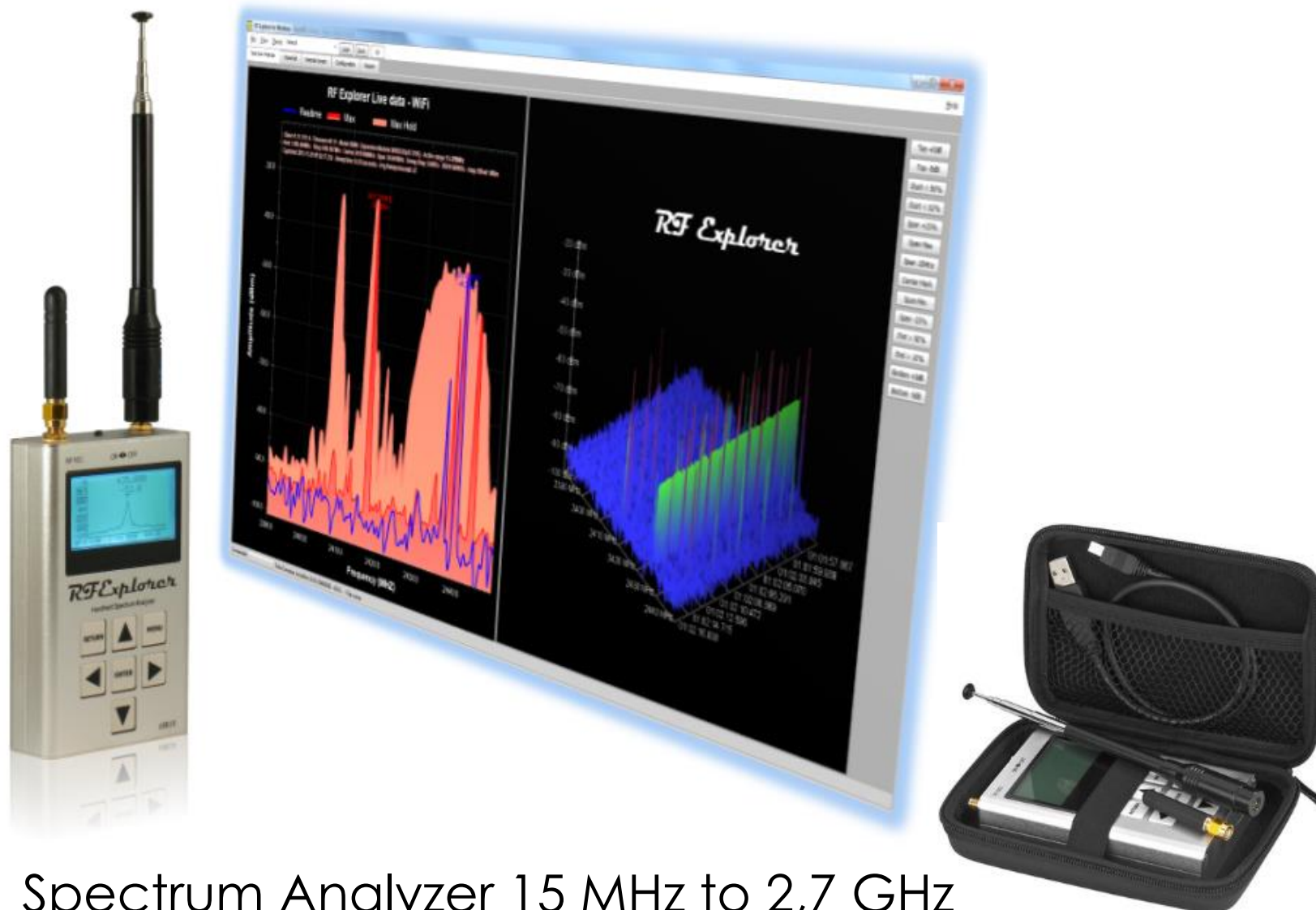




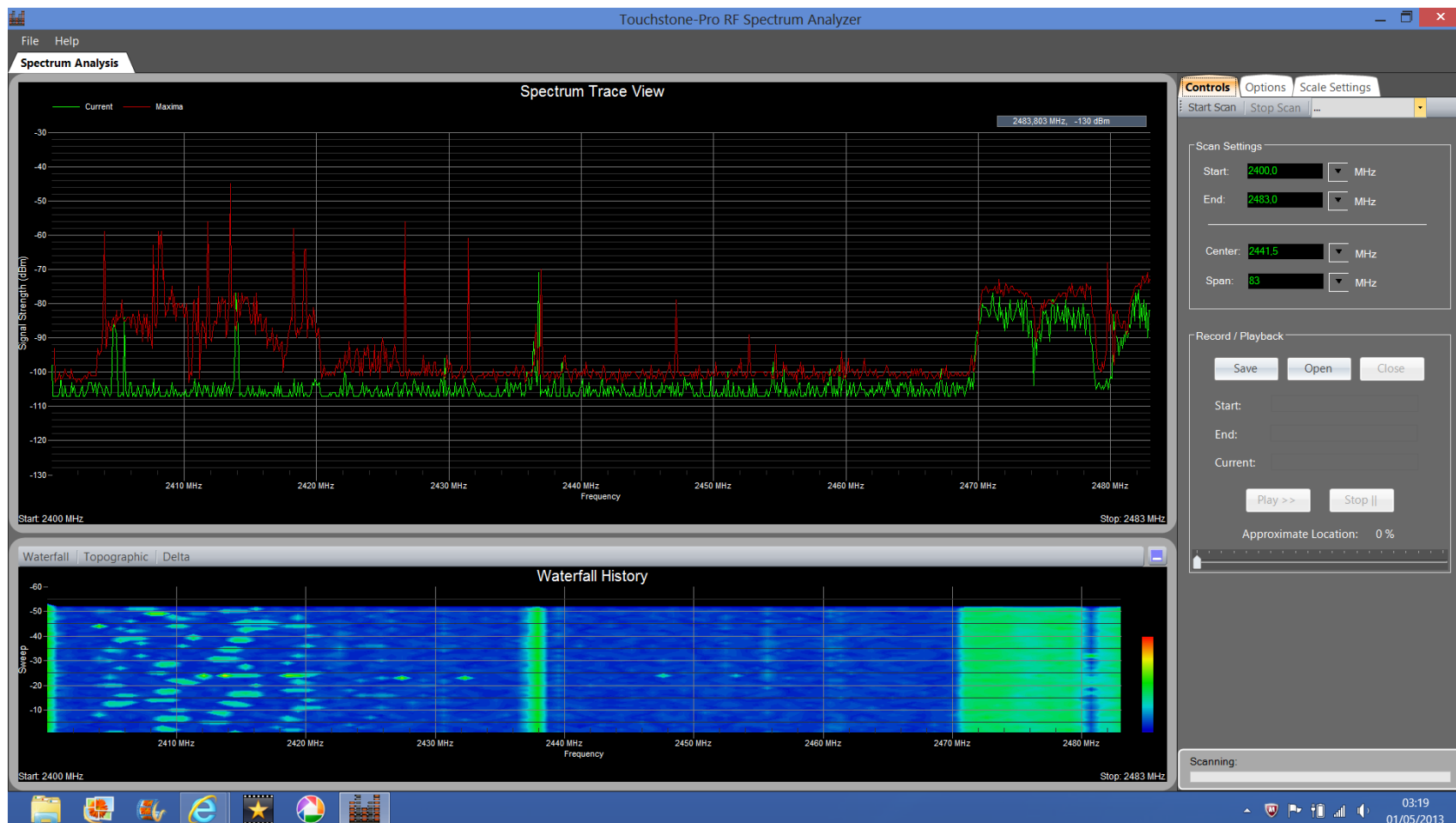
WiPry-Spectrum Analyzer para iPad e iPhone



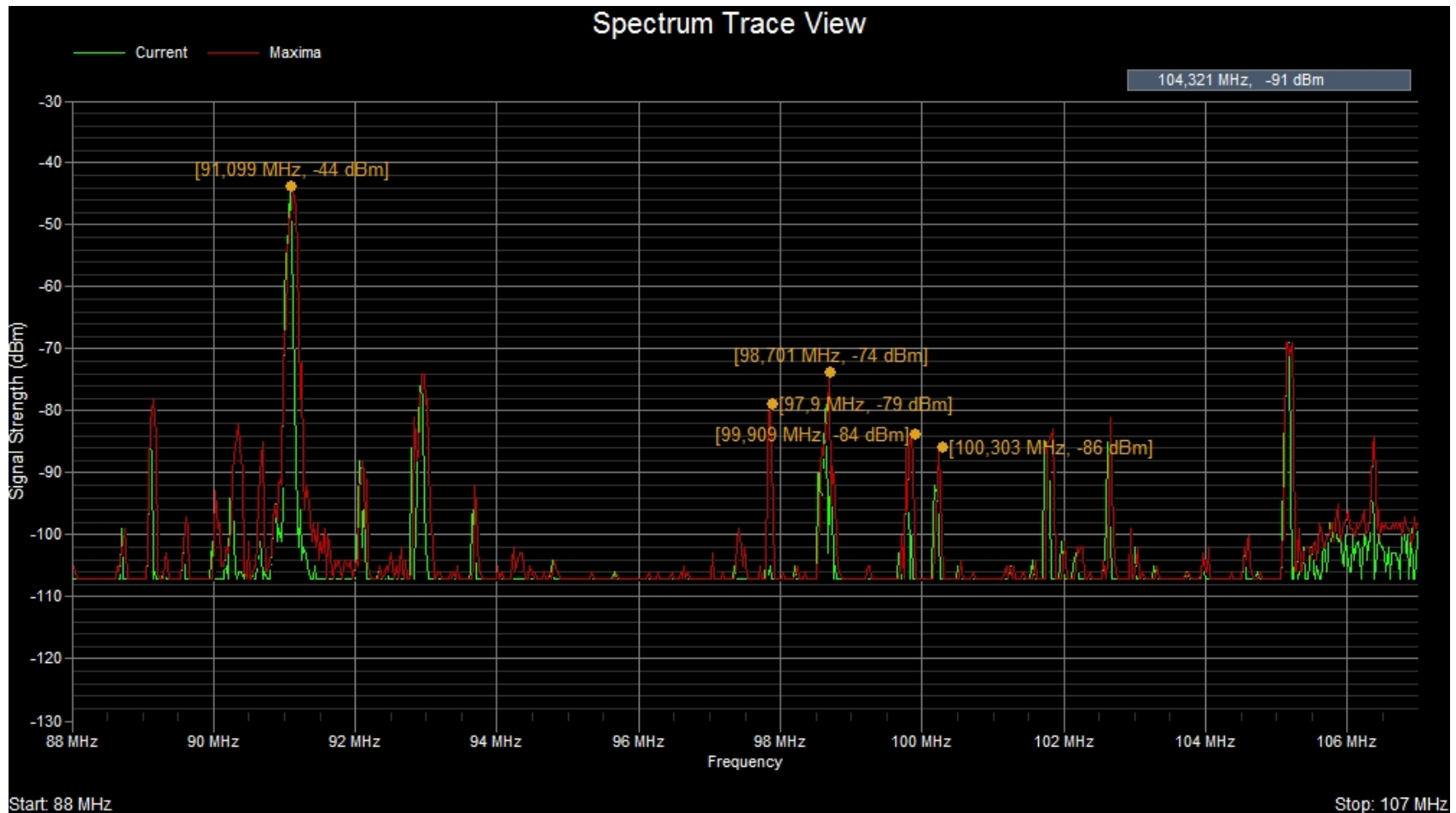
WiPry-Spectrum (Spectrum Analyzer 2,4 GHz) para iPad e iPhone



Spectrum Analyzer 15 MHz to 2,7 GHz



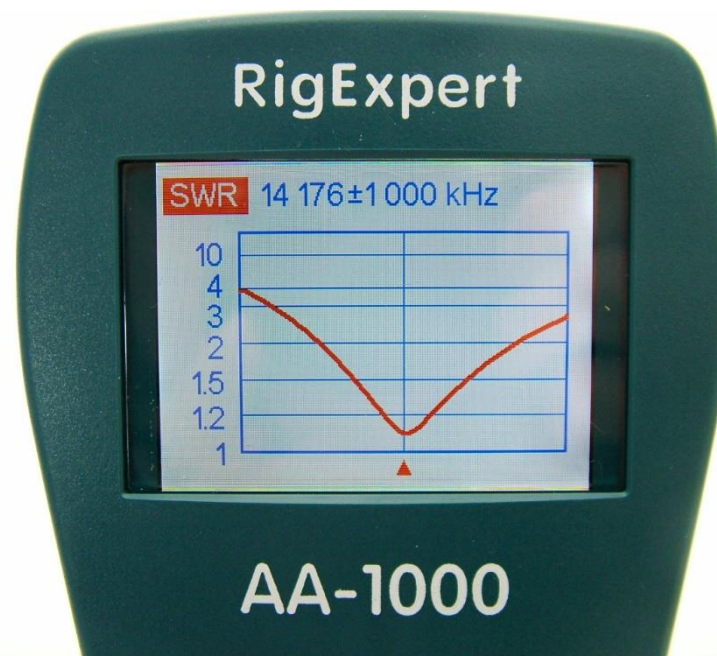
Exemplo: Análise do Espectro de WiFi (2,4 a 2,483 GHz)



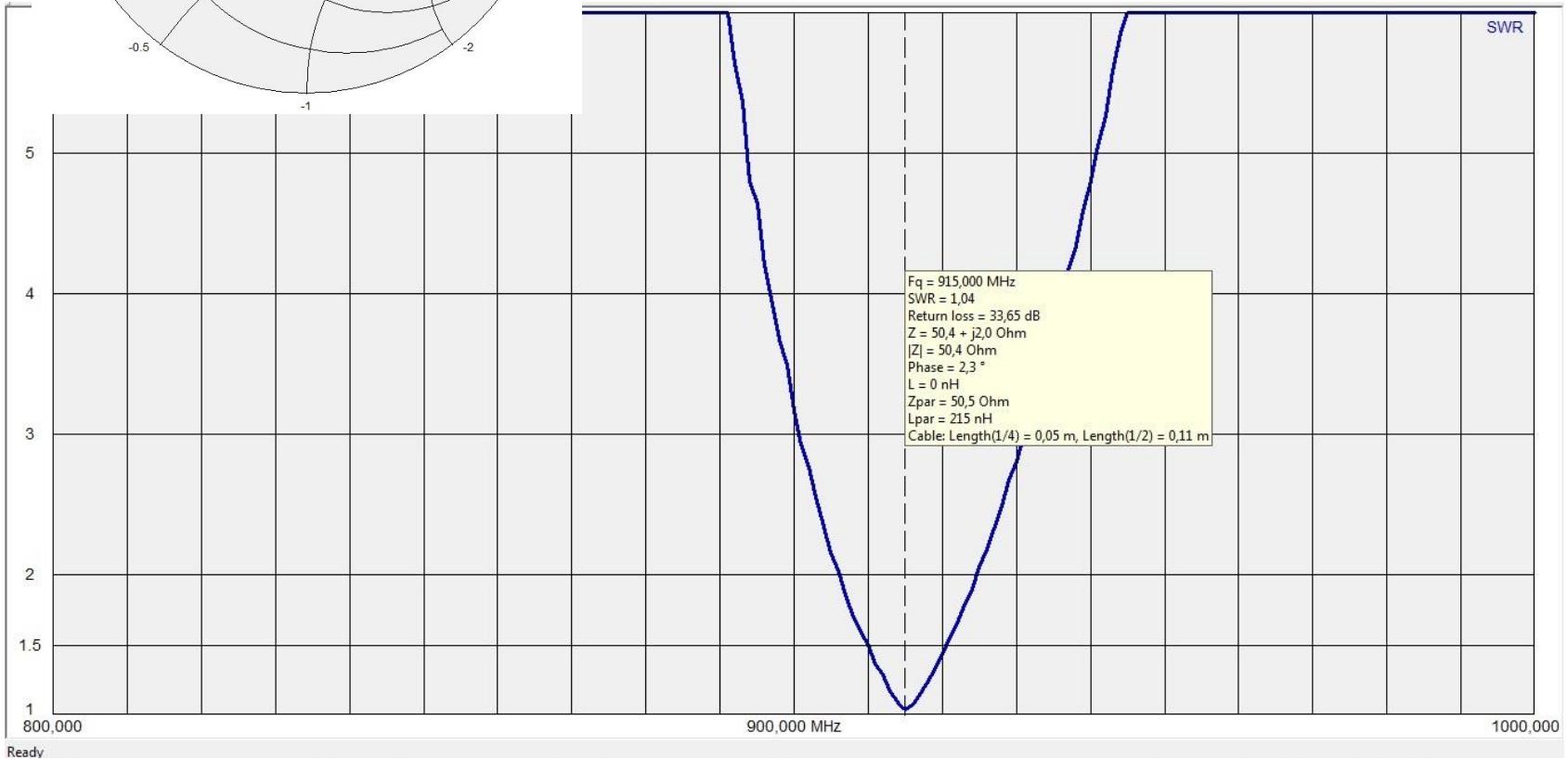
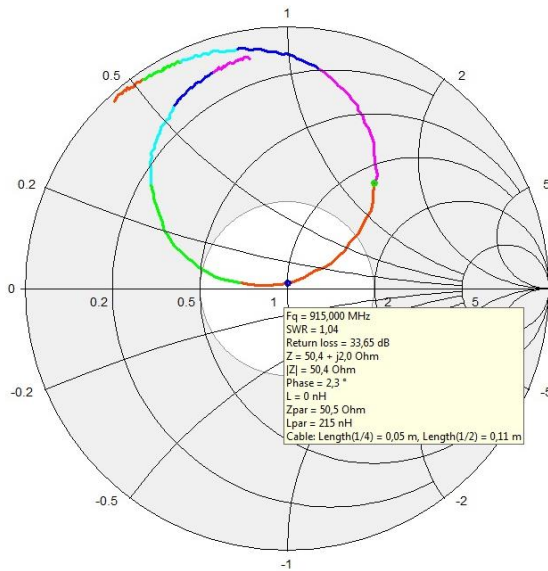
Exemplo: Análise do Espectro de FM (88 a 107 MHz)



RigExpert AA-1000
Antenna Analyzer
(100 KHz to 1 GHz)



RigExpert AA-1000 Antenna Analyzer (100 KHz to 1 GHz)



CONCURSO

CONSTRUÇÃO DE ANTENA

Antena
2,4 GHz

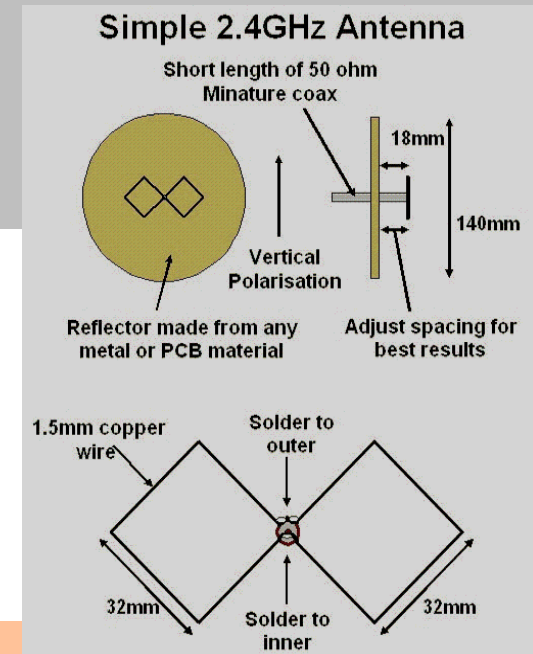
FREE
WiFi



Construir uma antena para WiFi com frequência nominal de 2,437 GHz

- Qualquer tipo...
- Pesquise na internet (you tube)...
- Utilize as informações da palestra...

- As antenas serão testadas no Laboratório de Análise de Sinais



O grupo que desenvolver a melhor Antena vai receber um **CERTIFICADO** do Polo de Inovação Tecnológica do Paranhana/Encosta da Serra