

Redes sem Fio

Tecnologia em Redes de Computadores
Prof. Macêdo Firmino

Aula 04 Fundamentos de Antenas

“Deploramos com facilidade os defeitos alheios, mas raramente nos servimos deles para corrigir os nossos.” (La Rochefoucauld)



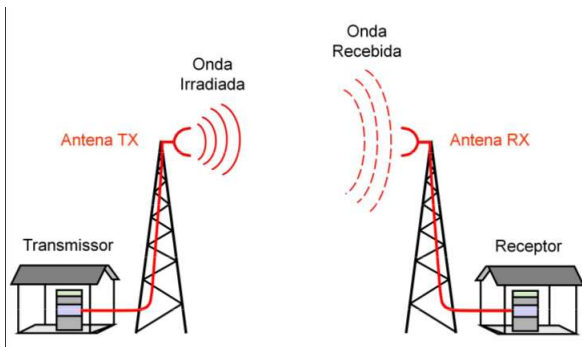
INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE

O que Aprenderemos?

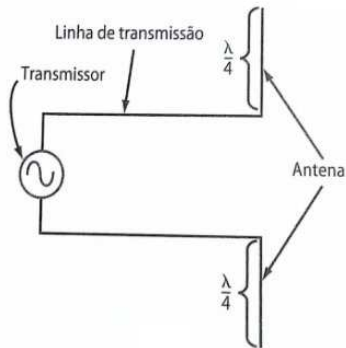
- Compreender o papel das antenas na transmissão e recepção de sinais eletromagnéticos em sistemas de comunicação.
- Identificar os principais tipos de antenas utilizados em aplicações práticas e suas respectivas características.
- Explicar os conceitos fundamentais relacionados ao desempenho de antenas, tais como ganho, diretividade, polarização e diagrama de radiação.
- Entender o conceito de antenas isotrópicas.



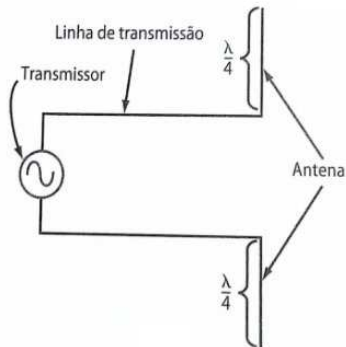
Antenas são dispositivos transdutores que convertem sinais elétricos em ondas eletromagnéticas (e vice-versa), possibilitando a transmissão e recepção de dados em redes sem fio. Antenas bem projetadas e posicionadas podem melhorar significativamente a qualidade do sinal, reduzir interferências e aumentar a velocidade de transmissão de dados.



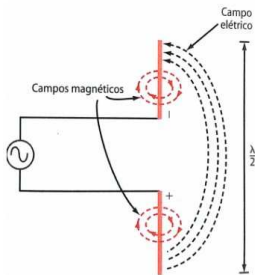
Um dispositivo eletrônico, como um transmissor de rádio, gera um sinal elétrico de alta frequência que é enviado para a antena. O sinal elétrico é aplicado aos elementos da antena, que são condutores metálicos, fazendo com que os elétrons se movam ao longo deles. Esse movimento cria um campo elétrico ao redor da antena. O campo elétrico oscilante produz um campo magnético correspondente, criando assim uma onda eletromagnética que se propaga pelo espaço.



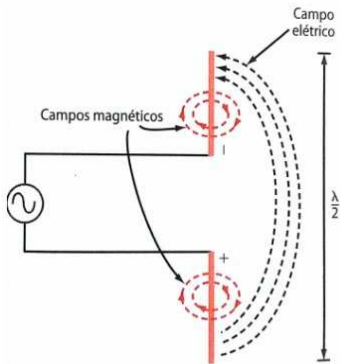
Se utilizarmos qualquer fio condutor teremos uma antena, entretanto, a irradiação é ineficiente. Foi percebido que a eficiência é melhorada, se fizer uma dobra nos condutores de modo que formem um ângulo reto com a linha de transmissão. Desta forma, os campos magnéticos criado vão se somando. A irradiação ideal acontece quando o segmento dobrado tiver um comprimento de um quarto de onda na frequência de operação.



Quando uma corrente elétrica é aplicada na antena, ela cria um campo elétrico ao redor dos condutores. Como os a corrente flui em direções opostas, o campo elétrico gerado em cada condutor é também oposto. Isso faz com que o campo elétrico se some em uma direção e se cancele em direções perpendiculares. Este campo elétrico variável cria um campo magnético também variável. Os campos elétrico e magnético interagem um com o outro e um mantem o outro a medida que se propaga através do espaço (criando a onda eletromagnética).



No caso da recepção, a antena capta as ondas eletromagnéticas do espaço, convertendo-as de volta em sinais elétricos que podem ser processados por um receptor, como um rádio ou um modem.



Comprimento das Antenas

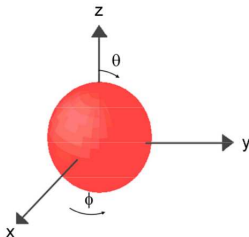
As antenas são projetadas para ressonância, ou seja, funcionam melhor quando seu tamanho está relacionado com o comprimento de onda do sinal. Se ela for muito grande ou muito pequena em relação ao comprimento de onda, a eficiência na transmissão ou recepção cai drasticamente. Por exemplo,

- Antena de meia onda ($\lambda/2$): muito usada em rádio e TV.
- Antena de um quarto de onda ($\lambda/4$): comum em antenas monopolo (como as de carros).
- Antenas de onda completa (λ): utilizadas em algumas aplicações específicas.



Antena Isotrópica

Uma antena isotrópica é um conceito teórico de antena que irradia energia de forma igual em todas as direções. Ela não existe na prática, mas é útil para cálculos teóricos e para expressar a direcionalidade de outras antenas. A potência irradiada por uma antena isotrópica é distribuída uniformemente em uma esfera ao redor da antena, e seu padrão de radiação é esférico.



Característica

Na sequência será apresentado as principais característica das antenas, são elas:

- Teorema da Reciprocidade;
- Diagramas de Irradiação;
- Diretividade;
- Eficiência;
- Ganho;
- Sensibilidade;
- Polarização.



Teorema da Reciprocidade

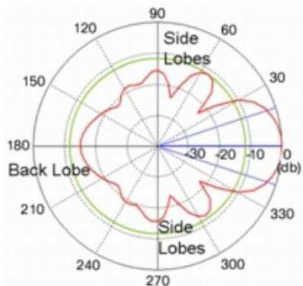
O Teorema da Reciprocidade estabelece uma relação de simetria entre o comportamento de uma antena na transmissão e na recepção de sinais. Nela, para uma dada frequência as antenas se comportam com as mesmas características tanto na transmissão quanto na recepção. Isso significa:

- Uma antena que transmite bem em uma determinada direção, também recebe bem sinais vindos dessa mesma direção.
- O desempenho da antena na recepção é igual ao seu desempenho na transmissão, desde que os meios e as condições sejam os mesmos (frequência, ambiente, etc).

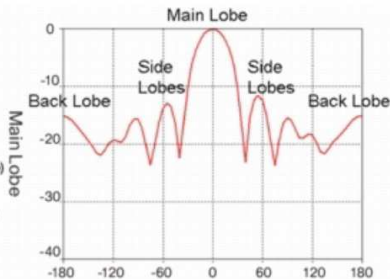


Diagramas de Irradiação

Diagramas de Irradiação é uma representação gráfica da distribuição espacial da potência irradiada pela antena em diferentes direções de propagação. Os diagramas podem utilizar as coordenadas polares (Azimute - plano horizontal e Elevação - plano vertical) ou por coordenadas cartesianas.



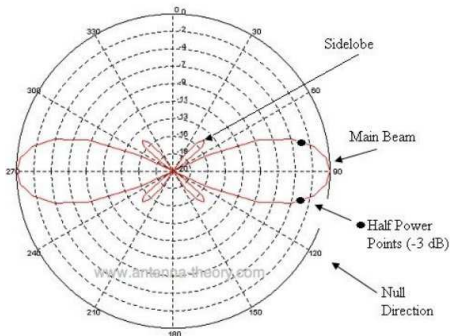
(a) Pattern in Polar Coordinates



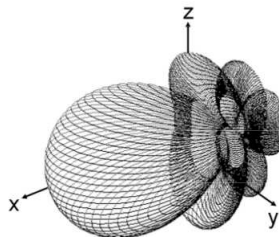
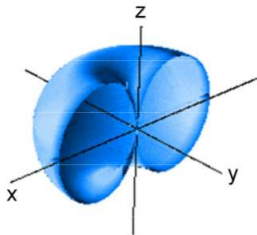
(b) Pattern in Cartesian Coordinates

A energia de irradiação é concentrada em duas regiões:

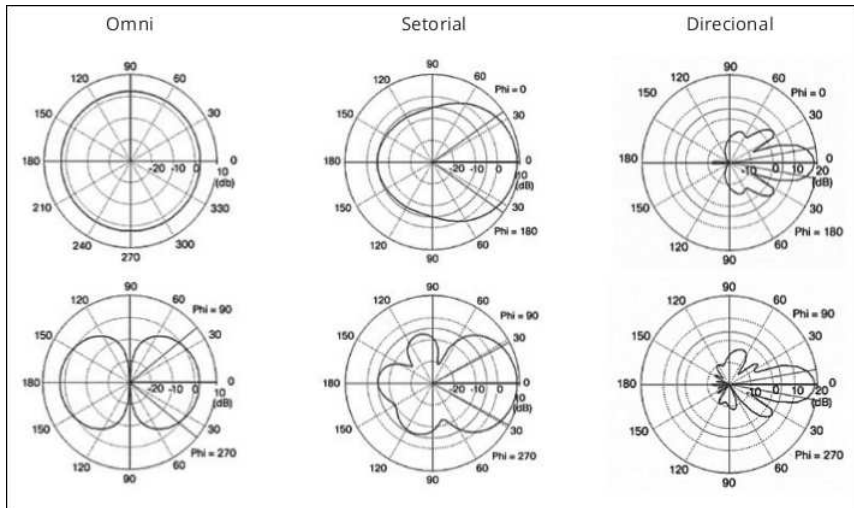
- Lóbulo principal (*Main Beam*): região em torno da região de radiação máxima.
- Lóbulo secundário (*Side Lobe*): regiões menores geralmente em direções indesejadas que não podem ser completamente eliminado.



Diagramas de Irradiação



Diagramas de Irradiação



Diretividade

Diretividade é a capacidade da antena de concentrar o sinal em uma direção específica. O seu valor é obtido comparando a energia irradiada pela antena na direção de máxima irradiação e a energia irradiada por uma antena isotrópica com a mesma potência. Antenas direcionais têm alta diretividade.

$$D = 10 \log \frac{P_{MAX}}{P_{ISO}}$$

onde: P_{MAX} e P_{ISO} representam máxima potência irradiada da antena de interesse e potência irradiada pela antena isotrópica, respectivamente.

Eficiência

A eficiência (η) é a relação entre a potência irradiada (P_i) e a potência total (P_t) entregue à antena. Ou seja, é a capacidade da antena de converter a potência elétrica fornecida em energia eletromagnética irradiada. Antenas com alta eficiência minimizam perdas de potência.

$$\eta = \frac{P_i}{P_t}$$

Para antenas parabólicas, a eficiência varia de 45% a 75%.



Ganho

O ganho de uma antena é a capacidade da antena de aumentar a potência do sinal em uma direção específica em comparação com uma antena de referência, como uma antena isotrópica. O ganho é expresso em dBi e é dado pelas fórmulas:

$$G = \frac{\text{Densidade de potência da antena}}{\text{Densidade de potência de uma antena isotrópica}}$$

ou

$$G = D * \eta$$

onde: D e η são diretividade e eficiência, respectivamente.



Ganho

Uma antena não adiciona energia ao sistema, mas pode concentrá-la em uma dada direção (a chamada direção de maior ganho), o que implicará na redução da energia transmitida em outras direções. Antenas com ganho de dBi mais alto tendem a distribuir o sinal mais concentrado em determina direção, sendo mais indicadas para coberturas com grande alcance. Por exemplo, uma antena wireless 2.4 GHz com 12 dBi de ganho pode atingir distâncias de até 500m, com 15 dBi pode atingir 1 km, na mesma frequência.



Nas redes Wi-Fi podemos utilizar as antenas:

- Antenas omnidirecionais (até 18 dBi) concentra a energia no eixo horizontal. São ideais para ambientes onde os dispositivos móveis podem estar localizados em várias direções em relação à antena, como em redes Wi-Fi em ambientes internos.
- As antenas setoriais (entre 8 e 16 dBi) irradiam o sinal em um setor específico. Elas tipicamente apresentam aberturas variando entre 60 e 180 graus. São utilizadas em ambientes onde é necessário cobrir uma área específica, como em redes externas ou estádios.
- Antenas direcionais (acima de 20 dBi) concentram o sinal em uma direção específica, proporcionando uma cobertura mais focalizada e maior alcance nessa direção. Elas apresentam ângulos menores do que a setorial. Elas são utilizadas em enlaces ponto-a-ponto de longa distância.

Ganho no Wi-Fi



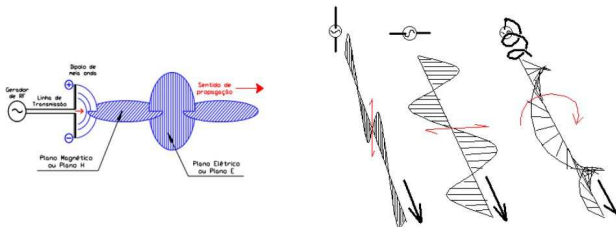
Sensibilidade

Sensibilidade é um parâmetro do receptor que indica o nível mínimo de sinal necessário na antena para obter a comunicação de forma confiável. Ela é influenciada pela geometria da antena, tipo de modulação e taxa de transmissão. Ela é expressa em dBm. Por exemplo, a sensibilidade de uma antena 802.11n de 2,4 GHz é em média 18 dBm. Quanto maior a sensibilidade da antena, melhor ela é capaz de detectar sinais fracos.



Polarização

A polarização de uma antena se refere à orientação do campo elétrico da onda eletromagnética que está sendo transmitido ou recebido pela antena. Ela é importante porque a antena receptora precisa estar na mesma polarização que a antena transmissora para garantir uma comunicação eficaz. Ela pode ser horizontal (campo elétrico do sinal oscila na direção horizontal), vertical (campo elétrico do sinal oscila na direção vertical) ou circular (campo elétrico do sinal gira em torno do eixo de propagação).



Tipos de Antenas

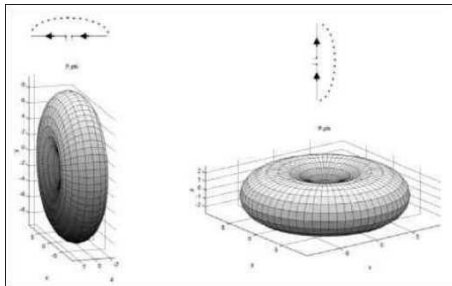
Existem diversos tipos de antenas, cada um com características específicas projetadas para diferentes aplicações e necessidades, mas os principais tipos de antenas são:

- Dipolos;
- Monopolo;
- Log Periódica;
- Yagi-Uda;
- Parabólica.



Dipolo de Meia Onda

O dipolo é uma das antenas mais simples e amplamente usadas em comunicações sem fio. Ele consiste em dois condutores idênticos e paralelos, alimentado no centro, onde é conectado ao cabo coaxial ou à linha de transmissão. Trata-se de uma omnidirecional que irradia a energia horizontalmente em forma de rosca.



Dipolo de Meia Onda



Dipolo Dobrado

O dipolo dobrado é uma variação do dipolo meia onda, tem perfil de radiação igual do dipolo, entretanto oferece maior largura de banda (mais faixas de frequências de operação). Utilizada para recepção de TV e FM.



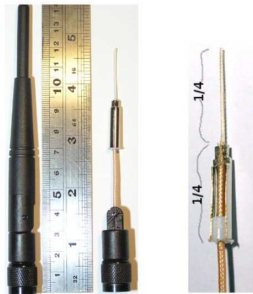
Dipolo Cruzado

O dipolo cruzado é formado por 2 dipolos em V opostos e alinhados de forma a criar uma polarização circular. Ele é utilizado em radiodifusão FM. Tem o efeito de produzir uma maior penetração em edifícios e áreas de recepção difícil.



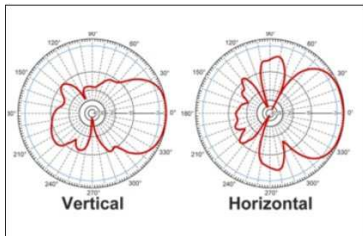
Monopolo

O monopolo é uma variação da dipolo. Ela é uma escolha popular em muitas aplicações WiFi devido à sua simplicidade, baixo custo e eficiência. É especialmente adequado para aplicações em que o espaço é limitado ou onde é difícil montar uma antena mais complexa, como em dispositivos portáteis e em comunicações de curto alcance.



Log Periódica

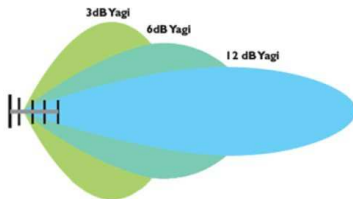
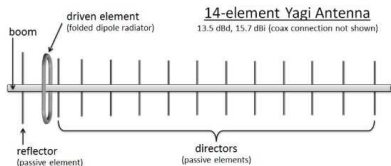
Uma antena log periódica possui N dipolos cujos comprimentos diminuem progressivamente de forma logarítmica. Ela é uma antena altamente direcional com excelente ganho e com grande largura de banda. É usada em aplicações onde é necessário uma ampla faixa de frequência, como em sistemas de radar e recepção de TV.



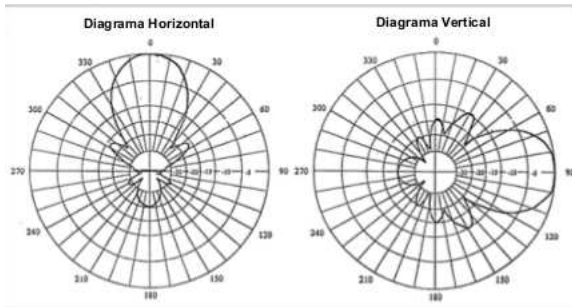
INSTITUTO FEDERAL DE
Educação, Ciência e Tecnologia
do Rio Grande do Norte

Yagi-Uda

São antenas direcionais de ganho elevado. Elas são formadas por um elemento dipolo, um refletor e de 1 a 20 diretores. Quanto maior o numero de diretores, maior o ganho e mais estreito o ângulo de abertura. Ela é utilizadas em aplicações de TV e rádio, desde a faixa de HF, UHF e principalmente na faixa de VHF.



Yagi-Uda



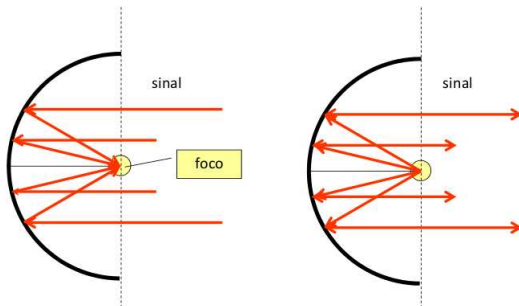
Parabólica

Uma antena refletora que usa uma superfície parabólica para refletir ondas eletromagnéticas em um ponto focal. Ela reflete o sinal vindo em todas as direções, para o centro da antena, onde está o captador (chamado LNB), e assim concentrando este sinal fraco num único ponto, para que se obtenha uma recepção aceitável.

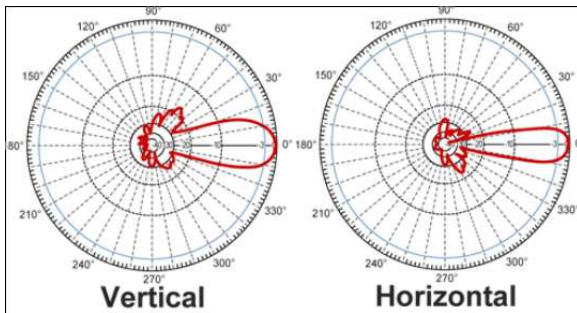


INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE

Parabólica



Parabólica



Parabólica

Antenas parabólicas são usadas em aplicações de longo alcance, como comunicações por satélite e radares. Elas podem ser dotadas de blindagens para minimizar a irradiação ou ainda um radomo (capa), cujo objetivo é proteger o alimentador e a superfície parabólica de danos provocados por intempéries, insetos e pássaros.



Dúvidas



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE