

Fundamentos de Redes sem fio

Tecnologia em Redes de Computadores

Aula 05

Prof. Me. Henrique Martins

Aula 05

- **VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)**

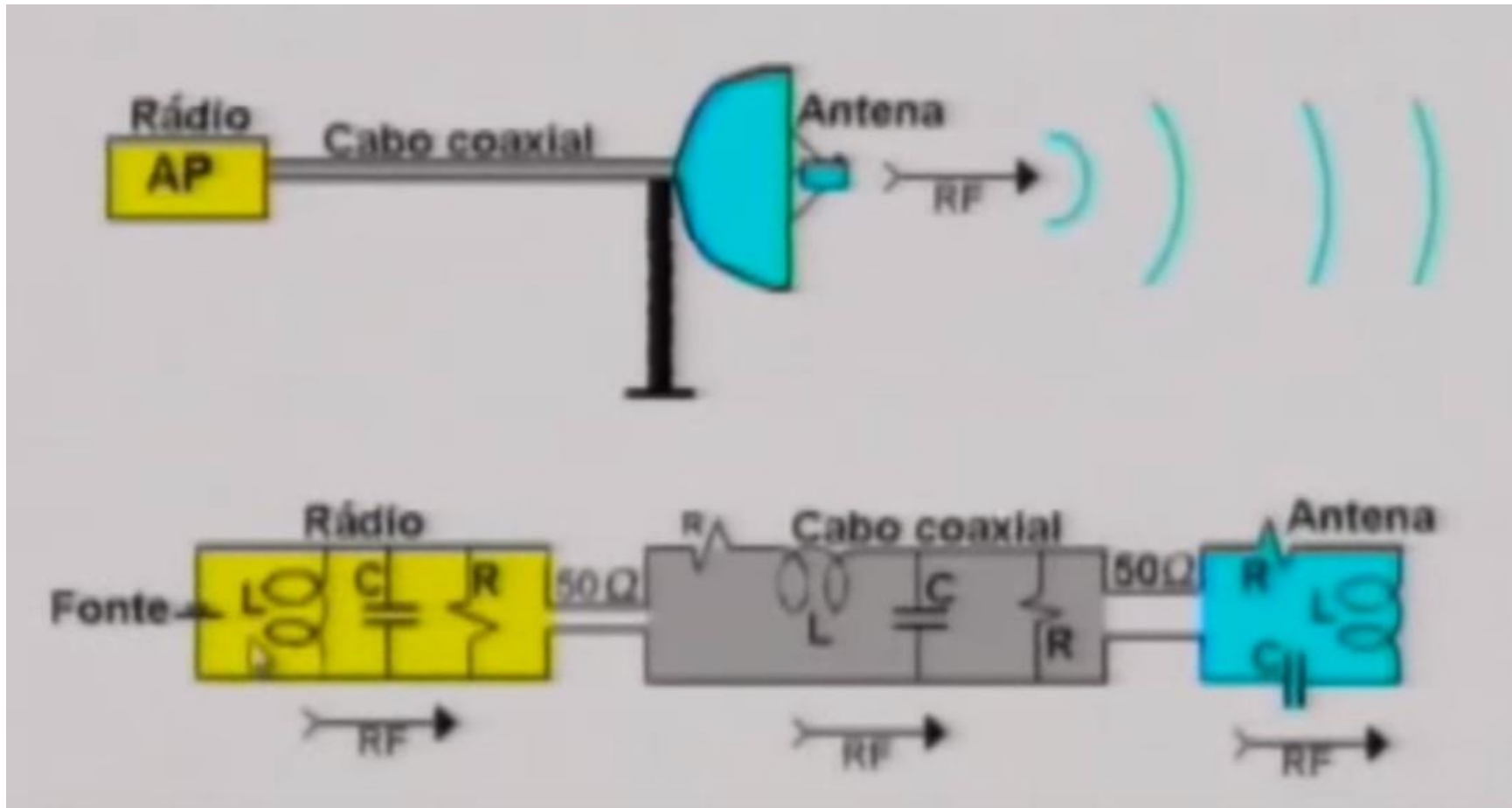
VSWR

- VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) pode ser definido como um indicador de quantidade de sinal refletida de volta ao transmissor em um circuito RF.
- Para que toda potência transmitida chegue a antena, a impedância de cabos e conectores deve ser a mesma (casamento de impedância), do contrário teremos parte do sinal transmitido sendo refletido na linha no ponto onde não há esse casamento.
- Essa parte do sinal que é refletida contribui para a variação no nível do sinal que está sendo transmitido.

VSWR

- VSWR é expresso como uma relação entre dois números. Esses dois números confrontam uma situação de não casamento de impedância e uma outra situação em que há o casamento de impedância perfeito.
- Um valor típico de VSWR seria 1.5:1. O segundo número após os “:” é sempre 1. Quanto menor o valor do primeiro número (mais próximo de 1), melhor casamento de impedância seu sistema terá e conseqüentemente menos sinal refletido na linha.
- Logo, um circuito RF com VSWR de 1.4:1 é melhor do que outro com 1.5:1. Um VSWR com 1.1:1 significa casamento de impedância perfeito e a garantia de que não sinal refletido de volta para o transmissor.

Esquema elétrico de acoplamento



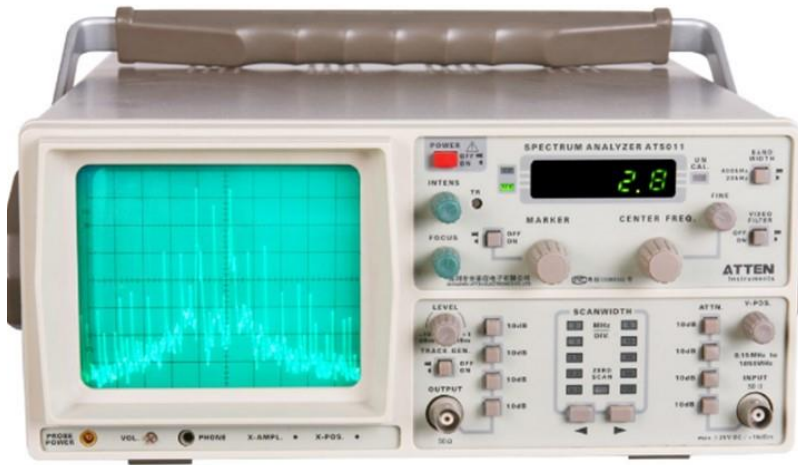
Esquema elétrico de acoplamento

- O rádio é um circuito eletrônico formado por:
 - Resistência
 - Capacitância (Capacitor)
 - Indutância (Bobina)
- O cabo coaxial tem esse 3 componentes
- A antena tem também esse 3 componentes
- Bom acoplamento entre os componentes determina se a conexão será boa ou não.

VSWR

- Um VSWR excessivo poderia causar sérios problemas em um circuito RF. Pode haver inclusive queima de componentes eletrônicos, porque os dispositivos não tem nenhuma proteção contra esse sinal refletido que volta para o transmissor. Algumas medidas podem ser tomadas para evitar os efeitos negativos da VSWR:
 - O uso de dispositivos de alta qualidade .
 - Conexões bem apertadas entre cabos e conectores.
 - Cabos, conectores e todos dispositivos do transmissor até a antena, devem possuir impedâncias mais próxima um dos outros quanto possível, ou seja nunca usar cabos de 75 ohms com dispositivos de 50 ohms.
- O VSWR em um circuito RF pode ser medido com instrumentação adequada.

Equipamentos de medição



US \$1,080.00



US \$4,581.19

Equipamentos de medição

- O **Airview2-EXT** é um produto da empresa Ubiquiti que consiste num analisador de espectro 2,4 Ghz (spectrum analyser), através de um pequeno dispositivo USB e uma antena externa. O dispositivo USB possui um conector MMCX para ligação da antena externa.



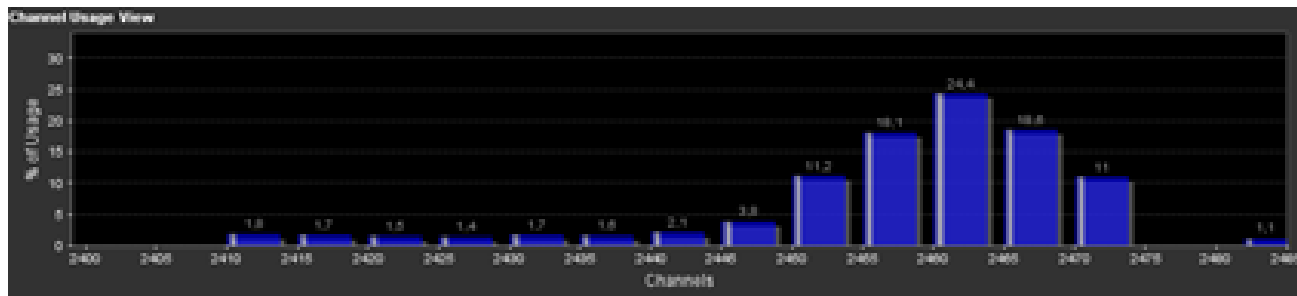
Equipamentos de medição



Equipamentos de medição

Percentagem de ocupação por canal

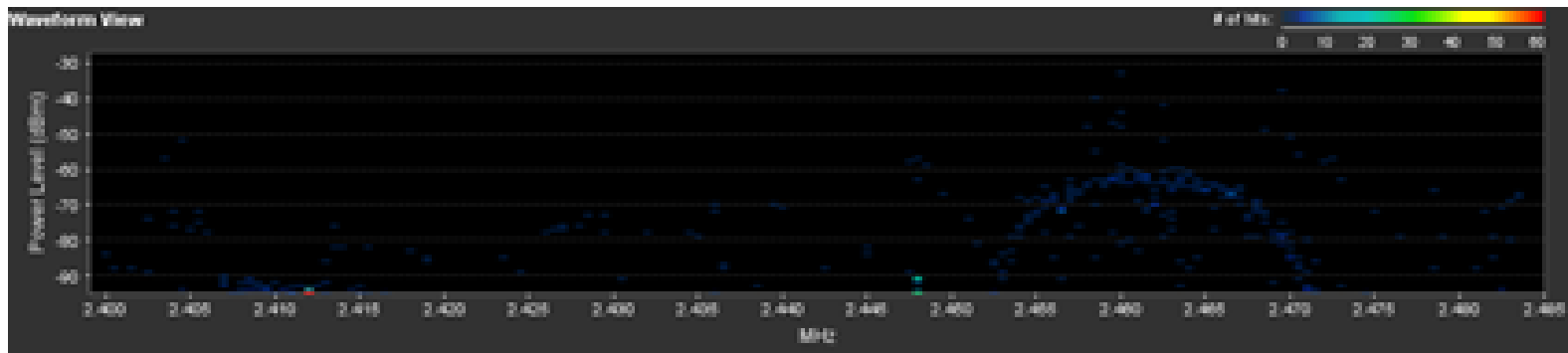
- Este gráfico é ideal para determinar qual o melhor canal para a nossa rede operar. O canal com menor ocupação, é provavelmente o melhor canal mais indicado.



Equipamentos de medição

Concentração de Energia

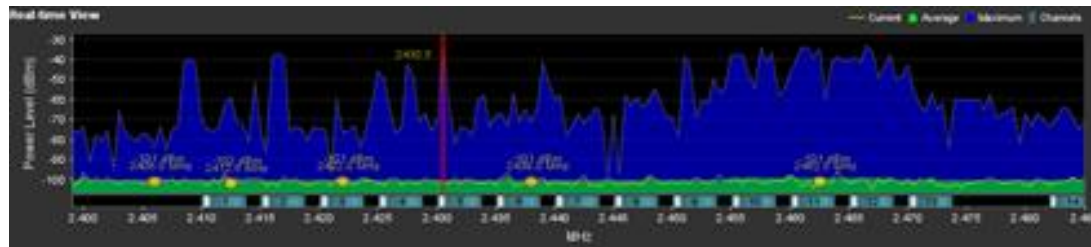
- A informação proveniente deste gráfico permite verificar a concentração de energia, durante uma sessão com a ferramenta AirView. A energia é apresentada em dBm em função do conjunto de frequências associadas aos 2,4 Ghz.



Equipamentos de medição

Concentração de Energia

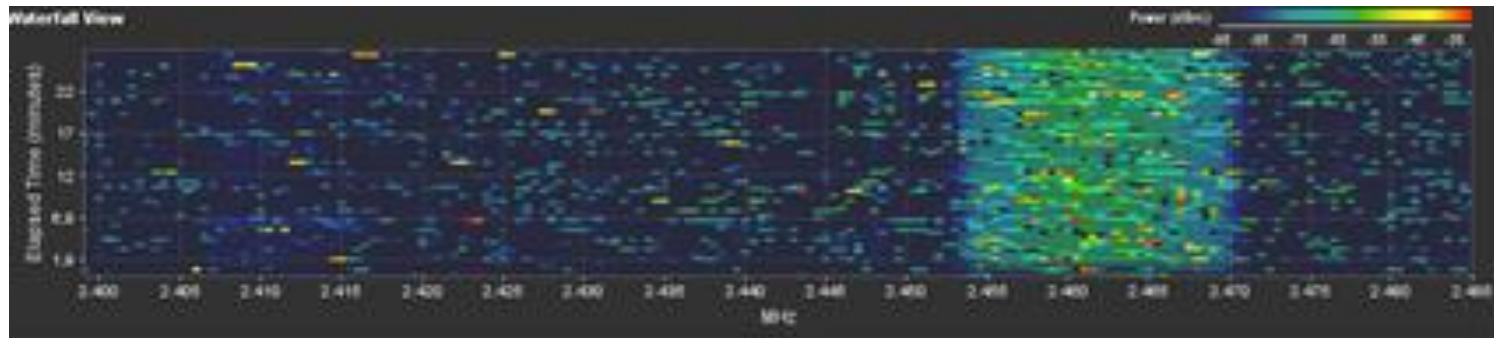
- Este gráfico mostra os tradicionais resultados de um analisador de espectro no qual a energia (dBm) é apresentado em tempo real para uma determinada frequência. Deste gráfico fazem parte 3 tipos de dados (apresentados por linhas diferentes):
- **Max Hold** – Nível de potencia máximo
- **Média** – Nível de potência médio
- **Real Time** – Energia para uma determinada frequência, apresentada em tempo real



Equipamentos de medição

Energia concentrada com base no tempo para uma dada frequência

- Este é um gráfico permite visualizar a concentração de energia com base no tempo para uma determinada frequência/canal



Ohms

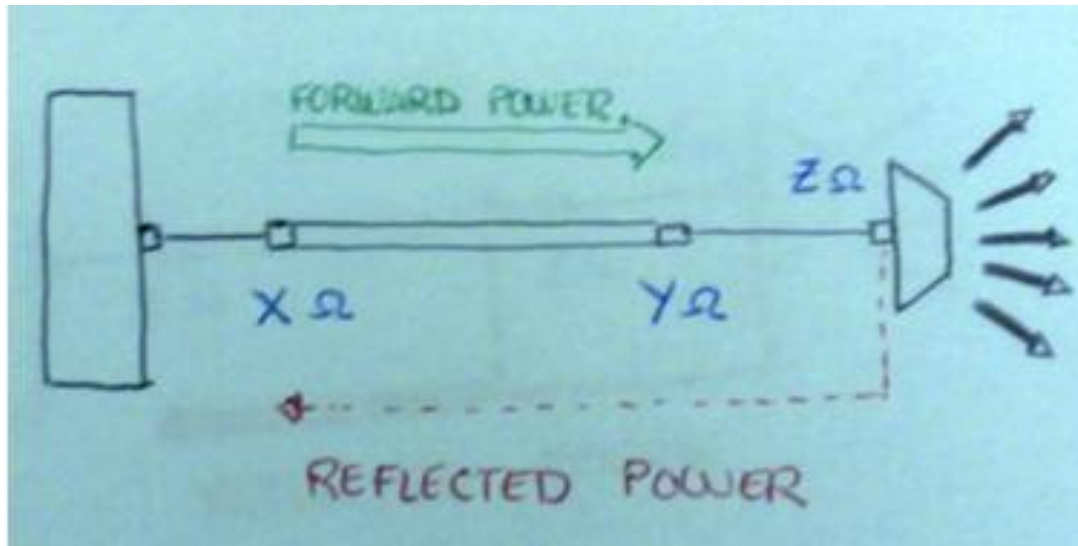
- O ohm (símbolo: Ω) é a unidade de medida da resistência elétrica, padronizada pelo SI (Sistema Internacional de Unidades).
- Corresponde à relação entre a tensão (medida em volts) e uma corrente (medida em ampères) sobre um elemento, seja ele um condutor ou isolante.
- Exemplificando: um condutor que tenha uma resistência elétrica de 1 ohm, causará uma queda de tensão de 1 volt a cada 1 ampère de corrente que passar por ele.

VSWR

- Uma forma de perda que podemos ter no nosso sistema, e que pode ser um pouco mais controlada é a perda por Reflexão, ou seja, perda de parte do sinal, que acaba retornando, perdido, pela extremidade onde foi injetado. Por esse motivo chamamos de Perda de Retorno.
- Se houver qualquer problema no meio entre o transmissor/receptor e as antenas - como por exemplo uma dobra ou infiltração de água - o meio acaba com descasamento de impedância. E aí, parte do sinal que idealmente deveria sair pela antena, acaba retornando refletido!

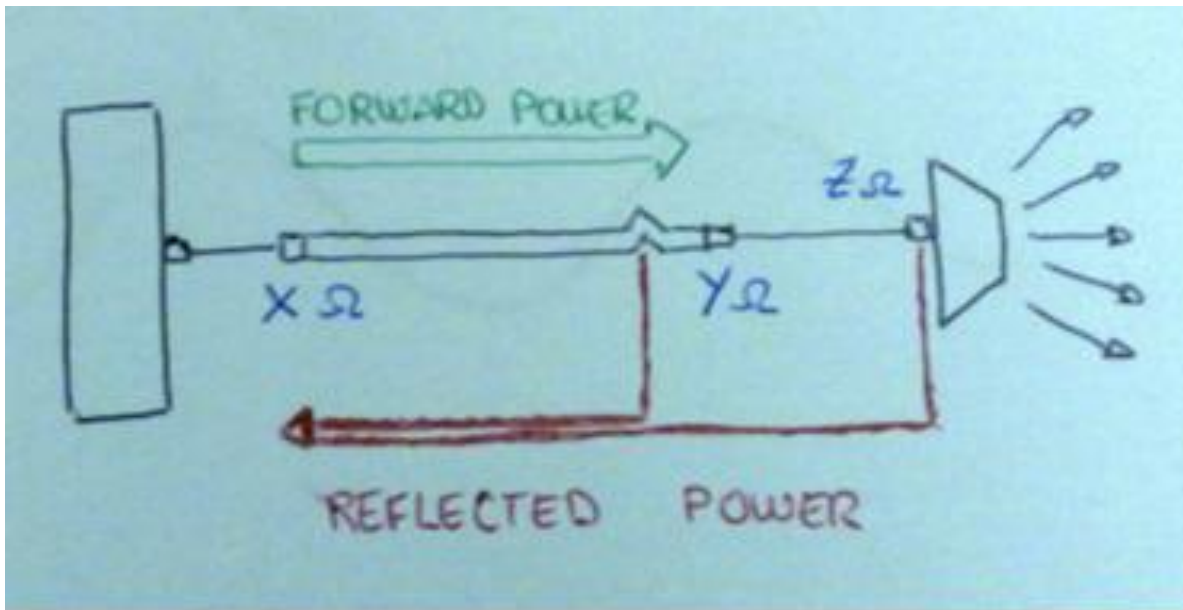
VSWR

- Falando em termos de casamento das impedâncias, se o valor de X , Y e Z forem iguais, temos o seguinte.



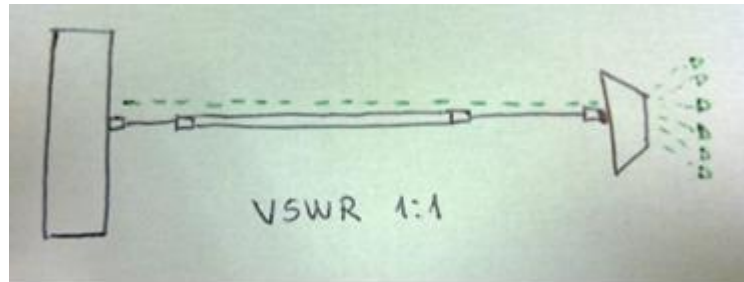
VSWR

- Já com valores próximos do real, impedâncias não casadas, temos o seguinte.

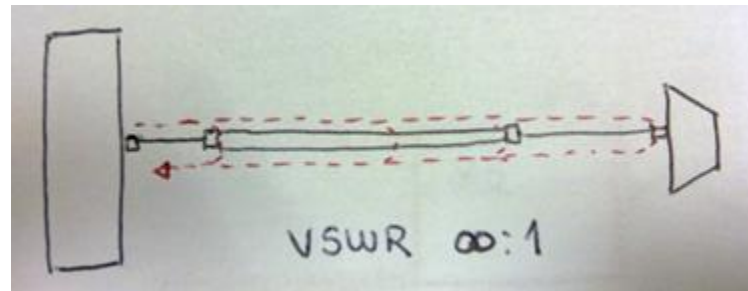


VSWR

- Se considerarmos uma linha de transmissão ideal, o VSWR seria de 1:1, ou seja, toda a potência chegaria ao seu destino, com nenhuma reflexão (nada perdido).



- E no pior meio de transmissão do mundo, teríamos o VSWR infinito, ou seja, toda a potência seria refletida (perdida).



Volts, Ampères e Ohms

- As três unidades mais básicas em **eletricidade** são tensão (**V**), corrente (**I**) e resistência (**R**). A tensão é medida em **volts**, a corrente é medida em **ampères** e a resistência é medida em **ohms**.
- Uma analogia natural para ajudar a entender estes termos é um sistema de canos hidráulicos. A tensão é equivalente à pressão da água, a corrente é equivalente à taxa de vazão, e a resistência seria o tamanho do cano.

Causador de impedância

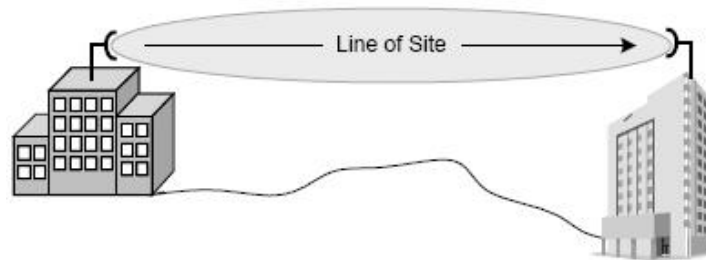
- Quando a antena não está sintonizada na impedância (geralmente 50 ohms) e frequência exata ao transmissor, ocorre um mal funcionamento na recepção e transmissão e pode queimar os transistores de saída do transmissor por motivo de ROE alta.
- ROE quer dizer **R**elações das **O**ndas **E**stacionárias ou as ondas (transmissão) que o transmissor jogou na antena mas parte dela voltou para o transmissor provocando maior consumo no transistor e conseqüentemente queimando-o.
- <http://www.rfmentor.com/node/138> (site para entender ondas estacionárias)

Antenas

- Antenas são um dos principais elementos presentes em um circuito RF. É através delas que os sinais de RF são transmitidos e recebidos. Existem dois pontos fundamentais que precisamos saber sobre antenas.
 - Convertem **sinais elétricos** em **sinais de RF** e vice-versa.
 - As dimensões físicas de uma antena estão diretamente relacionadas a frequência na qual a antena pode propagar e receber ondas de RF.
- As antenas podem ser classificadas em **Omni-direcionais** e **direcionais**. As omni irradiam em todas as direções, enquanto que as direcionais apenas em uma determinada direção.

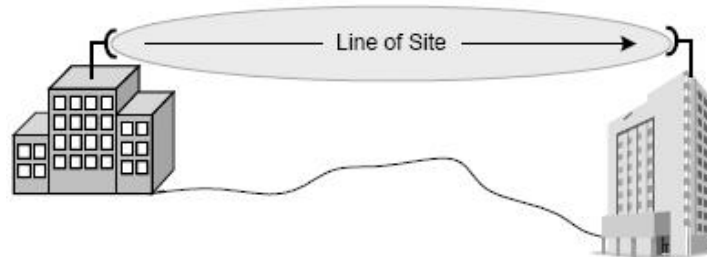
Visada Direta

- Para que haja comunicação entre transmissor e receptor em um circuito RF é preciso que haja **visada direta** entre as antenas dos dois lados.
- Por esse motivo, elas devem estar posicionadas nos lugares mais altos (normalmente topos dos prédios) e livres de obstáculos para que não ocorram os já citados fatores de reflexão, difração e espalhamento.



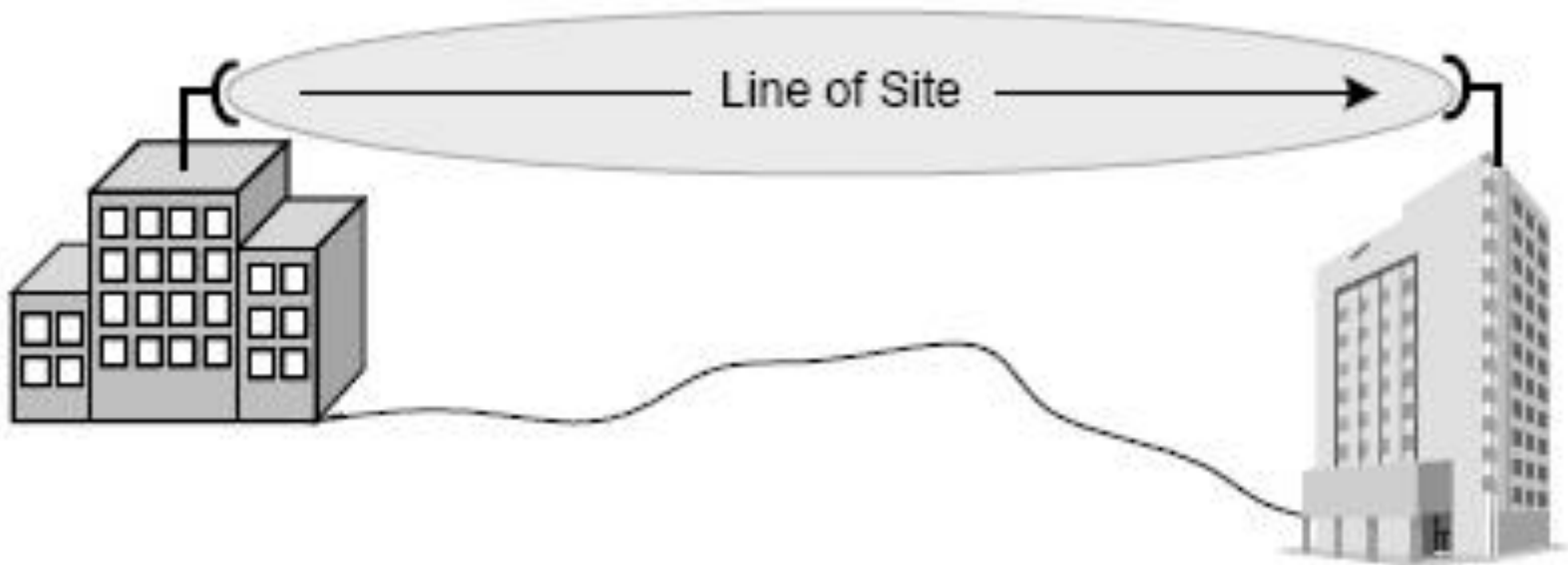
Visada Direta

- Podemos fazer uma analogia com um tubo e duas pessoas, uma em cada extremidade com uma lanterna. Uma pessoa pode ver perfeitamente a luz da lanterna da outra se não há nenhum obstáculo entre elas.
- Porém, dependendo do tamanho do obstáculo, a quantidade de luz que pode ser vista em cada extremidade é prejudicada ou pode até ser bloqueada inteiramente. Traduzindo para o caso de ondas RF, o link poderia ser seriamente afetado ou mesmo interrompido.



Visada Direta

Visada direta entre duas antenas

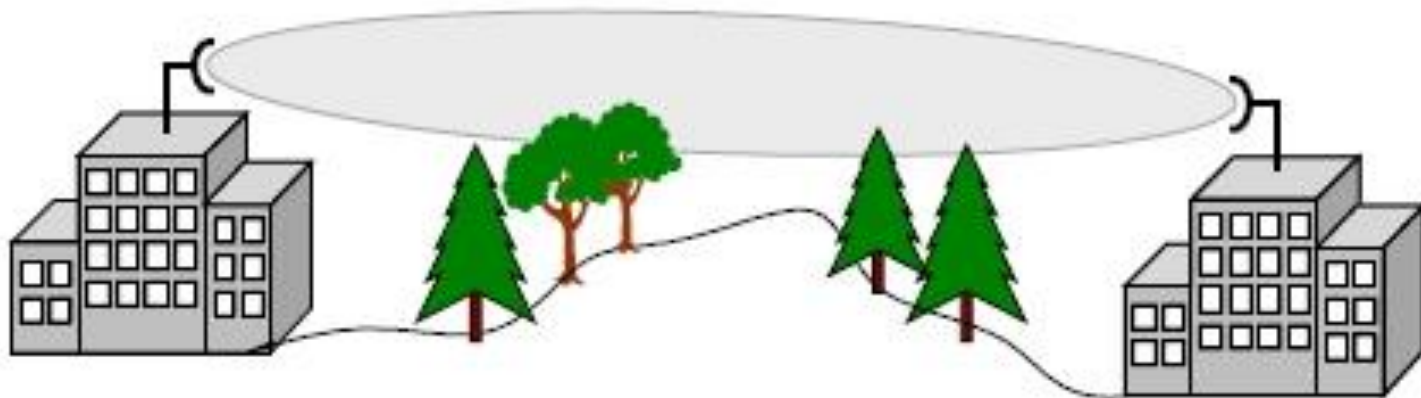


Zona de Fresnel

- A Zona de Fresnel é um aspecto de suma importância no planejamento e troubleshooting de um link RF.
- Pode ser definida como uma série de **elipses concêntricas** em torno da linha de visada. Ela é importante para a integridade do link porque determina uma área em torno da linha de visada que pode introduzir interferência no sinal caso ele seja bloqueado.

Zona de Fresnel

- Objetos na Zona de Fresnel tais como árvores, prédios entre outros, podem produzir: reflexão, difração, absorção ou espalhamento do sinal, causando degradação ou perda completa do sinal.



Zona de Fresnel

- O raio da zona de fresnel mais distante pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$r = 43.3 \times \sqrt{\frac{d}{4f}}$$

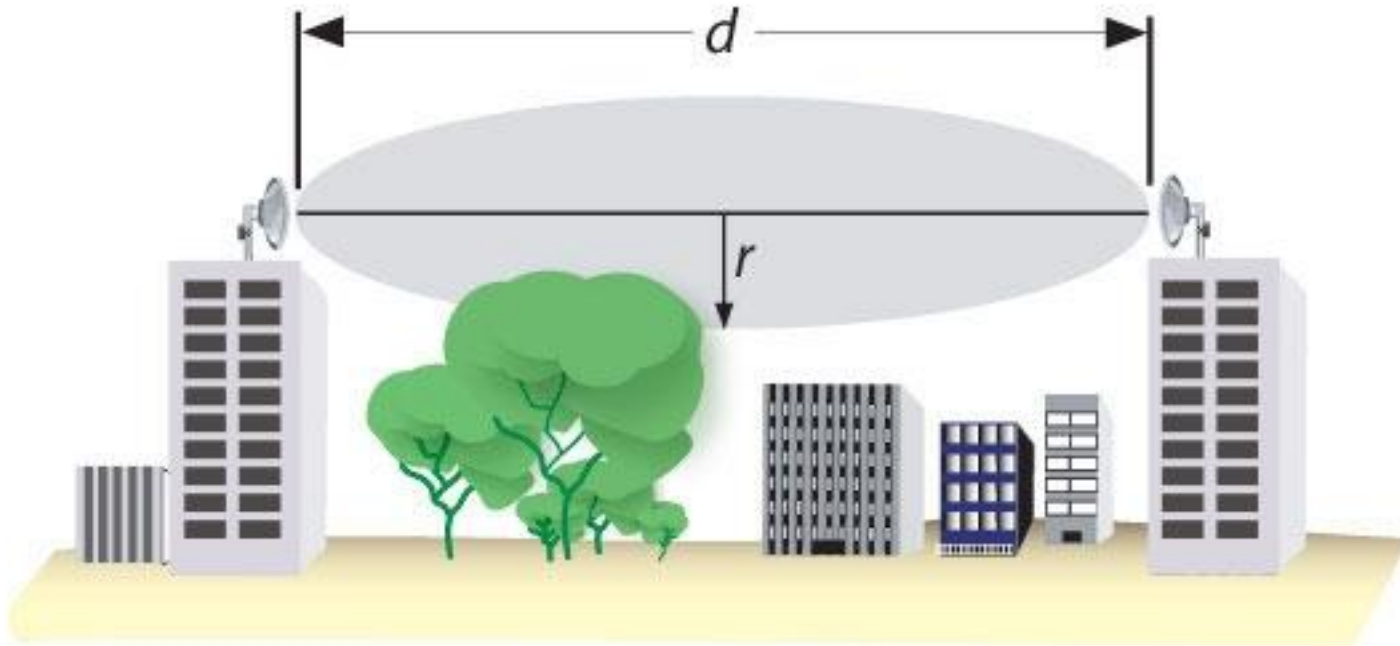
- Onde **d** é a distância do link em milhas, **f** é a frequência em Ghz e **r** expreso em pés.
- Assim, para um link de 2 milhas na frequência de 2.4Ghz, teríamos:

$$r = 39.52 \text{ pés}$$

e passando para quilômetros:

$$r = 1204.57 \text{ metros (1.2 km)}$$

Zona de Fresnel



$$r_{\text{(em metros)}} = 17.32 \times \sqrt{\frac{d_{\text{(em Km)}}}{4f_{\text{(em Ghz)}}}}$$

Zona de Fresnel

- Levando em conta a importância de uma Zona de Fresnel desobstruída, é importante quantificar até que grau a zona de fresnel pode ser bloqueada sem que haja perda completa do sinal. Normalmente um bloqueio em torno de 20% introduz muita pouca ou nenhuma interferência no link.
- Se a zona de fresnel do link proposto é bloqueada em mais de 20%, elevar as antenas aliviaria o problema.

Zona de Fresnel

- Lembramos que às vezes não nos damos conta de obstáculos comprometendo a zona de Fresnel, por não prestarmos atenção na proximidade desta área de objetos, tais como, árvores, torres, montanhas, outdoors, etc..., Nunca esquecendo que árvores crescem e modifica este cenário com o tempo.
- Por falar em modificação, o cenário que hoje permite um enlace com ótima qualidade, no futuro pode sofrer modificações que venham comprometer a zona de Fresnel deste enlace, como a construção de um edifício, a colocação de um outdoor, a instalação de uma torre etc...

Zona de Fresnel

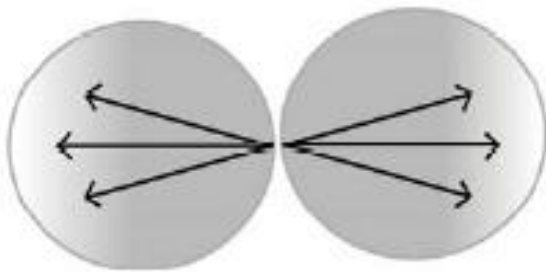
- Por esta razão, a zona de Fresnel quando de um enlace (link), de utilidade Pública ou de segurança Nacional, seja ele de empresa privada ou do próprio governo, esta protegida pela ANACON através do Decreto lei N° 597-73 de 7 de novembro, o qual prevê e regulamenta, tanto as regiões onde estão estes enlaces, como também possíveis modificações nas mesmas.

Ganho

- Se tivermos somente uma antena, sem amplificadores e filtros associados a ela, é considerado um dispositivo passivo. Pois não há nenhuma manipulação ou amplificação do sinal pelo elemento de antena.
- Uma antena pode criar um efeito de amplificação focando a radiação em um lóbulo estreito, da mesma forma que uma lanterna que emite luz a uma grande distância. O foco da radiação são medidos pelos lóbulos em graus horizontal e vertical.

Ganho

- Por exemplo, uma antena omnidirecional tem um lóbulo de 360 graus. Se estreitássemos esse lóbulo para algo em torno de 30 graus, podemos levar essa mesma radiação a distância maiores.
- Veja as figuras abaixo, elas ilustram bem esse efeito, observe que há um achatamento dos lóbulos.
- O ganho é expresso em Db (decibéis).



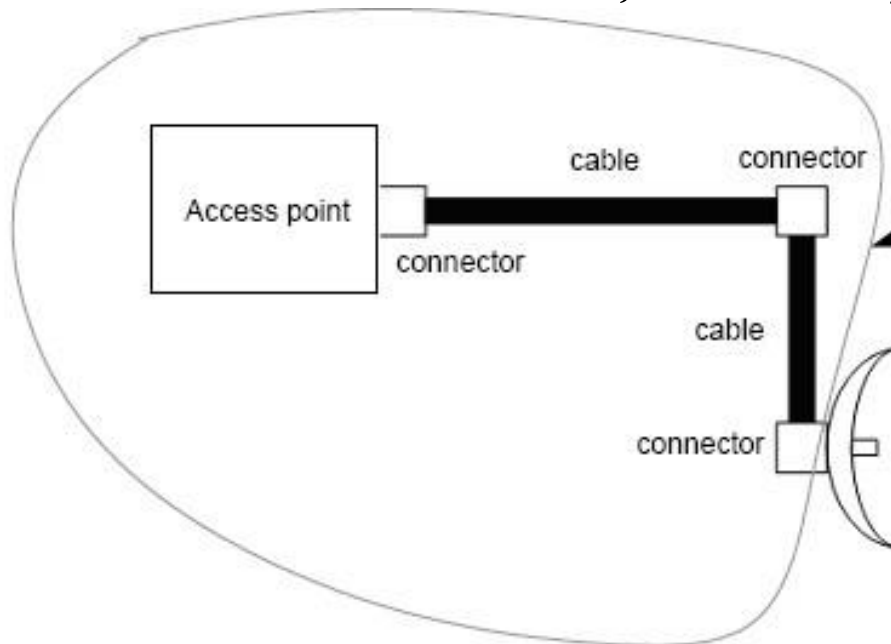
Lóbulos de um elemento de antena, sem ganho



Lóbulos de uma antena com ganho.

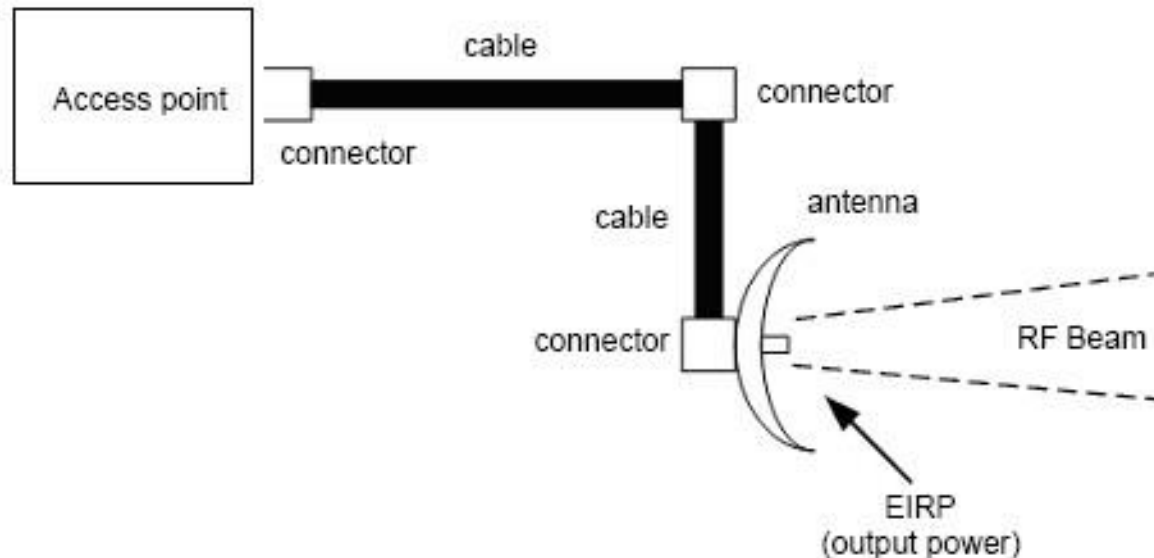
Gerador de RF

- Conforme definido pelo FCC (Federal Communications Commission), um **gerador** é um dispositivo de RF especificamente projetado para gerar sinais RF. Em termos de hardware, o gerador de RF inclui como dispositivo de RF todos os conectores e cabeamento envolvidos, com exceção da antena.



EIRP

- EIRP (Equivalent Isotropic Irradiated Power), é a potência atualmente irradiada pelo elemento de antena.
- Este conceito é importante porque é regulado pelo FCC e porque é usado no calculo para avaliar a viabilidade de um link wireless. O ganho da antena também é levado em conta.



Cálculos de Potência

- Depois de conhecermos vários conceitos de RF e sua importância em uma WLAN, torna-se necessário avaliar através de cálculos a viabilidade de um link wireless sem infringir as regras do FCC no que se refere a limitações de potência. São quatro os aspectos importantes no cálculo de potência:
 - Potência do dispositivo de transmissão.
 - Perda e ganho entre o dispositivo de transmissão e a antena causada por conectores, cabos, amplificadores e atenuadores.
 - Potência no último conector, antes de sinal RF entrar na antena.
 - Potência no elemento de antena (EIRP).

Unidades de Medida - Watt (w)

- Unidade básica de potência. É definido como 1 ampere(A) de corrente em 1 volt (V), logo:
$$\text{potência} = \text{volt} \times \text{ampere} (P=VA).$$
- O FCC permite no máximo 4 watts de potência a ser radiado de uma antena em uma WLAN ponto multiponto sobre a frequência de 2.4Ghz.
- Pode não parecer muita potência, mas é o suficiente para enviar sinais RF claros por quilômetros.

Unidades de Medida - Miliwatt (mw)

- Em WLANs, níveis de potência são comumente expressos em miliwatts(mw), ou seja ($1/1000w$).
- Em um segmento WLAN típico indoor, um roteador simples tem os níveis de potência de 100mw, o que é suficiente para se comunicar na faixa de 500 metros ou mais em condições ótimas.

Unidades de Medida - Decibéis (DB)

- Usado para expressar sinais da ordem de 0.0000000001 watts. Normalmente um receptor que é muito sensível a sinais RF deve ser capaz de captar sinais desta ordem. O decibel é usado como uma forma mais inteligível de expressar esses sinais.
- Decibéis estão relacionados a watts por uma expressão logarítmica com base 10. Assim se nós temos 1000 e queremos encontrar o log, teríamos como resposta, 3, porque, $1000 = 10^3$. Observe que na realidade o logaritmo nada mais é que o expoente.
- ***Obs: Tanto DB como mw são os padrões utilizados pela indústria para medidas de potência.***

Unidades de medida para perda e ganho

- Perda e ganho de potência em um circuito são medidos em decibéis (DB) e não em watts (w).
- Isso se explica pelo fato de que perda e ganho são conceitos relativos, e decibel (DB) é uma medida relativa.
- Perder metade de potência em um sistema corresponde a perda de 3 decibéis.
- Se um sistema perde metade da sua potência (-3dB) e logo após perde a metade novamente, isso equivale a perda de $\frac{3}{4}$ da potência original. ($\frac{1}{2}$ da primeira mais a $\frac{1}{2}$ da segunda).

Unidades de medida para perda e ganho

- Como referência rápida, existem números relacionados a ganho e perda que deveríamos estar familiarizados:
 - $-3 \text{ dB} = \text{Metade da potência em mw}$
 - $+3 \text{ dB} = \text{Dobro da potência em mw}$
 - $-10 \text{ dB} = \text{Um décimo da potência em mw}$
 - $+10 \text{ dB} = \text{Dez vezes a potência em mw}$

Unidades de medida para perda e ganho

- Esses valores facilitam o cálculo da perda e ganho em um circuito RF sem o uso de uma calculadora. Em casos em que este método não é possível há fórmulas de conversão:

a) Convertendo mw para dBm:

$$P_{dbm} = 10 \log P_{mW}$$

b) Convertendo dBm para mw:

$$P_{mW} = \log^{-1} \left(\frac{P_{dbm}}{10} \right)$$

- Observe que \log^{-1} na verdade é o logaritmo inverso.

dBm

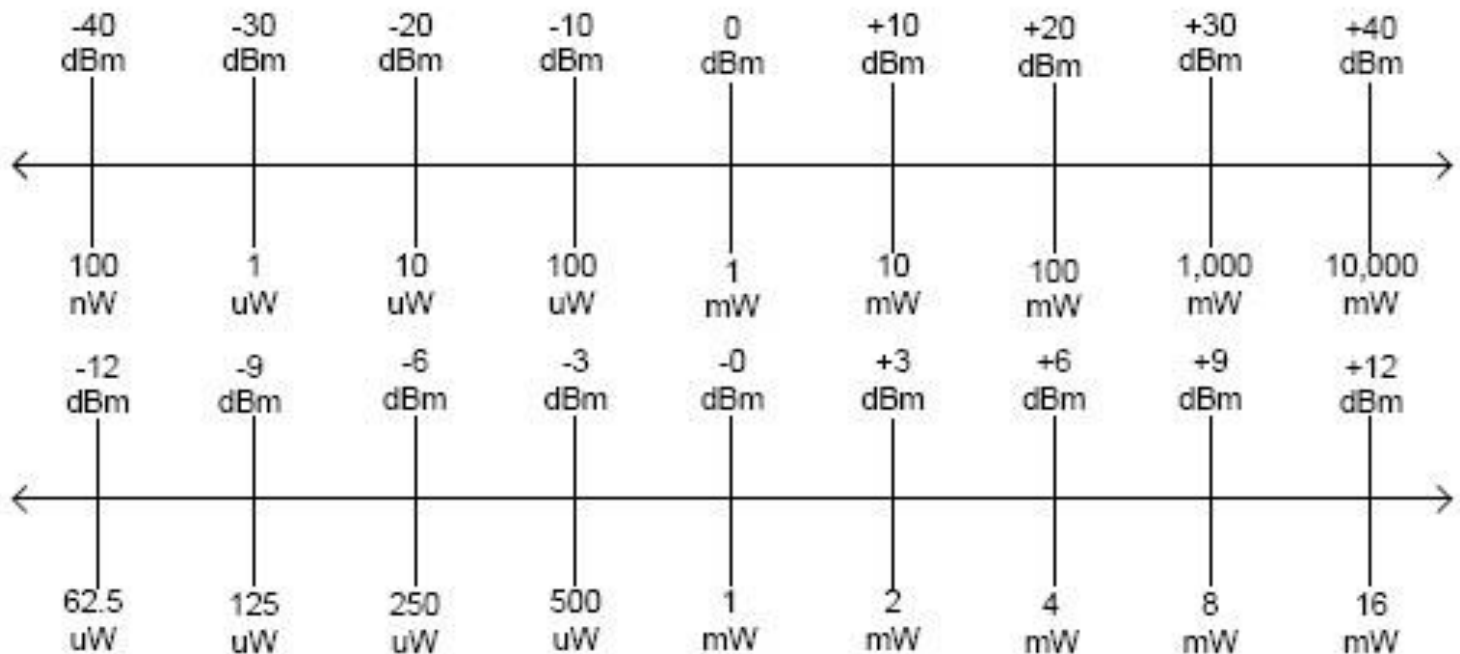
- O ponto de referência que relaciona a escala logarítmica DB com a escala linear watts é :

$$1\text{mw} = 0\text{ dBm}$$

o **m** em dBm, nada mais é que uma referência em relação a 1mw e logo uma medida em dBm é uma medida de potência absoluta.

dBm

- Observe no diagrama que o ponto de referência é sempre o mesmo, mas os níveis de potência podem se mover em qualquer direção do ponto de referência se eles representam perda ou ganho.
- Podemos inclusive usar o diagrama como uma tabela de conversão.



dBm

Exemplo 1: Converter +43 dBm em mw

Observe que se formos expressar 43 em 10 e 3 teríamos:

$$43 = 10 + 10 + 10 + 10 + 3.$$

Olhando para o diagrama, partindo do ponto de referência, seguindo para a direita, nós deveríamos multiplicar 4 vezes o fator de 10 mais uma vez o fator de 2.

$$1\text{mw} \times \mathbf{10} = 10\text{ mw}$$

$$10\text{ mw} \times \mathbf{10} = 100\text{ mw}$$

$$100\text{ mw} \times \mathbf{10} = 1000\text{ mw}$$

$$1000\text{ mw} \times \mathbf{10} = 10000\text{ mw}$$

$$10000\text{ mw} \times \mathbf{2} = 20000\text{ mw} = 20\text{ w}$$

Ou seja, + 43 dBm é igual a 20 watts.

dBm

Exemplo 2 : Converter -26 dBm em uW

Expressando -26 em 10 e 3:

$$-26 = -10 -10 -3 -3$$

Olhando para o diagrama, partindo do ponto de referência, seguindo para a esquerda, nós deveríamos dividir duas vezes o fator de 10 mais duas vezes o fator de 2.

$$1\text{mw} / \mathbf{10} = 100 \text{ uW}$$

$$100\text{uW} / \mathbf{10} = 10 \text{ uW}$$

$$10 \text{ uW} / \mathbf{2} = 5 \text{ uW}$$

$$5 \text{ uW} / \mathbf{2} = 2,5 \text{ uW}$$

Ou seja, -26 dBm é igual a 2,5 microwatts

dBi

- Ao quantificarmos o ganho de uma antena, comumente a expressamos em dBi, que é uma medida relativa.
- O “i” se refere apenas a uma antena isotrópica. Uma antena isotrópica é teoricamente um transmissor ideal que irradia sinal em todas as direções com a mesma intensidade, com 100 % de eficiência em três dimensões.
- dBi é usado em RF da mesma maneira que DB.

dB*i*

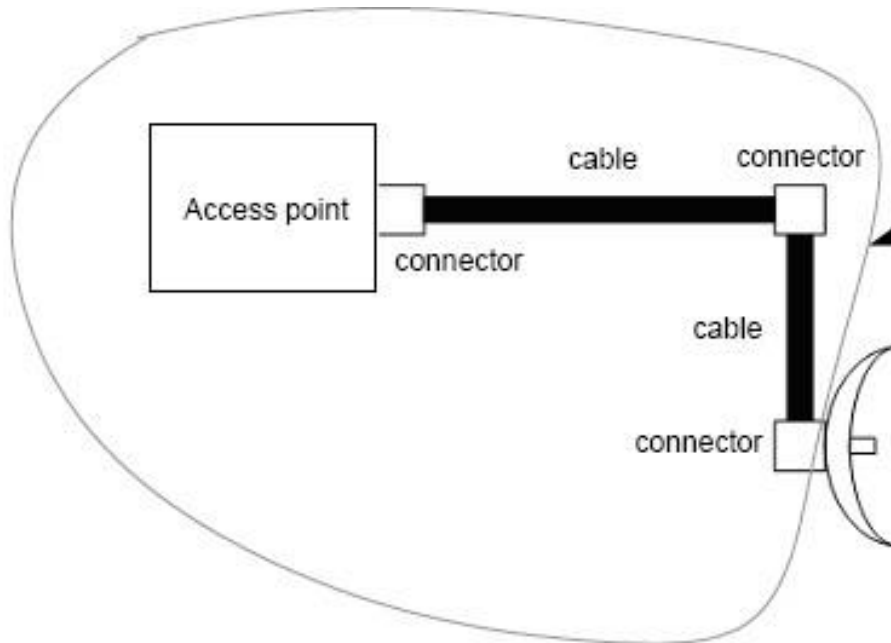
- Considere uma antena de 10 dBi com um 10 miliwatts de potência aplicada:

$$10\text{mw} + 10 \text{ dBi (acréscimo de 10 vezes)} = 100 \text{ mw}$$

- Antenas não degradam o sinal, salvo se estiverem danificadas. O valor em dBi   sempre positivo.
- Como dB, dBi   uma unidade de medida relativa e pode se adicionada ou subtraída de outras unidades decibel.
- Por exemplo, se um sinal RF sofre uma perda de 2dB antes de chegar a uma antena com ganho de 8 dBi, o sinal resultante tem um ganho de 6dB.

dB*i*

- Exemplo 3 : Dado o circuito RF abaixo, calcular o sinal resultante irradiado pela antena, levando-se em conta os dados mostrados na tabela abaixo:



Potência de saída do Access Point	100mw
Ganho da antena	12 dB <i>i</i>
Perdas	
Primeiro conector	- 3 dB
Segundo conector	- 3 dB
Terceiro conector	- 3 dB

dBm

- Para designar o nível de potência em vários pontos do circuito, faremos:

P1 – Potência de saída do Access point

P2 – Potência irradiada pela antena

P3 – Potência do sinal antes de chegar a antena.

- Primeiramente vamos transformar a potência de saída do Access point para facilitar o calculo :

$$P \text{ (dBm)} = 10 \log 100$$

$$\mathbf{P1 = 10 \times 2 = 20 \text{ dBm}}$$

dBi

- Agora calculamos o sinal resultante computando as perdas causadas pelos conectores e o ganho da antena.

$P2 = \text{Potência do AP} - \text{perdas dos conectores} + \text{ganho da antena}$

$$\mathbf{P2 = 20 - 3 - 3 - 3 + 12 = 23 \text{ dBm} = 200 \text{ mw}}$$

- Observe que o ganho real foi de 3 dB (o dobro) em relação ao sinal que sai do AP.
- Para calcularmos o sinal que chega a antena, fazemos:
 $P3 = \text{Potência do AP} - \text{perdas dos conectores}$
 $\mathbf{P3 = 11 \text{ dBm.}}$

Sites para cálculos:

- <http://www.novanetwork.com.br/suporte/calculos/fresnel.php>

Cálculo da altura das antenas

- www.eletrica.ufpr.br/mehl/te155/planilhas/antenas.xls

- Fonte da Aula:

<http://www.juliobattisti.com.br/tutoriais/paulocfarias/redeswireless005.asp>

<http://www.telecomhall.com/br/o-que-e-vswr.aspx>