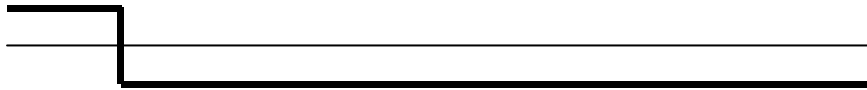


Tipos de Antenas e suas propriedades



TV	FM
Antenas Lineares: <ul style="list-style-type: none"> • Yagi-Uda • Log-Periódica • Painel Dipolos MO/OC/X • Painel H (Duplo Delta) • Superturnstile (Batwing) 	Antenas Lineares: <ul style="list-style-type: none"> • Yagi-Uda • Log-Periódica • Painel Dipolos MO/OC/X • Anel (ciclóide) • Seta
Antenas de Abertura: <ul style="list-style-type: none"> • Parabólica • Slot 	Antenas de Abertura: <ul style="list-style-type: none"> • Parabólica

Figura 20 - Tipos de antenas para TV e FM

Concentraremos a nossa análise nos modelos de antenas mais comuns utilizadas em sistemas de transmissão de radiodifusão (Televisão e Rádio FM), não trataremos neste texto de antenas de AM.

Embora o conceito de antena também possa ser aplicado a arranjos (ou agrupamentos) de antenas, neste momento focalizaremos a atenção nas propriedades de antenas tomadas individualmente, o tema "Arranjos de antenas" será extensamente discutido no Capítulo 3 mais adiante.

A conceituação dos diversos tipos de antenas é muito ampla e neste texto adotaremos uma divisão bastante simplificada (mas não menos abrangente) em duas grandes famílias ou tipos de antenas onde podem ser classificadas as antenas que desejamos estudar.

Antenas de condutores lineares, ou simplificadaamente antenas lineares tem a propriedade de apresentarem a dimensão transversal dos elementos condutores que radiam RF como uma fração (número $\ll 1$) do comprimento de onda da frequência de operação, por exemplo em FM na frequência de 100 Mhz, o comprimento de onda vale 3 metros (ou 3000 mm), a seção transversal de um anel de FM em linha rígida de 1 5/8" (= 41,3 mm) vale 0,01376 comprimentos de onda. Esta matemática, quando satisfeita, permite simplificar a análise da antena em termos eletromagnéticos e aproximar as correntes que circulam na antena como sendo apenas correntes de natureza linear e unidimensionais, facilitando sobremaneira a determinação das equações de campo e as propriedades de radiação da antena em análise.

Nesta categoria de antenas de condutores lineares recaem os tipos de antenas conhecidas como: yagi, log periódica, painel de dipolos (MO=meia onda, OC=onda completa, X=dipolos cruzados), painel H (ou duplo delta), superturnstile, anel de FM, seta de FM.

Antenas de abertura por sua vez estabelecem um mecanismo de radiação de energia de RF onde as correntes se distribuem em uma área ou abertura no espaço que determinam campos eletromagnéticos de natureza mais complexa e mais difíceis de serem analisados matematicamente quando comparados ao caso anterior. Para o caso de antenas de abertura o que se faz é determinar as propriedades dos campos Elétrico e Magnético na abertura de radiação da antena e à partir daí determinar as demais propriedades de radiação da antena em análise.

Nesta categoria de antenas de abertura recaem os tipos de antenas conhecidas como: parabólica e slot (ou antena de fendas).

- *Yagi-Uda*

Especificações :

Faixa: VHF + UHF

Polarização: linear ou circular

Ganho: [3 - 16] dBd

Impedância: 50 / 75 Ω

VSWR : 1: [1,2 - 1,5]

Conector: N / F

Potência : < 100 W

L x C : 0,5 λ x [0,5 - 6] λ

Pêso : [1 - 15] Kg

Área vento : [0,1 - 0,4] m²

Figura 21 - Yagi - Uda

A Fig. 21 mostra a foto deste tipo de antena, onde se identificam o dipolo dobrado (elemento que está conectado na linha de transmissão) e os demais elementos parasitas, chamados de refletor (atrás do dipolo) e diretor (a frente do dipolo).

A antena Yagi pode ser implementada nas faixas de VHF e UHF, opera segundo a orientação mecânica dos seus elementos em polarização linear horizontal ou linear vertical, mediante a incorporação de uma segunda antena mecanicamente a 90 graus e alimentada em quadratura de fase (defasada em 90 graus elétricos) com a primeira, a antena Yagi pode ser implementada para operação em polarização circular.

Os ganhos obtidos com este tipo de antena variam entre 3 e 16 dBd, quanto maior a quantidade de elementos maior o ganho e vice-versa, note ainda que quanto maior o ganho mecanicamente maior e mais pesado será a antena bem como maior a área de exposição ao vento.

As antenas Yagi são eminentemente antenas de faixa estreita (operação monocanal) e dedicadas a aplicação no modo de recepção

Yagi UHF

Especificações :

22x elementos @ 16 dBd

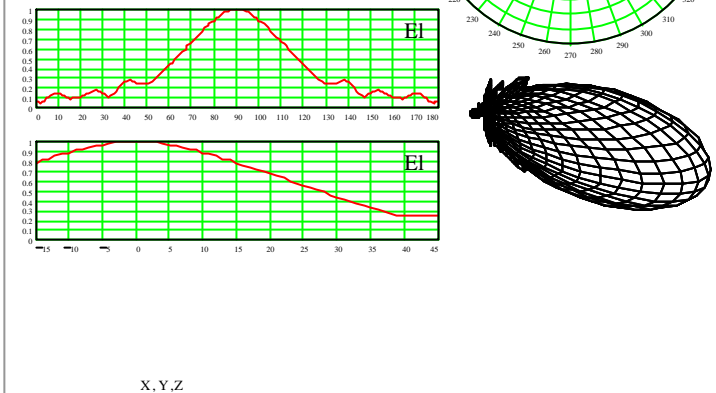
HPBWH \cong 32 grausHPBWV \cong 36 grausF/C \cong -24 dB

Figura 22 – Yagi UHF

em 75 ohms e no modo de transmissão em 50 ohms com potências, via de regra, não superiores a 100 W unitariamente.

As figuras 22 e 23 mostram as especificações de dois projetos de Yagi, na Fig. 22 uma antena com 22 elementos para UHF e na Fig. 23 uma antena com 4 elementos para VHF.

Nestas figuras o diagrama polar representa o corte de azimute do diagrama 3D e os diagramas retangulares (abaixo e à esquerda) representam o corte de elevação do diagrama 3D, sendo o diagrama 3D da antena apresentado no canto inferior direito.

Com relação aos diagramas retangulares (vide Fig.4), o primeiro mostra o setor angular [0,180] onde 0 graus representa o ângulo theta tomado sobre o eixo z (ou apontando para o céu), 90 graus representa o ângulo theta tomado sobre o eixo x (apontando para a linha do horizonte) e 180 graus representa o ângulo theta tomado sobre o

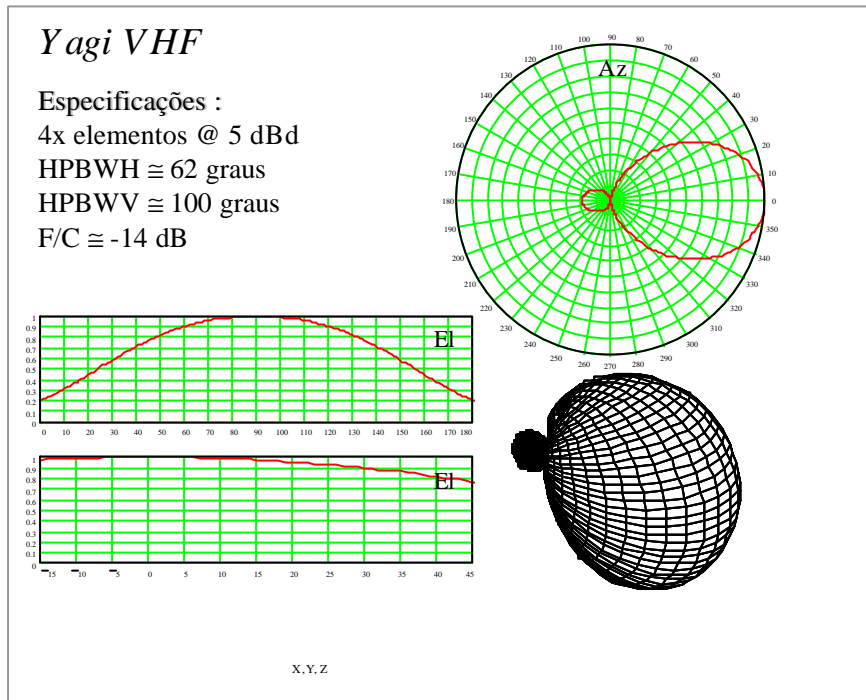


Figura 23 – Yagi VHF

eixo – z (ou apontando para o solo). O segundo diagrama retangular é um “zoom” ou corte ampliado do primeiro diagrama retangular ao redor da linha do horizonte, note que neste caso a nomenclatura dos ângulos foi modificada onde 0 graus representa a linha do horizonte, -15 graus representa o ângulo 15 graus acima da linha do horizonte e +45 graus representa o ângulo 45 graus abaixo da linha do horizonte.

Ainda nestes figuras, o termo HPBWH identifica o setor angular de meia potência de Azimute (ou do diagrama horizontal), HPBWV identifica o setor angular de meia potência de Elevação (ou do diagrama vertical) e F/C a relação frente costa em dB.

Note como estes parâmetros variam em cada Yagi e como existe uma correspondência entre estes parâmetros e o “desenho” dos diagramas polar, retangular e 3D apresentados.

• Log - Periódica

Especificações :

Faixa: VHF + UHF
 Polarização: linear ou circular
 Ganho: [6 - 10] dBd
 Impedância: 50 / 75 Ω
 VSWR : 1: [1,2 - 1,5]
 Conector: N / F
 Potência : < 100 W
 L x C : 0,5 λ x 1,5 λ
 Pêso : [5 - 15] Kg
 Área vento : [0,3 - 0,6] m²



Figura 24 – Log - Periódica

A Fig. 24 mostra a foto deste tipo de antena, onde se identificam o membro estrutural horizontal da antena compreendido por duas partes em paralelo (perfil quadrado neste caso) e elementos tipo “dipolos” ligados à cada membro estrutural formando pares intercalados, sendo a conexão à linha de transmissão feita na parte posterior da antena.

O termo Log-Periódica tem origem na propriedade deste tipo de antena exibir características de radiação que são repetitivas (ou periódicas) em função do logaritmo da frequência de operação dentro de uma faixa de funcionamento.

Trata-se portanto de uma antena tipo faixa-larga e, ao contrário de Yagi, indicada para operação multicanal quer seja no modo de recepção em 75 ohms ou no modo de transmissão em 50 ohms com potências, via de regra, não superiores a 100 W unitariamente.

A antena Log-Periódica pode ser implementada nas faixas de

VHF e UHF, opera segundo a orientação mecânica dos seus elementos em polarização linear horizontal ou linear vertical, mediante a incorporação de uma segunda antena mecanicamente a 90 graus e alimentada em quadratura de fase (defasada em 90 graus elétricos) com a primeira, a antena Log-Periódica pode ser implementada para operação em polarização circular.

Os ganhos obtidos com este tipo de antena variam entre 6 e 10 dBd, quanto maior a quantidade de elementos maior o ganho e vice-versa, note ainda que quanto maior o ganho mecanicamente maior e mais pesado será a antena bem como maior a área de exposição ao vento. As curvas de projeto para este tipo de antena tendem à assíntotas para ganhos maiores do que 10 dBd, tornando-as extremamente ineficientes em termos de custo-benefício (quantidade de elementos / ganho).

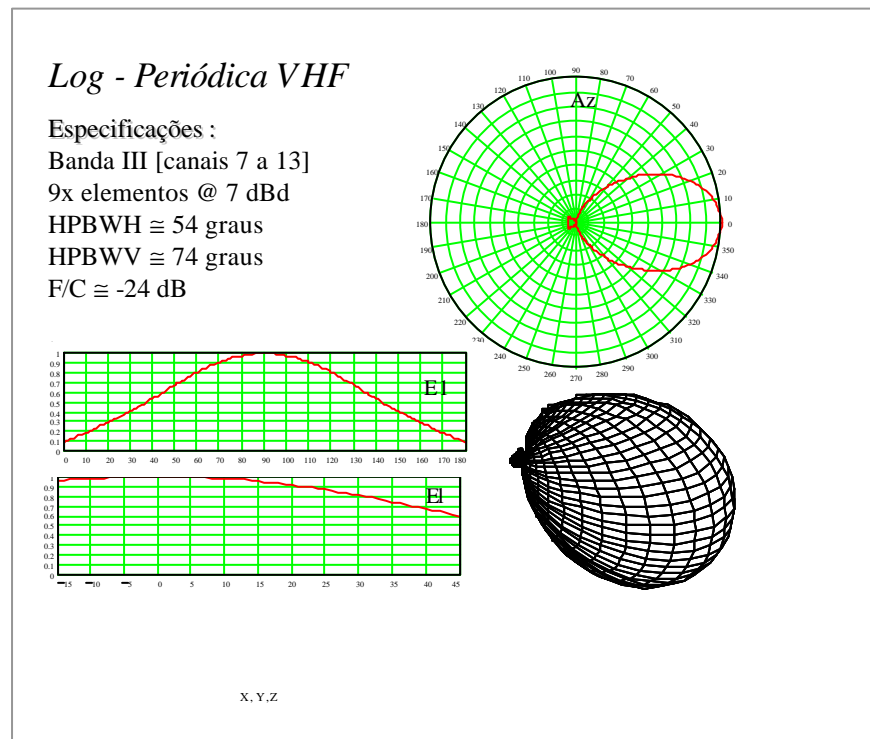


Figura 25 – Log-Periódica - VHF

Antenas tipo Log-Periódica fazem parte de uma família extensa de antenas conhecidas como “independentes com a frequência” e apresentam a virtude de serem soluções faixa-larga, evidentemente mais onerosas do que soluções monocanal (Yagi por exemplo) porem mais eficientes para utilização em sites de recepção onde os azimutes de orientação estejam compreendidos dentro do HPBWH ou em sites de transmissão onde não se tenha um conhecimento , `a priori, do canal de operação mas exista conhecimento da banda de operação do sistema.

A Fig. 26 mostra as propriedades de uma antena projetada para operação em banda III de VHF, com os respectivos diagramas de radiação e figuras de mérito.

• *Painel Dipolos DMO / DOC*

Especificações :

- Faixa: VHF + UHF
- Polarização: linear
- Ganho: [5 - 16] dBd
- Impedância: 50 Ω
- VSWR : 1: 1,1
- Conector: N / EIA
- Potência : < 2 kW
- L x C : 1 λ x [1 - 6] λ
- Pêso : [10 - 200] Kg
- Área vento : [0,9 - 7] m²



Figura 26 – Painel Dipolos DMO / DOC

Antenas tipo Painel Dipolos caracterizam-se sempre pela disposição mecânica de um ou mais dipolos (DMO=dipolo de meia onda, DOC=dipolo de onda completa, X=dipolos cruzados) a frente de um

painel refletor, quer seja este painel do tipo sólido (usual em UHF e microondas) ou tipo grade (usual em VHF).

A Fig. 26 mostra três fotos, no extremo inferior designado como MO, a foto de um painel de dipolo de meia onda para VHF, acima do lado direito designado como OC, a foto de um painel de dipolo de onda completa para UHF na configuração de 8 dipolos empilhados verticalmente e finalmente à esquerda a foto de um arranjo de painéis de UHF do tipo faixa larga ao redor de uma torre, onde o dipolo, refletor e demais componentes do painel são revestidos por uma capa de proteção (ou radome).

Esta categoria de painéis é amplamente utilizada em sistemas de radiodifusão de TV pois atende as faixas de VHF e UHF em várias especificações possíveis de ganho e níveis de potência unitários

• *Painel Dipolos Cruzados*

Especificações :

Faixa: VHF (TV)
 Polarização: circular
 Ganho / polarização: 3,5 dBd
 AR: 3 dB máx
 Impedância: 50 Ω
 VSWR : 1: 1,1
 Conector: EIA
 Potência : < 10 kW
 L x C : 0,7 λ x 0,7 λ
 Pêso : [100 - 500] Kg

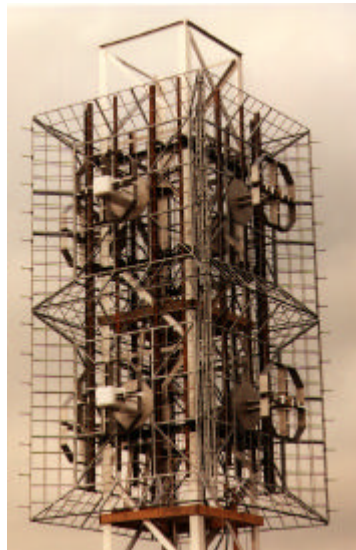


Figura 27 – Painel Dipolos Cruzados TV

compatíveis com sistemas de baixa, média e alta potência, tornando-os antenas propícias para utilização em arranjos de antenas para a composição de diagramas de radiação mais elaborados

Para a faixa de VHF, em função da frequência de operação e presença de um dipolo acoplado e afastado de um painel refletor, as antenas tipo painel dipolos apresentam dimensões, peso e área de vento que as tornam pouco compactas e de difícil instalação, bem como

• *Painel Dipolos Cruzados*

Especificações :

Faixa: VHF FM (88-108)
 Polarização: circular
 Ganho / polarização: 3,5 dBd
 AR: 3 dB máx
 Impedância: 50 Ω
 VSWR : 1: 1,2
 Conector: EIA (2x)
 Potência : < 10 kW
 L x C : 0,7 λ x 0,7 λ
 Pêso : [40 - 80] Kg

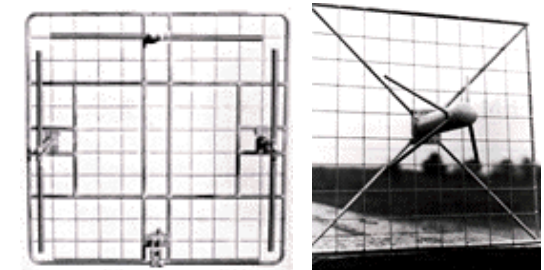


Figura 28 – Painel Dipolos Cruzados FM

impõem restrições ao uso em qualquer tipo de estrutura portante ou torre. Já em UHF as menores dimensões e características mecânicas mais aliviadas as tornam de mais fácil instalação.

Quando o sistema de transmissão exige antenas que operem em polarização circular, o dipolo linear como utilizado nas geometrias da Fig. 26, é substituído por um conjunto de dois dipolos cruzados como mostrado na Fig. 27 para o caso de uma antena na faixa de TV em VHF ou como mostrado na Fig. 28 para o caso de antenas na faixa de FM. Nestes mesmos figuras as demais características elétricas e mecânicas estão relacionadas.

Nas figuras 29,30 e 31 estão apresentadas as especificações de painéis de dois dipolos empilhados verticalmente à frente de um único painel refletor.

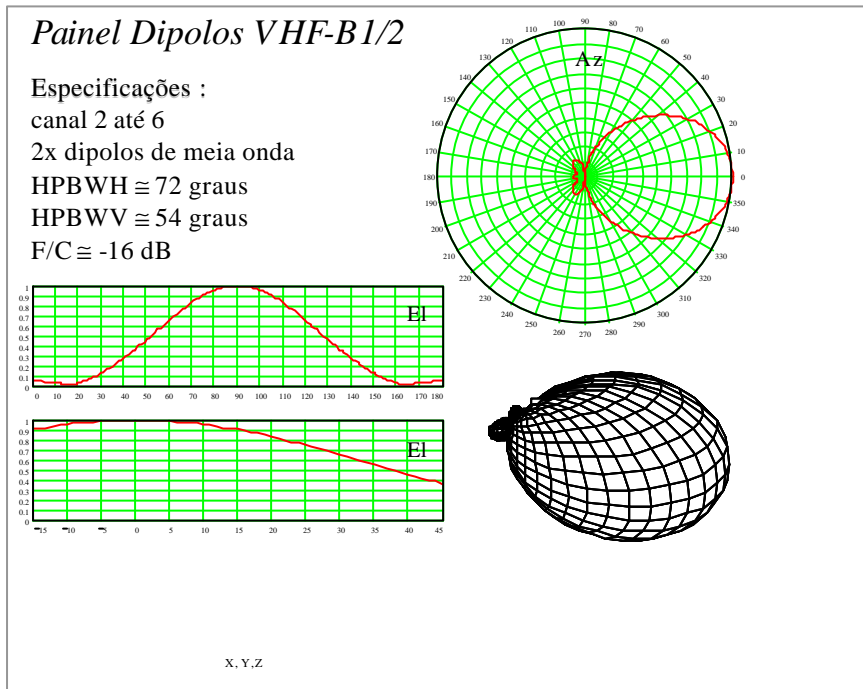


Figura 29 – Painel Dipolos VHF B 1/2

Em canais baixos de VHF (2 até 6), dado o elevado comprimento de onda de operação, implementam-se usualmente painéis com dipolos de meia onda como mostrado na Fig. 29, já em canais altos de VHF (7 até 13), implementam-se tanto painéis com dipolos de onda completa como com dipolos de meia onda como mostrado nas figuras 32 e 33.

Na Fig. 32 está apresentado a especificação de um painel de doze dipolos empilhados verticalmente à frente de um único painel refletor, bastante comum em UHF, note o estreitamento do diagrama vertical com a conseqüente redução do HPBWV comparativamente aos casos anteriores.

O maior empecilho construtivo das antenas tipo painel de dipolos é a necessidade de se utilizar dispositivos de equilíbrio de impedância ou “balun” para a interligação do dipolo com a linha de transmissão, além do que o requisito de faixa necessário para utilização em TV impõem a necessidade de se trabalhar com dipolos cilíndricos de

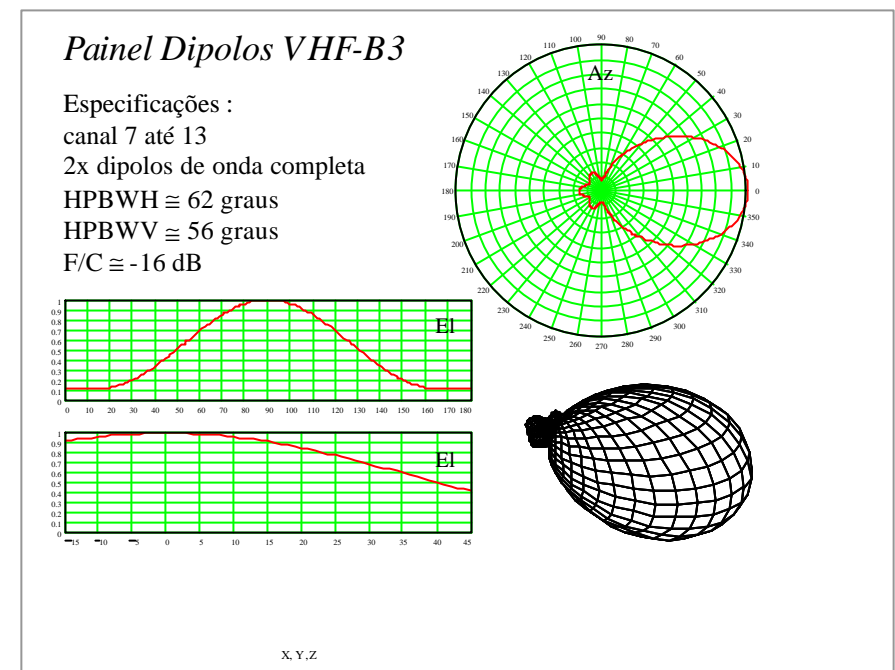


Figura 30 – Painel Dipolos VHF B3

dimensões significativas.

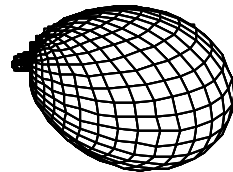
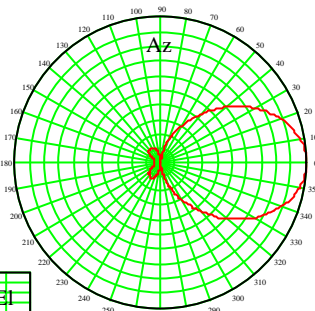
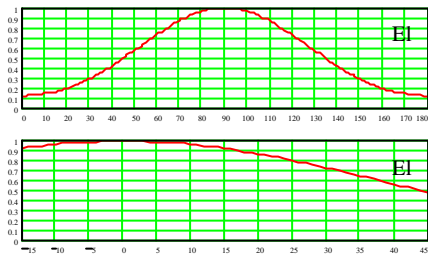
Ao contrário, o painel H (ou como chamado de painel duplo delta ou ainda painel rômbo) emprega uma filosofia de alimentação da antena que é desbalanceada portanto compatível com a linha de transmissão, bem como uma geometria do elemento “ativo” nada convencional se comparado ao dipolo, eliminando assim as principais desvantagens do painel de dipolos e agregando propriedades elétricas desejadas à esta categoria de antenas.

O painel H representa uma solução muito eficiente para emprego em sistemas de transmissão de TV em VHF tornando-os, a exemplo dos painéis de dipolos, antenas propícias para utilização em arranjos de antenas para a composição de diagramas de radiação mais elaborados. Quando comparados aos painéis de dipolos apresentam ainda menor peso e menor área de vento.

A Fig. 33 mostra a foto de um painel H onde pode-se identificar

Painel Dipolos VHF-B3

Especificações :
 canal 7 até 13
 2x dipolos de meia onda
 HPBWH \cong 64 graus
 HPBWV \cong 62 graus
 F/C \cong -16 dB



X, Y, Z

Figura 31 – Painel Dipolos VHF – B3

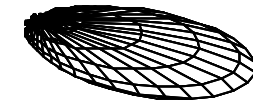
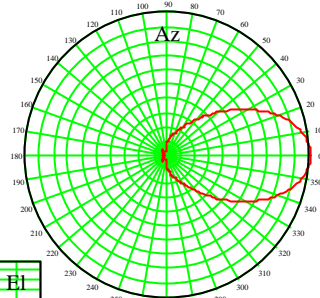
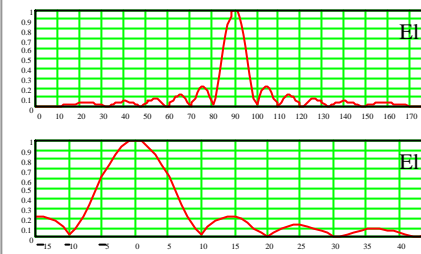
o painel refletor tipo grade e montado na sua frente o elemento tipo “dipolo” de geometria semelhante às asas de uma borboleta, onde está conectado a linha de transmissão.

A Fig. 34 apresenta a especificação de um painel H projetado para atender a faixa de TV em VHF correspondente aos canais 4 até 6, onde se verifica as aberturas de meia potência horizontal e vertical e a relação frente costa que se obtém com esta geometria. Cabe a ressalva de que o valor de HPBWV superior ao painel com dois dipolos de meia onda (vide Fig. 29) torna o ganho individual do painel H ligeiramente inferior.

A Fig. 35 mostra a foto da antena Superturnstile, também conhecida como “Batwing”. Observa-se a geometria semelhante às asas de borboleta e perfeita simetria mecânica dos elementos tipo “dipolo” ao redor do tubulão de sustentação, bem como a presença de quatro linhas de transmissão (a foto destaca apenas duas) desbalanceadas para a alimentação da antena. Trata-se de uma antena otimizada para a

Painel Dipolos UHF

Especificações :
 canal 14 até 59 (monocanal)
 12x dipolos de onda completa
 HPBWH \cong 60 graus
 HPBWV \cong 9 graus
 F/C \cong -24 dB



X, Y, Z

Figura 32 – Painel Dipolos UHF

• Painel H

Especificações :

Faixa: VHF
 Polarização: linear
 Ganho: 6,5 dBd
 Impedância: 50 Ω
 VSWR : 1: 1,1
 Conector: EIA
 Potência : < 10 kW
 L x C : 0,7 λ x 1 λ
 Pêso : [20 - 190] Kg
 Área vento : [0,9 - 7] m²



Figura 33 – Painel H

conformação de diagramas de azimute omnidirecionais para TV na faixa de VHF.

A antena Superturnstile é auto portante e condicionada à instalação em topo de torres, representando uma melhor solução em termos de peso, carga aerodinâmica e circularidade do diagrama de azimute para a implementação de diagramas omnidirecionais se comparadas a arranjos utilizando antenas tipo painel.

A Fig. 36 apresenta a especificação de uma Superturnstile projetada para atender a faixa de TV em VHF correspondente aos canais 4 até 6, onde se verifica a excelente circularidade do diagrama de azimute (apenas 1,4 dB) e a abertura de meia potência vertical equivalente àquelas obtidas com antenas tipo painel, o que resulta em um ganho de potência da ordem de 0,5 dBd (ou aprox. 1,1x) pôr nível de empilhamento vertical.

• *Superturnstile*

Especificações :

- Faixa: VHF
- Polarização: linear
- Ganho: 0,5 dBd
- Impedância: 50 Ω
- VSWR : 1: 1,1
- Conector: EIA
- Potência : < 10 kW
- L x C : 0,5 λ x 0,7 λ
- Pêso : [100 - 250] Kg
- Área vento : [1,5 - 3,5] m²

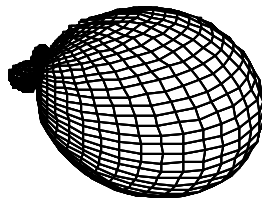
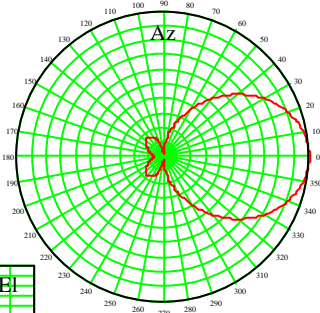
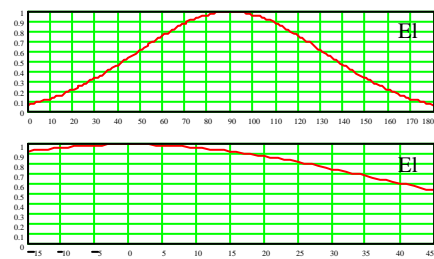


Figura 35 – Superturnstile

Painel H VHF-B2

Especificações :

- canal 4 até 6
- HPBWH ≅ 74 graus
- HPBWV ≅ 70 graus
- F/C ≅ -16 dB



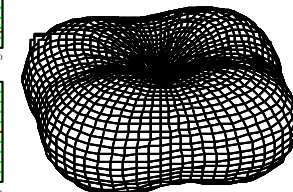
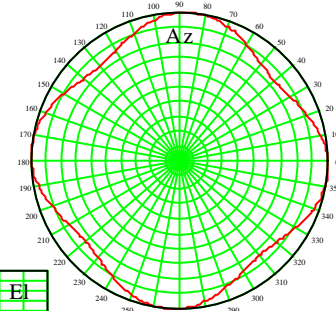
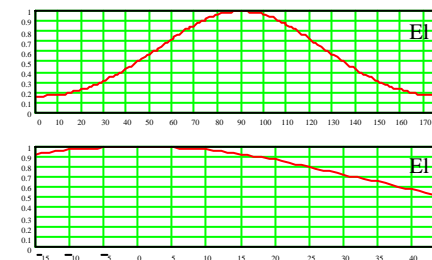
X, Y, Z

Figura 34 – Painel H – VHF B2

Superturnstile VHF-B2

Especificações :

- canal 4 até 6
- Circularidade ≅ 1,4 dB
- HPBWV ≅ 62 graus



X, Y, Z

Figura 36 – Superturnstile VHF B2

Para o estabelecimento de enlaces ponto a ponto em aplicações de repetição de sinais ou até mesmo retransmissão, a exigência de antenas com elevado ganho nas faixas de UHF e Microondas tornam as antenas parabólicas a solução mais indicada.

Em aplicações de Radiodifusão, as parabólicas mais utilizadas recaem na categoria de antenas tipo “focal point” onde o alimentador ou “feeder” está situado geometricamente no ponto focal da parábola configurada pelo refletor.

A foto da Fig. 37 ilustra uma antena parabólica deste tipo para utilização em Microondas, onde o refletor é do tipo sólido. Em UHF, dado o maior comprimento de onda e dimensão do refletor parabólico, utilizam-se telas ou grades como superfície refletora.

• *Parabólica*

Especificações :

Faixa: UHF / MO
 Polarização: linear
 Ganho: [21 - 34] dBd
 Impedância: 50 Ω
 VSWR : 1: [1,1 - 1,3]
 Conector: N / EIA
 Potência : < 100 W
 Diam. : [3 - 70] λ
 Pêso : [10 - 130] Kg
 Área vento : [1 - 12] m²



Figura 37 – Parabólica

Antenas Slot representam soluções versáteis e econômicas para transmissão de sinais de TV nas faixas de VHF (canais 7 até 13) e UHF dentro de uma gama de níveis de potência, ganhos e diagramas possíveis sem similares dentre os demais tipos de antenas estudados, o que as tornam quase que uma categoria de antenas que se enquadram como solução universal para a maior parte das situações.

• *Slot*

Especificações :

Faixa: VHF / UHF
 Polarização: linear
 Ganho: [4 - 21] dBd
 Impedância: 50 Ω
 VSWR : 1: 1,1
 Conector: N / EIA
 Potência : < 10 kW
 L x C : [0,2-0,5] λ x [2-4] λ
 Pêso : [20 - 120] Kg
 Área vento : [0,4 - 1,5] m²

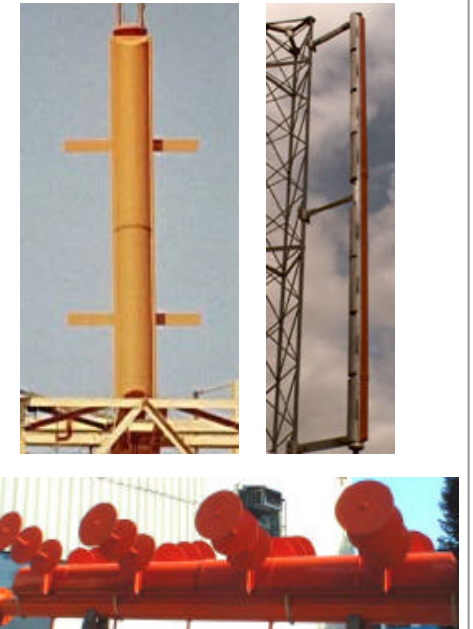


Figura 38 - Slot

Antenas Slot são constituídas basicamente por uma cavidade de RF com geometria e dimensões adequadas à ressonância e conformação de diagramas de radiação especificados, a alimentação da cavidade é, via de regra, desbalanceada e o acoplamento de energia entre a linha de transmissão e as fendas (aberturas da cavidade) se dá por elementos de acoplamento. Externamente à cavidade são ainda incorporados elementos parasitas para conformação dos diagramas de radiação especificados.

A Fig. 39 apresenta especificações de uma Slot VHF implementada com cavidade retangular e com diagrama de azimute tipo cardióide, o fato de operar na banda alta de VHF determina o fornecimento desta antena em módulos de duas fendas empilhadas verticalmente. A Fig. 40 por sua vez apresenta especificações de uma Slot UHF implementada com cavidade cilíndrica e com diagrama de azimute também tipo cardióide, o fato de operar em um menor comprimento de onda determina o fornecimento desta antena em módulos de quatro fendas empilhadas verticalmente.

As variações de geometrias e das técnicas de alimentação utilizadas na construção de antenas slot conferem a estas antenas desempenhos bem distintos quanto à largura de faixa de operação em termos de ganho e de diagrama de radiação (mais sobre este assunto no Capítulo 9).

Em aplicações de FM o requisito de largura de faixa (vide Fig. 16) não impõem grandes dificuldades para o desenho de antenas, o que se persegue são antenas e situações de instalação onde esteja garantido o diagrama de radiação e a pureza da polarização elíptica (manutenção da relação axial ao longo dos azimutes de cobertura).

Da Fig. 28 anterior tem-se a opção de utilizar painéis de FM que apresentam diagramas direcionais e que podem configurar diagramas omnidirecionais quando montados em arranjos, em FM o mais usual entretanto é o emprego de elementos radiantes com diagrama nativo omnidirecional, onde as antenas conhecidas como tipo anel ou tipo seta cumprem estes requisitos operando em polarização elíptica.

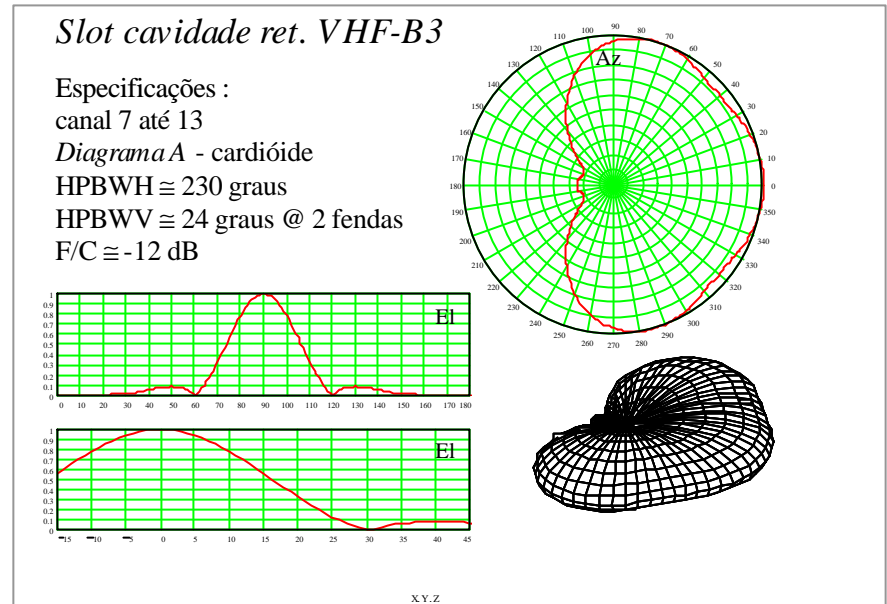


Figura 39 – Slot VHF B3

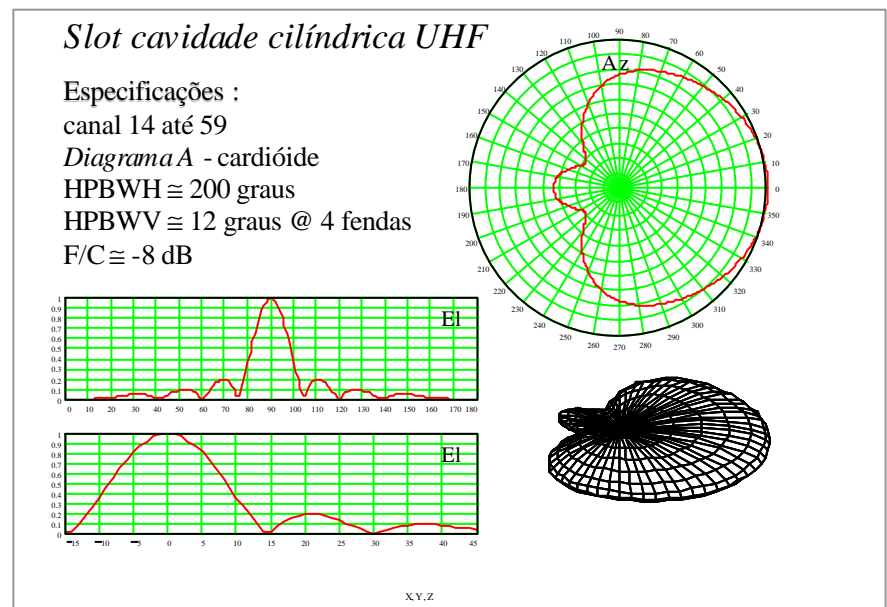


Figura 40 – Slot UHF

A Fig. 41 apresenta no extremo superior a foto de um elemento de FM conhecido como seta, trata-se de dois dipolos em V opostos e alimentados de forma desbalanceada, com uma inclinação tal que determina a pureza da polarização elíptica. Ao centro tem-se a foto de um elemento de FM conhecido como anel ou ciclóide, trata-se de três dipolos em configuração tipo "loop" alimentados de forma desbalanceada. No extremo inferior da Fig. 41 a foto de uma variante do elemento seta para aplicações em alta potência.

- *FM seta / anel*

Especificações :

Faixa: FM
 Polarização: elíptica
 Ganho / polarização: -3,5 dBd
 AR : 3 dB máx
 Impedância: 50 Ω
 VSWR : 1: 1,1
 Conector: N / EIA
 Potência : < 4 kW @ EIA 7/8"
 Pêso : [10 - 50] Kg
 Área vento : [0,4 - 1] m²

Figura 41 – FM Seta / Anel

Nas figuras 42 e 43 apresentam-se as especificações de diagrama respectivamente para os elementos de FM tipo seta e anel, onde a escala normalizada representa o módulo da intensidade de campo em polarização elíptica (isto é, a soma vetorial dos campos radiados em polarização horizontal e em polarização vertical). O parâmetro AR (relação axial, vide Fig. 18) indica o desequilíbrio entre as amplitudes dos campos em polarização horizontal e em polarização vertical especificados para estas antenas.

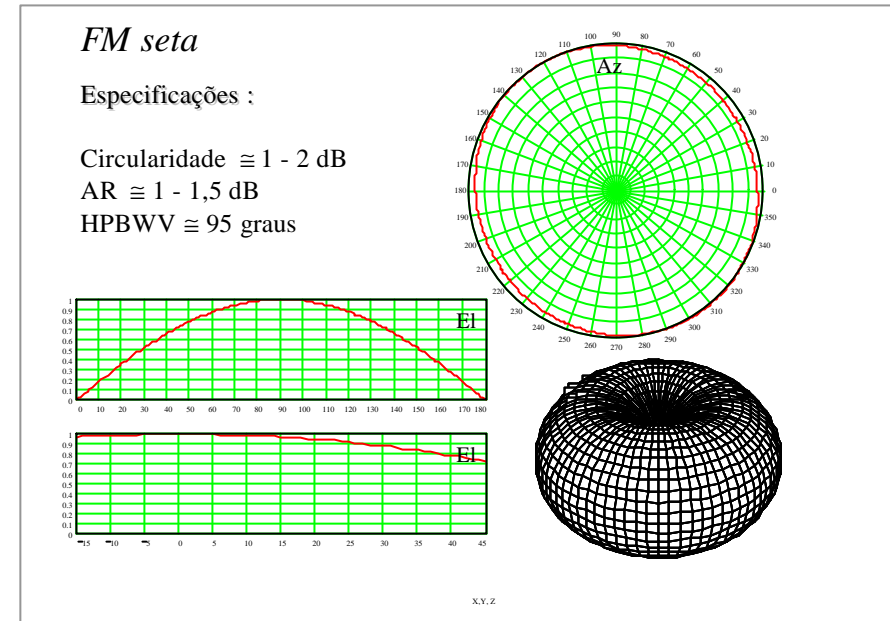


Figura 42 – FM Seta

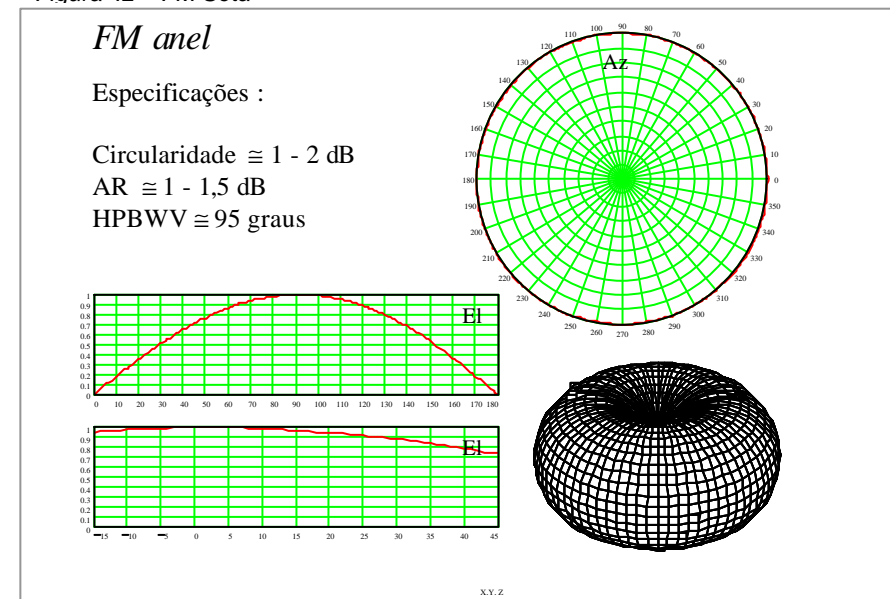


Figura 43 – FM Anel

As antenas apresentadas nas figuras anteriores representam os modelos com maior aplicabilidade em sistemas de radiodifusão de TV e FM, evidentemente outros modelos de antenas e variações das geometrias apresentadas existem e são utilizadas mas, via de regra, a grande maioria das instalações e sistemas radiantes em operação irá recair em algum dos modelos anteriores.

Cada antena apresenta especificações elétricas e mecânicas particulares, a adequação e escolha de um tipo de antena em detrimento de outra deve levar em consideração estas características sempre à luz do cumprimento das especificações do projeto de viabilidade técnica e do melhor custo-benefício possível para o sistema de transmissão. Recorrer ao fabricante é sempre uma boa estratégia para otimizar a especificação do sistema radiante da sua estação.