

## TORRES E MASTROS PARA SUPORTE DE ANTENAS

As antenas, sempre que possível, devem ser instaladas longe do solo e de objetos metálicos, de maneira que mantenham suas características (impedância, lóbulos de irradiação, etc). Para tal, faz-se o uso de mastros ou torres, dependendo do tipo de antena e dos materiais e terrenos disponíveis.

Além das antenas ficarem eficientes, no sentido de irradiação ou recepção, o conjunto de antenas, mastros ou torres tem que ser seguro, quanto a descargas elétricas, quedas devido ao vento e para as pessoas que as instalam.

Ao se ter em mente a instalação de antenas, é necessário estudar e planejar tudo, pois existem muitas variáveis, como tipo de antenas, alturas, obstáculos, tamanho do terreno, construção da malha de aterramento, giro da antena (no caso de YAGI ou quadra cúbica), pára-raios, acesso para instalação e manutenção, etc.

É mais fácil e econômico fazer em estudo completo do assunto, discutir os vários aspectos com os colegas e tomar opinião de pessoas mais entendidas e com experiência, do que fazer uma instalação de qualquer maneira e não conseguir o sucesso esperado ou conseguir uma catástrofe.

As antenas mais comumente utilizadas são a dipolo, "V" invertida, verticais, "long-wire" e "loops", que são as fixas e como direcionais tem-se as YAGI, quadra cúbica e refletor de canto. Elas podem ser para as faixas de HF, VHF e UHF e conseqüentemente os seus tamanhos vão variar e com isto também os tipos de máis instalações. Instalar uma YAGI de dois elementos para a faixa de 40 m é mais complicado do que a instalação de uma YAGI de 10 elementos para a faixa de 2 m.

Tentar inicialmente escolher os tipos de antena que pretende utilizar. A partir daí verificar se elas vão ficar longe de objetos metálicos, como fios elétricos, calhas de água pluvial, armadura de aço de concreto (lajes, vigas e pilares) e se os cabos de alimentação (em geral são os coaxiais) vão ficar curtos e se seus percursos são viáveis. Deve-se tomar cuidado, no caso de instalação de antenas direcionais, de se levar em consideração o seu raio de giro, de maneira que elas não interceptem outros objetos.

Para suportar as antenas, podem ser usados mastros ou torres. Os mastros são construídos de tubo de ferro e as torres de cantoneiras e ferro redondo.

Os mastros e as torres, podem ser auto-portantes ou estaiados. Os auto-portantes são aqueles que formam uma única estrutura que resiste a todos esforços, sem necessidade de atirantamentos laterais. Já os estaiados, são aqueles mais esbeltos, e que a certos intervalos de altura, possuem um conjunto de tirantes que resistem aos esforços laterais.

Junto a fundação dos mastros e torres, deve haver terreno disponível para se construir a malha de aterramento, e se possível também junto as ancoras dos estais ou tirantes.

Os mastros e torres, podem ser construídos e levantados, em seção única ou em várias seções, dependendo do tamanho de cada uma, peso e facilidades disponíveis.

Nas torres e mastros estaiados, a seção transversal dos mesmos, não varia, ou seja, é constante em todo seus comprimentos, pois suas finalidades são suportar somente as forças que agem verticalmente nas antenas, já que as forças horizontais são suportadas estais.

Quando se usa torres ou mastros auto-portantes, as suas seções transversais vão diminuindo, da base para o topo, pois os momentos fletores devido as forças atuantes no conjunto mastro ou torre mais

antenas, também seguem esta variação.

Um ponto a ser bem observado é se caso a torre ou mastro tombar, devido a força do vento ou quando da sua instalação, não atingir linhas elétricas de alta ou baixa tensão e com isto causar danos materiais e/ou humanos. Se não existir outra solução e a torre ou mastro tiver que ser instalado em um local, que se tiver a possibilidade de tombar sobre linhas elétricas ou casas, o seu projeto seja bem elaborado, de maneira que probabilidade do tombamento seja mínima.

Ao levantar mastros, torres ou antenas, que estejam próximos a linhas de energia elétrica, aterrar o que estiver sendo manuseado, através de uma cordoalha de cobre flexível, de maneira a evitar choques elétricos devido a indução. O mesmo vale também se o tempo estiver chuvoso, pois podem ocorrer descargas elétricas nas proximidades e conseqüentemente induções nas torres, mastros e antenas que estiverem sendo montadas. O melhor mesmo, no caso de chuvas é não fazer qualquer instalação.

É muito comum para o caso de mastro, utilizar-se tubos rosqueados para as emendas. A confecção das roscas diminui a resistência mecânica do tubo e isto deve ser levado em consideração no projeto. O mais recomendável é nas emendas, usar-se o tipo de encaixe e aperto.

Nos mastros e torres é sempre recomendável que sejam instalados degraus ou outros dispositivos que permitam uma pessoa subir e descer sem muita dificuldade e com segurança.

Se a torre ou mastro for muito alto, pode e deve ser instalado um dispositivo chamado "trava-quedas", que permite prender o cinto de segurança do montador, de maneira a evitar acidentes graves.

Se a torre ou mastro tiver pára-raios, este dever ser ligado a malha de aterramento, logo após a montagem. As seções da torre ou mastros devem ser ligados eletricamente entre si e a sua base deve também ser ligada a malha de aterramento.

Na instalação de mastros e torres em áreas próximas a aeroportos, é necessário sinalizá-las com luzes e pintura, conforme a norma. O circuito elétrico que alimenta estas luzes deve ser protegido com disjuntor e centelhadores.

Nos mastros metálicos e torres, é recomendável que se faça uma pintura de proteção anti-corrosiva a base de zarcão ou de cromato de zinco e sobre esta uma tinta tipo esmalte sintético. Estas pinturas devem ser antes da montagem, de maneira a facilitar o serviço e melhorar a qualidade. Após a montagem, eventuais retoques na pintura serão necessários.

As estruturas que forem galvanizadas, se necessitarem de pintura, antes desta, deve ser aplicada uma tinta chamada "galvo-primer", para facilitar a aderência da tinta que for usada posteriormente.

No caso de se usar tubos, em antenas tipo YAGI, ou para os mastros e torres, todas as pontas destes devem ser fechadas, o mesmo acontecendo com outros orifícios diversos. Isto é para evitar a entrada de água, que causa a corrosão do material e o seu aumento de peso, e também para evitar que marimbondos façam sua casa nestes orifícios. É bem desagradável subir numa torre ou mastro e encontrar estes marimbondos alvoroçados.

Os estais ou tirantes utilizados nos mastros ou torres, devem ser de preferência de aço galvanizado e terem em suas extremidades de fixação, as sapatilhas.

Quando os estais interferirem eletricamente com o campo das antenas, estes devem ser seccionados e isolados. Os comprimentos das seções devem ser bem menores do que meia-onda da frequência mais alta utilizada pelas antenas. Os isoladores serão do tipo castanha e devem ter resistência mecânica

compatível com os esforços atuantes.

Na estrutura completa, ou seja, antenas, torres ou mastros, estais, cabos coaxiais, cabos de sinalização e controle, cabo de aterramento, pára-raios, isoladores, lâmpadas de sinalização, etc, atuam várias forças, como peso próprio, ação do vento, chuvas, esforços de montagem e internos.

O peso próprio, como o nome indica, é o peso do elemento, como o da antena, o da torre etc e é em geral pouco relevante em relação aos esforços horizontais.

Como esforço interno, podemos ter os esforços dos estais e o devido a sustentação de antenas tipo dipolo. Quanto maior for o diâmetro do fio do dipolo e do cabo coaxial e quanto mais esticado for este dipolo, maior será o esforço horizontal que atua na torre ou mastro. Para diminuir este esforço, sem comprometer o desempenho da antena dipolo, esta não deve ficar muito tensionada, parecendo uma corda de viola.

Qualquer flecha de 1 metro, em uma antena dipolo para a faixa de 80 metros não é muito grande. Entende-se flecha, a diferença de altura entre o ponto onde o dipolo está preso a torre ou mastro e a altura do centro deste dipolo.

A pressão do vento também causa esforços horizontais nas estruturas. Para se ter uma idéia, a pressão do vento pode chegar a ter  $100 \text{ kg/m}^2$ . Estas forças horizontais são suportadas nas torres estaiadas, pelos estais e nas torres auto-portantes, pela fundação e a própria torre. Como estes esforços devido ao vento e os provenientes das antenas dipolo são grandes, é necessário ter cuidado no projeto dos estais, torres e fundações.

Um outro esforço que também ocorre é o da montagem da estrutura, que podem ser o do peso de uma ou duas pessoas que estão montando a torre, tábuas para andaimes, etc.

Para o projeto das torres, mastros e fundações é necessário levar em consideração todos estes esforços, agindo isoladamente ou simultaneamente.

Para torre e mastro estaiado, a fundação que vai logo sob ele, é pequena, pois só deve resistir ao peso próprio do conjunto e a componente vertical de estiramento dos estais. Já a fundação dos estais é dimensionada para o esforço horizontal devido ao vento e das antenas dipolo e para o esforço vertical, para a componente vertical de estiramento dos estais.

No caso do uso de torre auto-portante, a fundação pode ser de dois tipos: um bloco único de concreto ou um bloco para cada pé da torre. Para o mastro auto-portante usa-se um só bloco de concreto.

Dependendo do tipo de solo do local, o projeto irá indicar as dimensões do bloco de concreto, bem como a sua profundidade ou o uso de estacas para as fundações da torre, mastro ou estais.

Pode-se, após executar as escavações para os blocos ou estacas, fazer no fundo destas a cravação das hastes para o aterramento, dando assim mais eficiência na malha, devido as hastes alcançarem camadas de solo mais úmidas.

Se os blocos de concreto ou estacas tiverem armadura de aço, esta deve também ter suas barras ligadas eletricamente entre si e também na malha de aterramento.

Após a montagem de torres e mastros, deve-se evitar e se for o caso, bem avaliado, a execução de escavações junto as fundações, bem como colocar outros esforços na estrutura, para os quais não foram

projetados.

As pessoas envolvidas na montagem de torres, mastros ou antenas, devem em geral utilizar os seguintes equipamentos de segurança: botina de segurança sem biqueira de aço e solado antiderrapante, capacete com aba frontal e jugular, conjunto trava-quedas, luvas de proteção mecânica leve e cinto de segurança de nylon com porta coxas.

A subida em torres e mastros só deve ser feita na presença de um acompanhante em terra.

A pessoa que for subir, não deve estar em condições desfavoráveis momentâneas de saúde, tais como: ingestão de bebidas alcoólicas (ainda que em pequenas quantidades), fadiga intensa, estado gripal intenso, tensão nervosa, ter utilizado tranqüilizantes, anti-alérgicos e analgésicos dentro das últimas 24 horas e haver tomado refeição recente.

A subida também é vedada a pessoas portadoras das seguintes condições mórbidas: cefaléia (recorrente, paroxística, seguida de náuseas ou vômitos e univocal de alta intensidade, desmaios, conclusões, hipotimias e tonturas, miopia elevada, hipermetropia elevada, astigmatismo de difícil correção ou correção incompleta, forias acentuadas ou defeitos de convergência ocular, visão monocular, glaucoma, nistagmo optocinético, hipoanísias uni ou bilaterais (com perda maior que 30 decibéis), distúrbios labirínticos recentes e vertigens, hipo ou hipertiroidismo, diabetes de qualquer etiologia, cardiopatias de qualquer etiologia, sobretudo as esquemicas, hipertensivas e/ou acompanhadas de distúrbios do ritmo circulatório, asma brônquica, hérnia de disco com ou sem pressão de raiz, história recente ou atual de lombalgias, impotência funcional de qualquer etiologia e condição, neuroses, especialmente com sintomas fóbicos, antecedentes psicóticos, antecedentes depressivos de qualquer etiologia, convulsões ou equivalentes comiciais, anemias, obesidade, alcoolismo e toxicomania.

A pessoa que for subir em torres ou mastros, deve levar os apetrechos, ferramentas e materiais, em sacolas de lona ou couro. Quando possível, estas ferramentas devem ser amarradas com cordinha, para evitar a sua queda durante o uso.

A subida não deve ser feita quando a estrutura estiver molhada, presença de chuva iminente ou descargas atmosféricas.

O acompanhante ou outras pessoas não devem ficar logo abaixo da torre ou mastro, para evitar que a queda de ferramentas ou materiais possam atingi-los.

Enfim, espera-se que com o que foi descrito no texto acima, possa ter aumentado o conhecimento das pessoas envolvidas na montagem de torres, mastros e antenas, de maneira a tornar este serviço seguro e que com maior eficiência se alcance o objetivo pretendido.

Eng.º Pedro Augusto Cassimiro de Araujo  
PP2PE

Minaçu - 27 de abril de 1995

