Jorge Henrique Bidinotto
Marcus Vinicius Pereira de Moraes

Princípios de Aviônica e Navegação
Capítulo 7 - Antenas

São Carlos

Dezembro de 2017

Lista de ilustrações

Figura 1 – Antena parabólica 5
Figura 2 – Localizações típicas de antenas em um Boeing 777 7
Figura 3 – Esquema básico do funcionamento de um sistema de comunicações via rádio 7
Figura 4 – Designação das bandas de frequêcia 8
Figura 5 – Relação entre frequência e comprimento de onda para ondas eletromagnéticas 9
Figura 6 – Estimativa da largura de feixe de uma antena 9
Figura 7 – Estimativa do ganho de uma antena 9
Figura 8 – Exemplo de antena ressonante 10
Figura 9 – Exemplo de antena de banda larga 11
Figura 10 – Exemplos de antenas de abertura 11

Sumário

1 Antenas **5**
1.1 Introdução 5
1.2 Tipos de comunicação 6
1.3 Conceito geral 6
1.4 Propriedades direcionais de antenas 8
1.5 Tipos de Antenas 9
1.6 Congelamento de antenas 11
Referências **13**

1 Antenas

1.1 Introdução

Acredita-se que as primeiras antenas foram criadas em 1886 por Heinrich Hertz, cujo trabalho era orientado pelo estudo das teorias eletromagnéticas.Estas eram formadas por duas placas de metal conectadas a dois bastões metálicos ligados à duas esferas separadas por uma distância fixa. Uma bobina gerava descargas por centelhamento e as centelhas atravessavam o espaço entre as esferas, gerando ondas eletromagnéticas oscilatórias nos bastões.

Houve desde então uma grande aprimoração dos princípios físicos que regem o projeto de antenas, tendo-se hoje em dia casos de extrema complexidade e importância em serviços de comunicação. Ao longo de menos de um século as antenas de converteram de um simples meio de aumentar o alcance de sinais elétricos a um compomente essencial nos sistemas de comunicação via rádio.

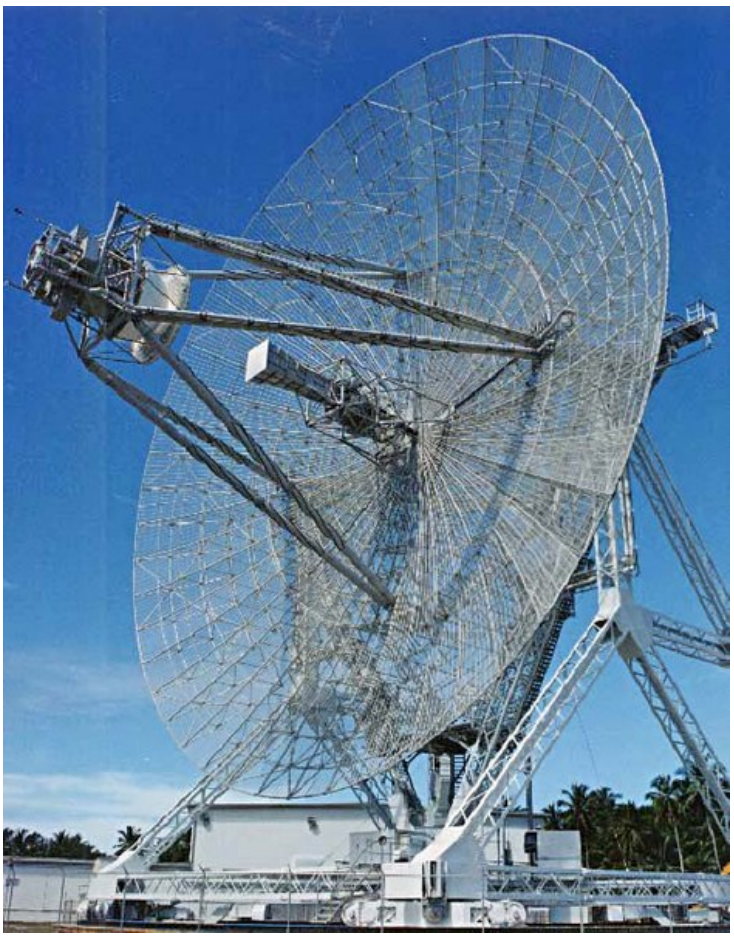

Figura 1 – Antena parabólica

1.2 Tipos de comunicação

Existem duas grandes categorias de sistemas de comunicação: aqueles que utilizam linhas de transmissão em uma rede interconectada e aqueles que dependem de radiação eletromagnética com antenas tanto nos pontos de transmissão quanto de recepção.

Em cidades cuja densidade populacional é alta e em sistemas onde a largura de banda requerida seja baixa é economicamente viável interconectar vários usuários com linhas de transmissão simples, de baixo custo e composta por pares entrelaçados. Essas linhas terão uma atenuação de aproximadamente 2 a 3dB/km para frequências próximas a 10kHz. As linhas de transmissão de pares entrelaçados não são adequadas para usos de alta frequência, sendo assim limitadas a serviços telefônicos e transmissões digitais de baixas taxas de dados.

Em áreas bem povoadas também é comum transmitir sinais de vídeo de televisões através de linhas de transmissão coaxiais, cuja atenuação vale em torno de 4 a 5dB/km. Uma característica de linhas de transmissão é que a atenuação tem um comportamento exponencial. Uma atenuação de 5dB/km se torna uma atenuação de 100dB/km para um caminho de 20km. Se esse trajeto é dobrado, a atenuação sobe para 200dB/km.

Para sistemas de comunicação que utilizam radiação eletromagnética, o sinal é irradiado para uma região angular substancial do espaço pela antena de transmissão e apenas uma pequena fração deste sinal é interceptada pela antena receptora. Assim, existe uma perda significativa entre antenas de transmissão e de recepção. Por outro lado, o comportamento da atenuação em relação à distância é algébrico, e não exponencial, o que faz com que esse sistema de comunicação seja mais adequado para longa distâncias.

1.3 Conceito geral

Antenas são dispositivos responsáveis pela conversão de energia eletromagnética guiada pela linha de transmissão em energia eletromagnética irradiada ou o oposto. Isto faz com que a antena seja essencial em todos os tipos de comunicações realizadas por radiofrequência.

Em poucas palavras, antenas são um meio para irradiar e receber ondas de rádio. Inúmeras técnicas de diretividade são aplicadas, nas quais os formatos e as dimensões das antenas são definidas por parâmetros como a frequência e o ganho desejado. Sua natureza faz com que a antena ocupe sempre o último lugar em cadeias de transmissão e o primeiro em cadeiras de recepção. O projeto de uma antena exige as seguintes informações:

- Intensidade relativa do campo para várias direções;
- Impedância de entrada da antena para propósito de casamento;
- Eficiência de radiação;
- Potência total radiada ao excitar-se a antena por tensões ou correntes conhecidas;
- Largura de banda da antena;
- Em casos de antenas de alta potência, é necessário saber a máxima intensidade de campo em determinadas posições no ar ou dielétrico que possa causar ruptura do dielétrico ou efeito corona.

Em uma aeronave, é necessário um número considerável de antenas para suprir todas as necessidades de sensores, comunicação e navegação.

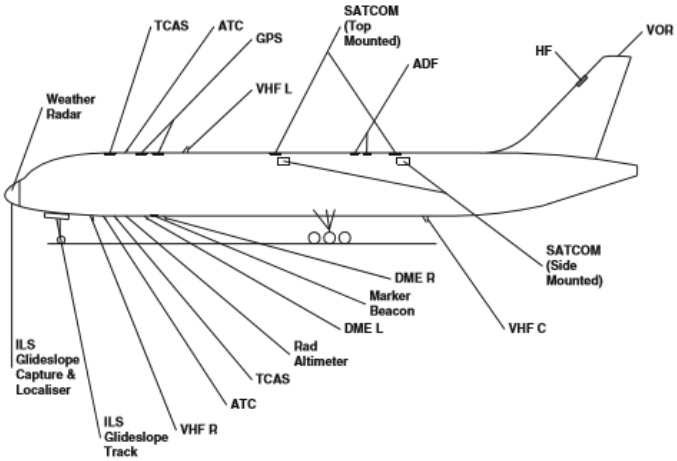

Figura 2 – Localizações típicas de antenas em um Boeing 777

Os critérios de instalação de cada antena em uma aeronave estão diretamente relacionados com suas características de operação e propriedades de transmissão. Antenas SATCOM que se comunicam com satélites são instaladas na parte superior da aeronave a fim de obter-se uma melhor cobertura do céu. Antenas ILS associadas com a fase de aproximação e pouso localizam-se na parte dianteira inferior da fuselagem. Outros tipos requerem cobertura contínua enquanto a aeronave encontra-se em manobra e podem exigir antenas localizadas nas partes superiores e inferiores da aeronave - múltiplas instalações são muito comuns.

O entedimento dos princípios de funcionamento de uma antena requer uma análise do funcionamento da comunicação por meio de ondas eletromagnéticas. Insere-se a informação a ser transmitida em uma portadora de radiofrequência no equipamento transmissor. Em seguida, envia-se a energia associada à portadora de radiofrequência (via linhas de transmissão especiais) para a antena transmissora, que será responsável pelo envio da informação para o espaço sob a forma de onda eletromagnética. Ao passar pelo caminho de antenas receptoras, essa informação é absorvida e enviada a um equipamento receptor responsável pela recuperação da informação.

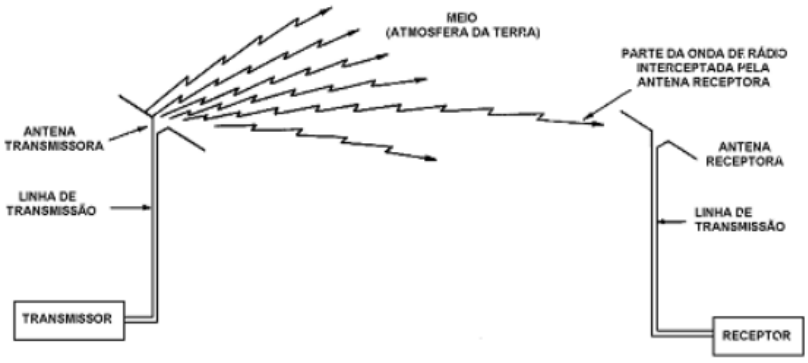

Figura 3 – Esquema básico do funcionamento de um sistema de comunicações via rádio

Um sistema radiante é composto por qualquer dispositivo conectado a uma fonte de energia que produza campos eletromagnéticos em uma região externa. A antena é parte

deste sistema e é sempre construída visando a maximização ou acentuação da radiação de energia ao mesmo tempo em que minimiza ou suprime a energia restante. Assim, a teoria de antenas assume sempre que elas estejam acopladas à fontes de energia não-radiantes por meio de linhas de transmissão também não-radiantes.

O funcionamento eficaz de antenas está atrelado a certos requisitos. Vale destacar entre eles:

- Antenas devem distribuir a energia eletromagnétia no espaço (ou reaproveitar a energia incidente) de acordo com uma lei determinada, o que significa que suas características de emissão (ou recepção) devem ser bem conhecidas. Há casos em que a energia precisa ser emitida/recebida uniformemente em todas as direções mas também existem situações onde determinadas direções devem ser priorizadas;

- O processo de emissão/recepção das ondas eletromagnéticas não deve acompanhar um consumo inútil de energia em perdas ôhmicas na estrutura da antena. Busca-se sempre o maior rendimento possível.

Frequency band	Designation	Typical service
3–30 kHz	Very low frequency (VLF)	Navigation, sonar
30–300 kHz	Low frequency (LF)	Radio beacons, navigational aids
300–3000 kHz	Medium frequency (MF)	AM broadcasting, maritime radio, Coast Guard communication, direction finding
3–30 MHz	High frequency (HF)	Telephone, telegraph, and facsimile; shortwave international broadcasting; amateur radio; citizen's band; ship-to-coast and ship-to-aircraft communication
30–300 MHz	Very high frequency (VHF)	Television, FM broadcast, air traffic control, police, taxicab mobile radio, navigational aids
300–3000 MHz	Ultrahigh frequency (UHF)	Television, satellite communication, radiosonde, surveillance radar, navigational aids
3–30 GHz	Superhigh frequency (SHF)	Airborne radar, microwave links, common-carrier land mobile communication, satellite communication
30–300 GHz	Extremely high frequency (EHF)	Radar, experimental

Figura 4 – Designação das bandas de frequêcia

1.4 Propriedades direcionais de antenas

As propriedades direcionais de uma antena são determinadas pela frequência irradiada e tamanho da antena. Conhecendo-se esses parâmetros, é possível realizar estimativas dos valores de largura do feixe ganho da antena.

A frequência e comprimento de onda para ondas eletromagnéticas relacionam-se através da velocidade da luz de acordo com a equação abaixo:

$$c = f \, x \, \lambda$$

Figura 5 – Relação entre frequência e comprimento de onda para ondas eletromagnéticas

Onde c é a velocidade da luz (3x10^8 m/s), f é a frequência e λ o comprimento de onda. Considerando-se um radar operando à uma frequência de 10 Ghz, tem-se um comprimento de onda de 0,03m ou 3cm.

A largura do feixe Θ de uma antena pode ser estimada a partir do comprimento de onda λ e da dimensão D da antena através da seguinte equação

$$\theta \approx \frac{65\lambda}{D}$$

Figura 6 – Estimativa da largura de feixe de uma antena

Ainda no mesmo exemplo, assumindo uma dimensão de 0,6m para a antena, tem-se um valor de largura do feixe de aproximadamente 3,5º.

O ganho da antena G_D pode ser aproximado através da equação abaixo:

$$G_D \approx \frac{4\pi}{\theta_B \, x \, \varphi_B}$$

Figura 7 – Estimativa do ganho de uma antena

Onde θ_B é o valor da largura de feixe da antena em um eixo e φ_B a largura de feixe no eixo ortogonal. Finalmente, para o exemplo abordado temos o valor de G_D de 3368 (aproximadamente 35 dB).

1.5 Tipos de Antenas

As antenas podem ser divididas em quatro tipos básicos de acordo com seu desempenho em relação à frequência: antenas eletricamente curtas, antenas ressonantes, antenas de banda larga e antenas de abertura.

Antenas eletricamente curtas

Define-se como antena eletricamente curta uma antena cujas dimensões são da ordem (ou menores) que um décimo do comprimento de onda de sua frequência de operação.

Esse é o tipo mais elementar de antena e sua estrutura é bastante simples - suas propriedades não são sensíveis aos detalhes de construção. Uma antena eletricamente curta é caracterizada por:

- Baixa resistência de entrada;
- Baixa diretividade;
- Alta reatância de entrada;
- Baixa eficiência de radiação;

Um exemplo de antena eletricamente curta é o monopolo vertical usado nos carros para recepção de rádio AM.

Antenas ressonantes

Antenas ressonantes são antenas que operam apenas em uma única frequência (ou em uma pequena faixa de frequências). Suas principais característica são:

- Ganho baixo a moderado;
- Impedância de entrada quase real;
- Largura de banda muito esreita;

Figura 8 – Exemplo de antena ressonante

Antenas de banda larga

Antenas de banda larga são antenas cuja performance é aceitável em um ou mais parâmetros (diagrama, ganho e/ou impedância) sobre uma largura de banda 2:1 com relação às frequências superior e inferior de operação.

Suas principais características são:

- Ganho baixo ou moderado;
- Ganho constante;
- Impedância de entrada real;
- Largura de banda grande.

Figura 9 – Exemplo de antena de banda larga

Antenas de abertura

As antenas vista nas seções anteriores caracterizam-se por distribuição de corrente em suas estruturas. Enquanto isso, nas antenas de abertura a radiação ocorre por uma abertura propriamente dita.

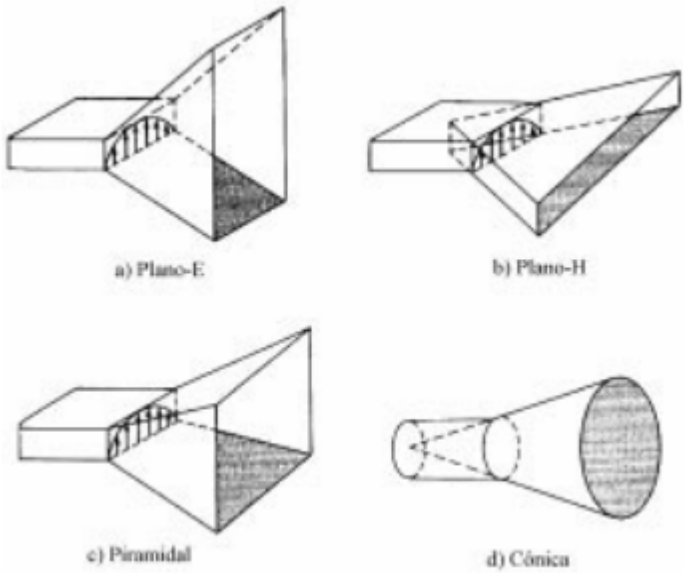

Figura 10 – Exemplos de antenas de abertura

1.6 Congelamento de antenas

Devido ao pequeno tamanho e formato das antenas, algumas antenas da aeronave tendem a acumular gelo muito rapidamente. Além disso, muitas vezes essas antenas são desprovidas de dispositivos anti-congelamento ou capacidade de descongelamento.

Durante o voo em condições de congelamento, o acúmulo de gelo em antenas pode fazer com que ela comece a vibrar ou distorcer sinais de rádio, podendo também causar danos para a antena. Se uma antena congelada sofre uma fratura isso pode causar danos à outras áreas da aeronave, além de levar à falha dos sistemas de comunicação e navegação.

Referências

1. *Advanced Avionics Handbook*. U.S. Department of Transportation - Federal Aviation Administration, 2009.

2. *Instrument Flying Handbook*. U.S. Department of Transportation - Federal Aviation Administration, 2012.

3. Oliveira, J.C. *Conceitos básicos sobre posicionamento por satélites artificiais*. INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2011.

4. Vaz, J. A. ; Pissardini, R. S. ; Fonseca Junior, E. S. *Comparação da cobertura e acurácia entre os sistemas GLONASS e GPS obtidas de uma estação da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo.* Revista Brasileira de Cartografia, 2013.

5. Nievinski, F. G. *Posicionamento por GPS para Geofísica*. Universidade de São Paulo, 2012.

6. *Satellite Navigation - GPS - Control Segment* . U.S. Department of Transportation - Federal Aviation Administration, 2014.

7. Moir, Ian, Allan Seabridge, and Malcolm Jukes. *Civil avionics systems*. John Wiley and Sons, 2013.

8. Moir, Ian, Allan G. Seabridge, and Malcolm Jukes. *Military avionics systems*. John Wiley and Sons, 2006.

9. Collin, R. E. *Tipos de Antenas*. McGraw-Hill, 1985.

10. Carvalho, J. L B. *Antennas and radiowave propagation*. IESB – Instituto de Educação Superior de Brasília, 2010.