



SAA0167

Princípios de Aviônica e Navegação

Navegação por Rádio parte 1

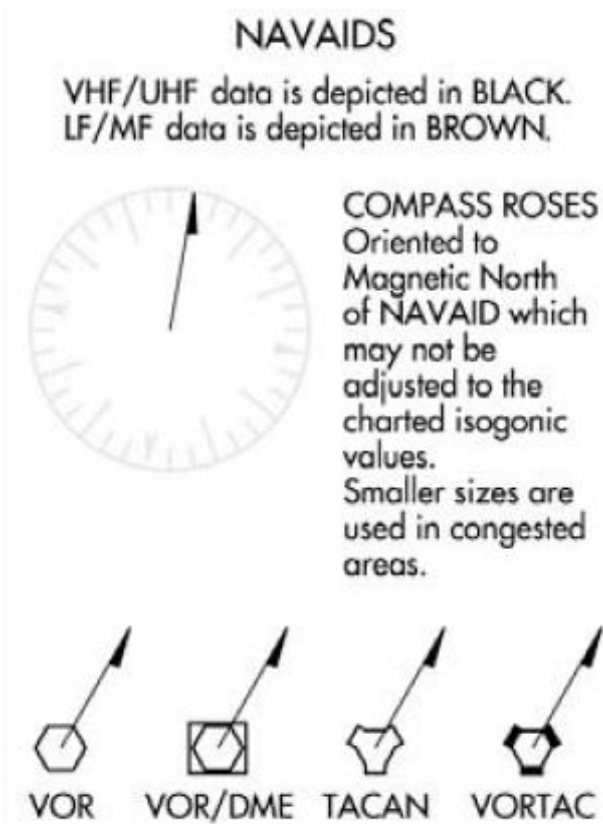
Prof. Dr. Jorge Henrique Bidinotto
jhbidi@sc.usp.br

- **Introdução**
- **VOR – VHF Omnidirectional Range**
- **DME – Distance Measuring Equipment**

- **Introdução**
- VOR – VHF Omnidirectional Range
- DME – Distance Measuring Equipment

- Existem vários sistemas de auxílio a navegação, chamados de NAVAIDS (Navigational aids)
- Os sistemas mais tradicionais e ainda mais utilizados são os sistemas de Navegação por Rádio
- Serão abordados aqui os principais, sendo eles:
 - VOR
 - DME
 - TACAN
 - VORTAC
 - NDB/ADF
 - LORAN
 - RNAV

- Indicação das estações de radionavegação nas cartas de navegação



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

- Introdução
- **VOR – VHF Omnidirectional Range**
- DME – Distance Measuring Equipment

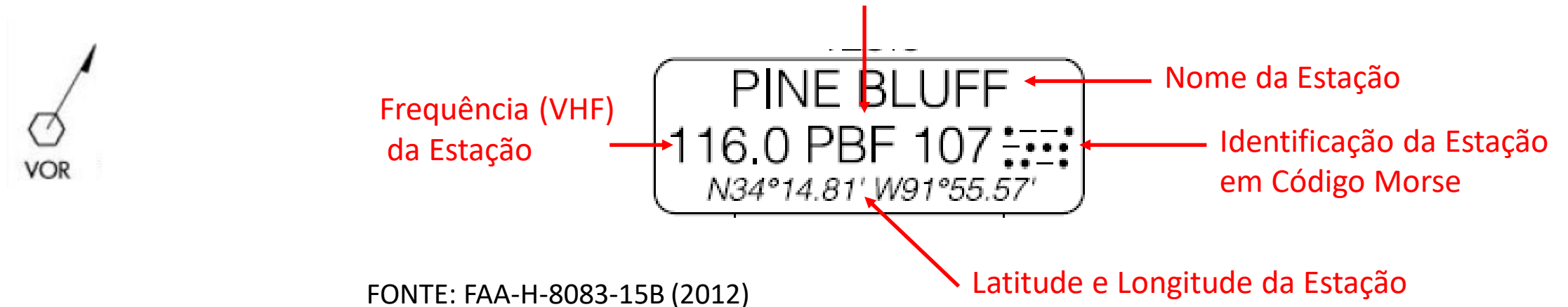
- Consiste em uma rede de estações em solo que transmitem sinais de rádio VHF e o receptor presente na aeronave fornece a direção que a aeronave deve seguir até uma determinada estação
- Além disso, a indicação dentro da aeronave mostra se a mesma está se aproximando da estação (TO) ou se afastando (FROM)
- Não é fornecida a distância até a estação. Apenas a direção

- Exemplo de estação em solo VOR e indicação analógica em aeronave



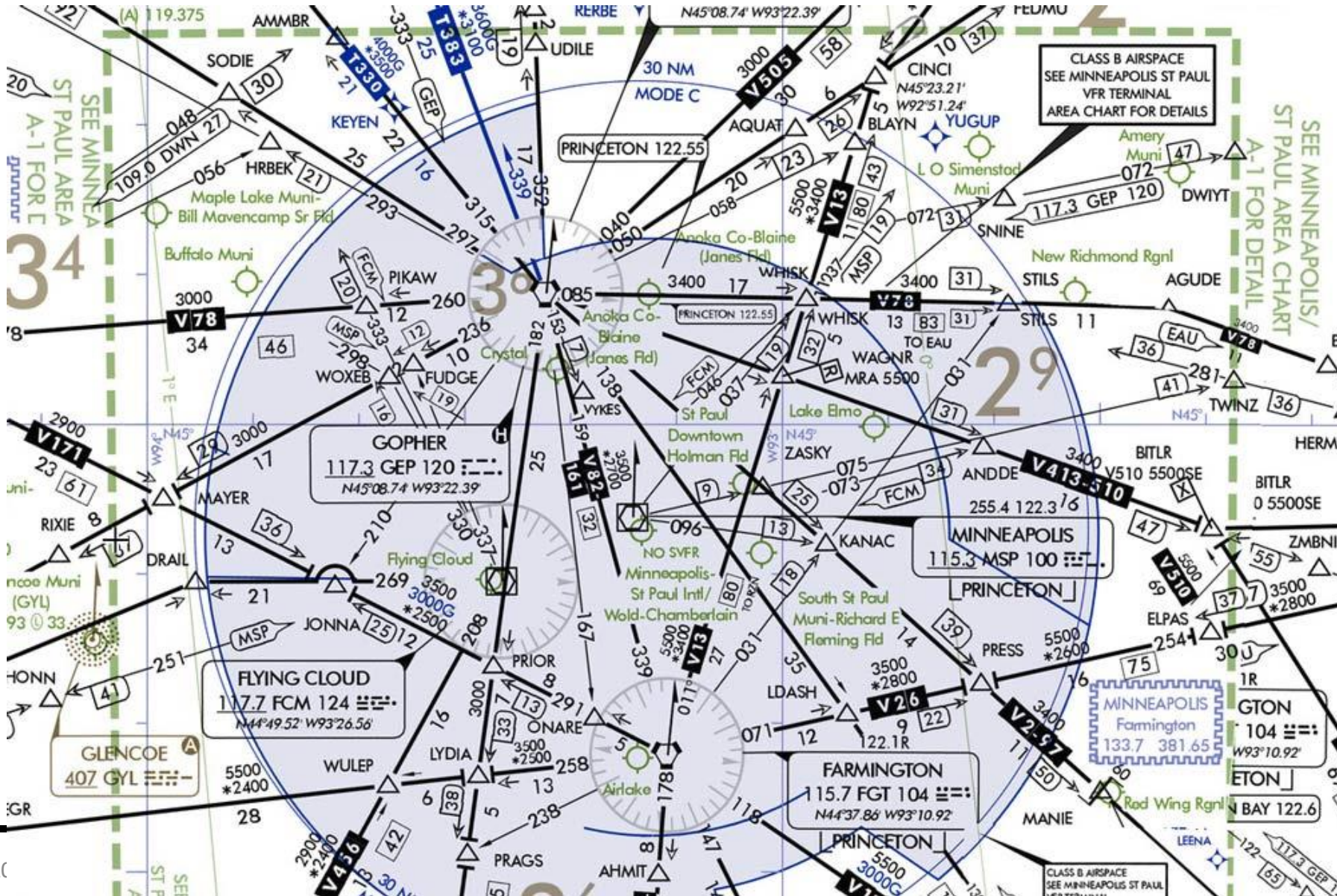
FONTE: Wikipedia

- **Indicação em Cartas de Navegação**
- Nas cartas de navegação, o VOR é apresentado com a imagem de um hexágono e a indicação do Norte Magnético naquela região
- Além disso, junto à representação da estação aparece uma caixa de texto com as informações relativas àquela estação



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

VOR – VHF Omnidirectional Range



FONTE: boldmethod.com

- **Indicação em Cartas de Navegação**
- Quando conectada a frequência de uma dada estação, pode ser selecionado no SELCAL o áudio do VOR, que deve fornecer o nome da estação por áudio ou a representação de três letras por código Morse
- O alcance de uma estação pode ser de três tipos:
 - T (Terminal), de aproximadamente 25 NM
 - L (Low Altitude), de aproximadamente 40 NM
 - H (High Altitude), de aproximadamente 100 NM

- **Estação em Solo**
- A estação em solo consiste em uma torre de baixa altura que emite frequência única em VHF
- A faixa de frequências desse tipo de estação é de 108,0 a 117,95 MHz
- Cada direção a partir de uma estação é chamada RADIAL da estação VOR
- A precisão das radiais é de 1 grau



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

VOR – VHF Omnidirectional Range

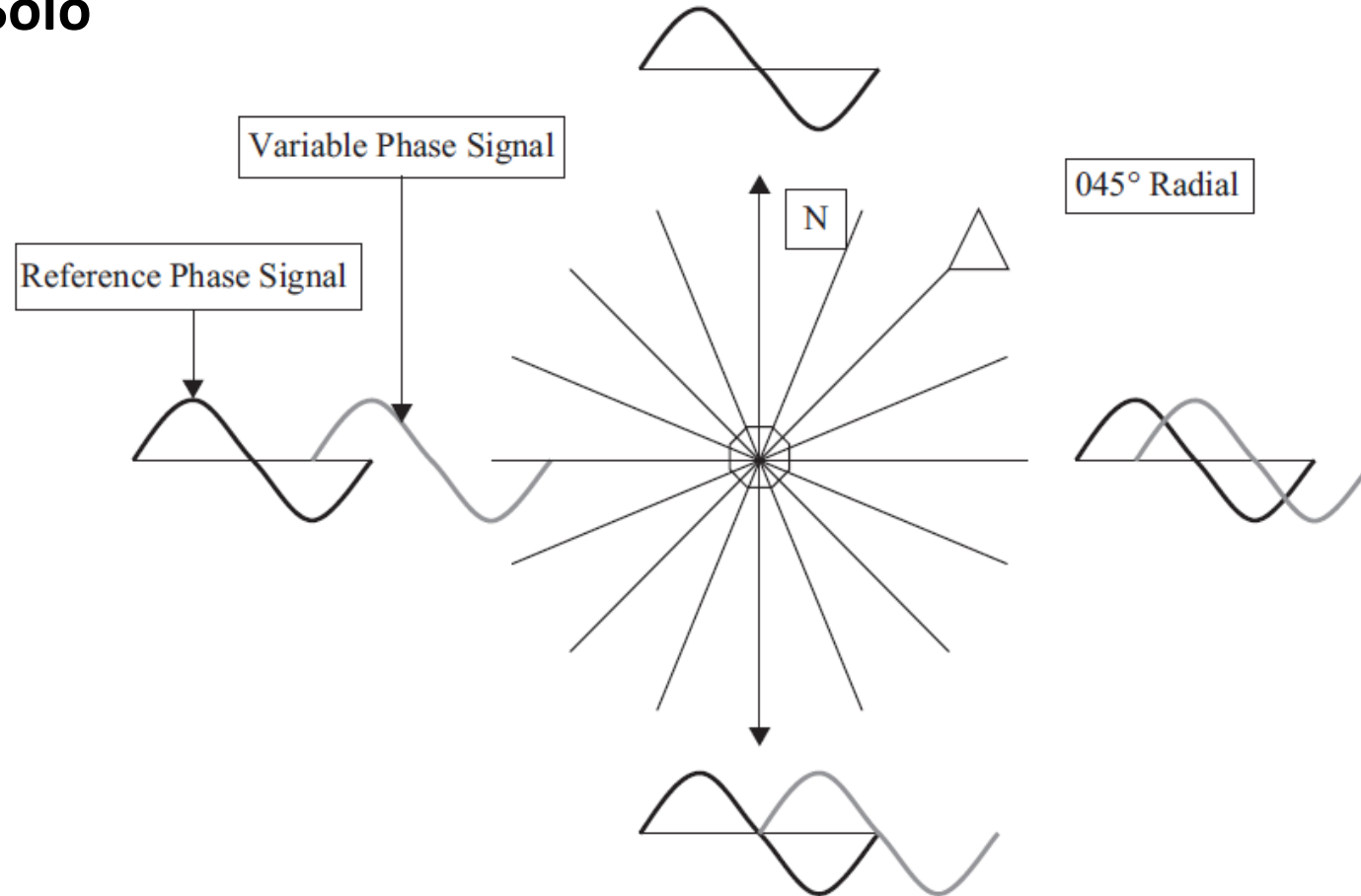
- Estação em Solo
- Radiais VOR



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

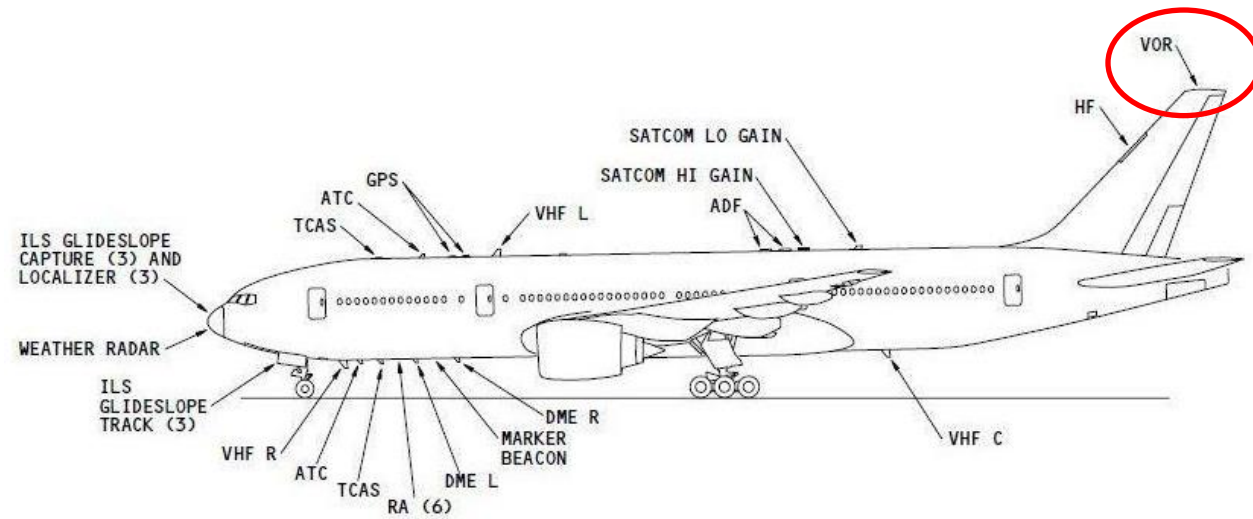
- **Estação em Solo**
- A estação emite dois sinais simultâneos a uma mesma frequência
 - Um dos sinais é emitido para todas as 360 radiais ao mesmo tempo (sinal de referência), modulado a 30 Hz
 - O segundo sinal é emitido por uma fonte rotativa, que gira no alto da torre a 1800 rpm (sinal variável), ou seja, 30 rps
- Com isso, cada radial possui uma diferença de fase distinta: o Norte é zero, o sul é 180 graus, e assim por diante
- Baseado nisso, o receptor na aeronave recebe estes sinais, decifra a diferença de fase e sabe em qual direção se encontra a referida estação

- Estação em Solo



FONTE: McShea, R. E. (2010)

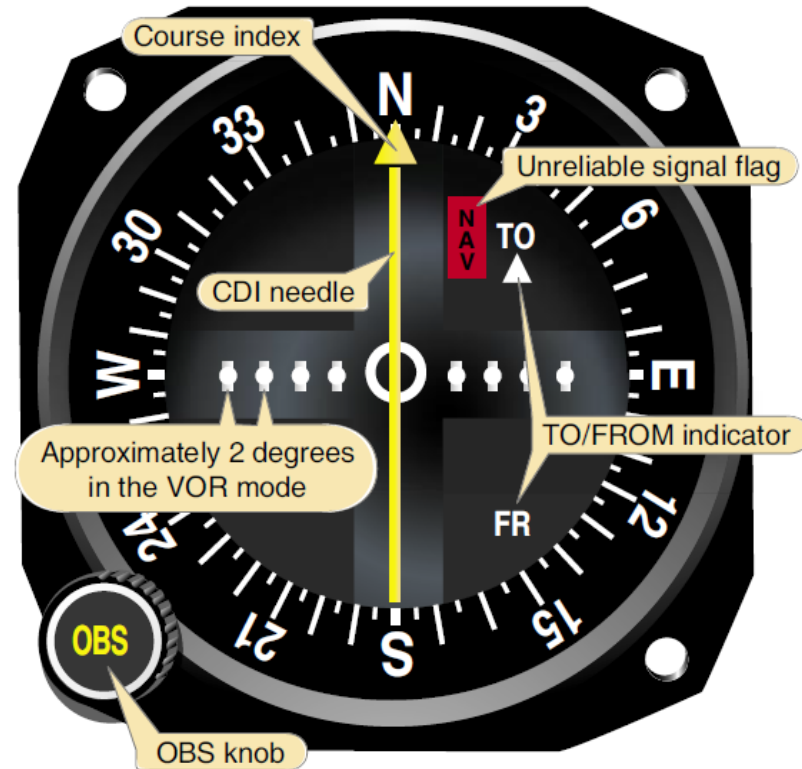
- Instrumentos a Bordo
- Consiste em uma antena, um receptor e um instrumento de indicação
- Antena:



777 GENERAL – ANTENNA LOCATIONS

FONTE: Boeing

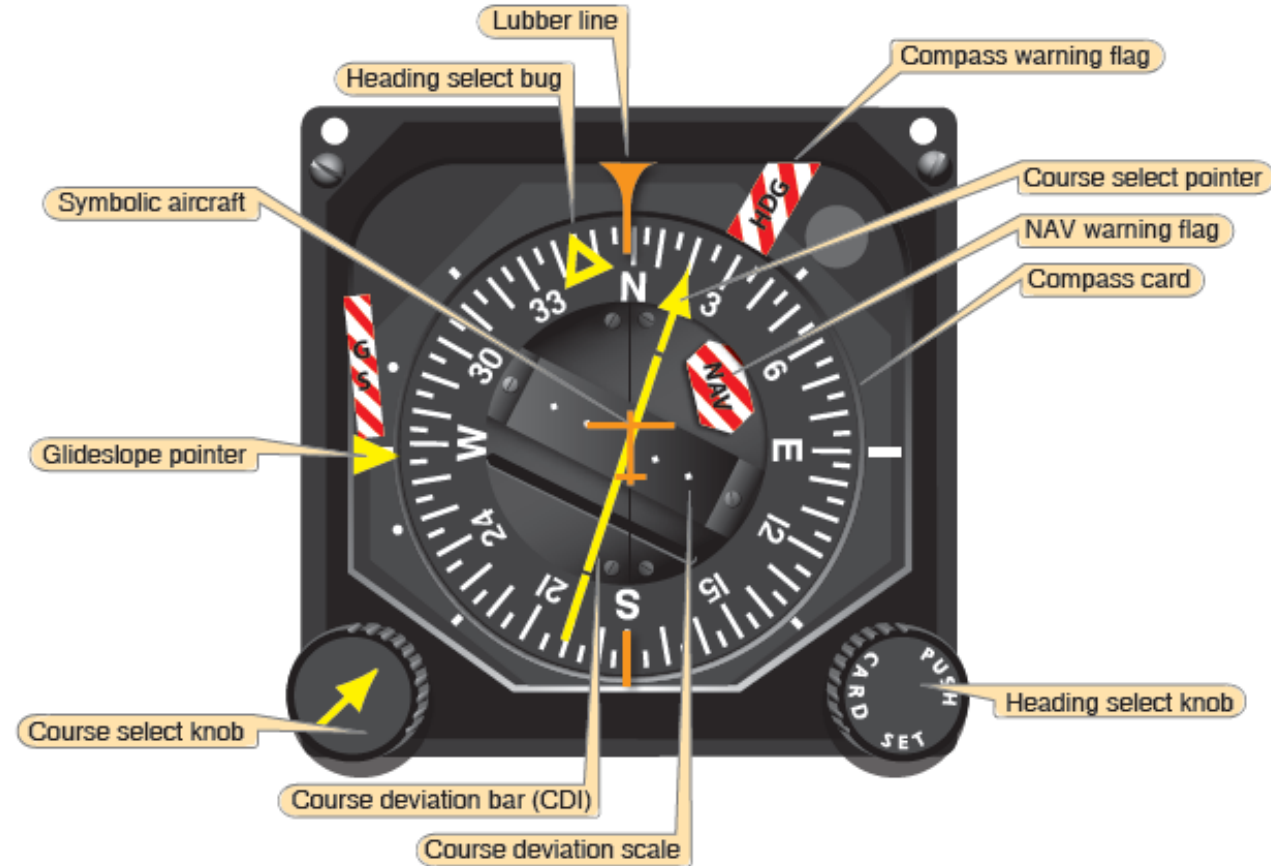
- Instrumentos a Bordo
- O receptor faz a conversão do sinal recebido em indicação para o piloto
- Instrumento de Indicação:



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

- **Instrumento a Bordo**
- **Instrumento de Indicação:**
 - OBS – Omnibearing Selector: Seleciona o curso que a aeronave deve seguir (Course index) até que ele se alinhe com aquele indicado pela agulha do instrumento
 - CDI – Course Deviation Indicator: Indica, por desvio lateral da agulha, o quanto a aeronave está alinhada com a radial da estação selecionada
Cada DOT do indicador representa 2 graus de desvio da referida radial
 - Indicação TO/FROM: Mostra se a aeronave está indo em direção à estação (TO) ou se está vindo dela (FROM)
 - Bandeiras: Indicam se o instrumento está desligado, em modo navegação, em modo aproximação, etc.

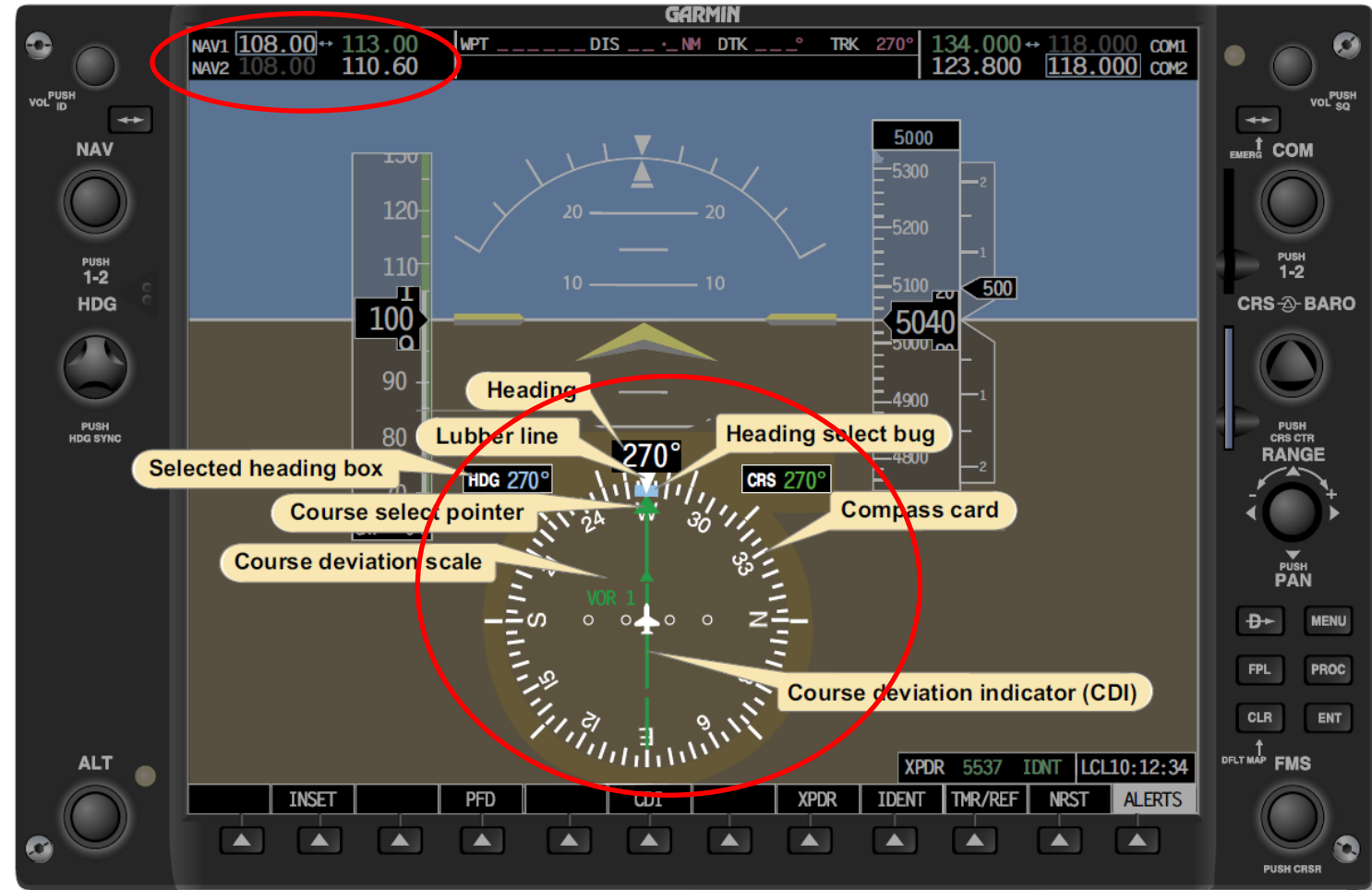
- **Instrumento a Bordo**
- O HSI (será estudado posteriormente) combina a indicação do VOR com outros instrumentos inerciais, como o horizonte artificial



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

VOR – VHF Omnidirectional Range

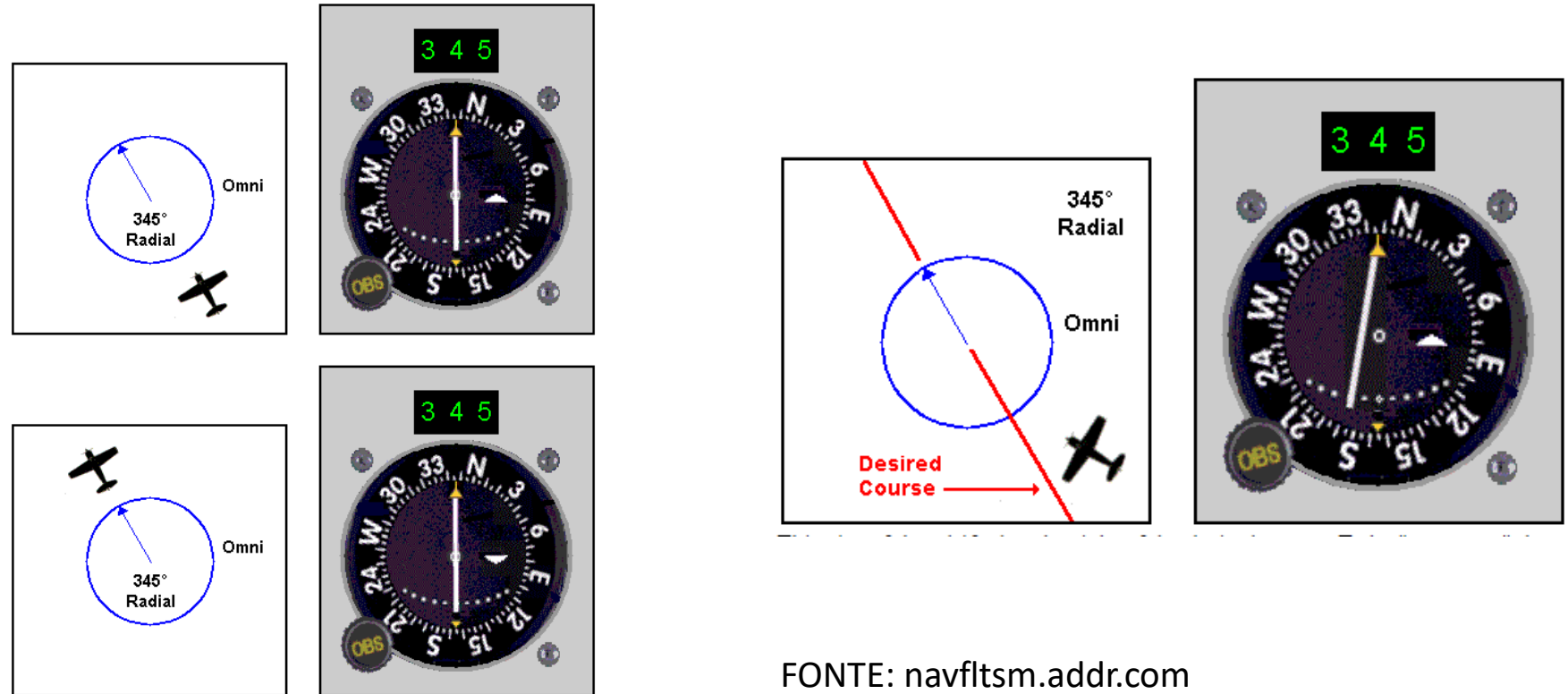
- Instrumento a Bordo
- Instrumentos digitais



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

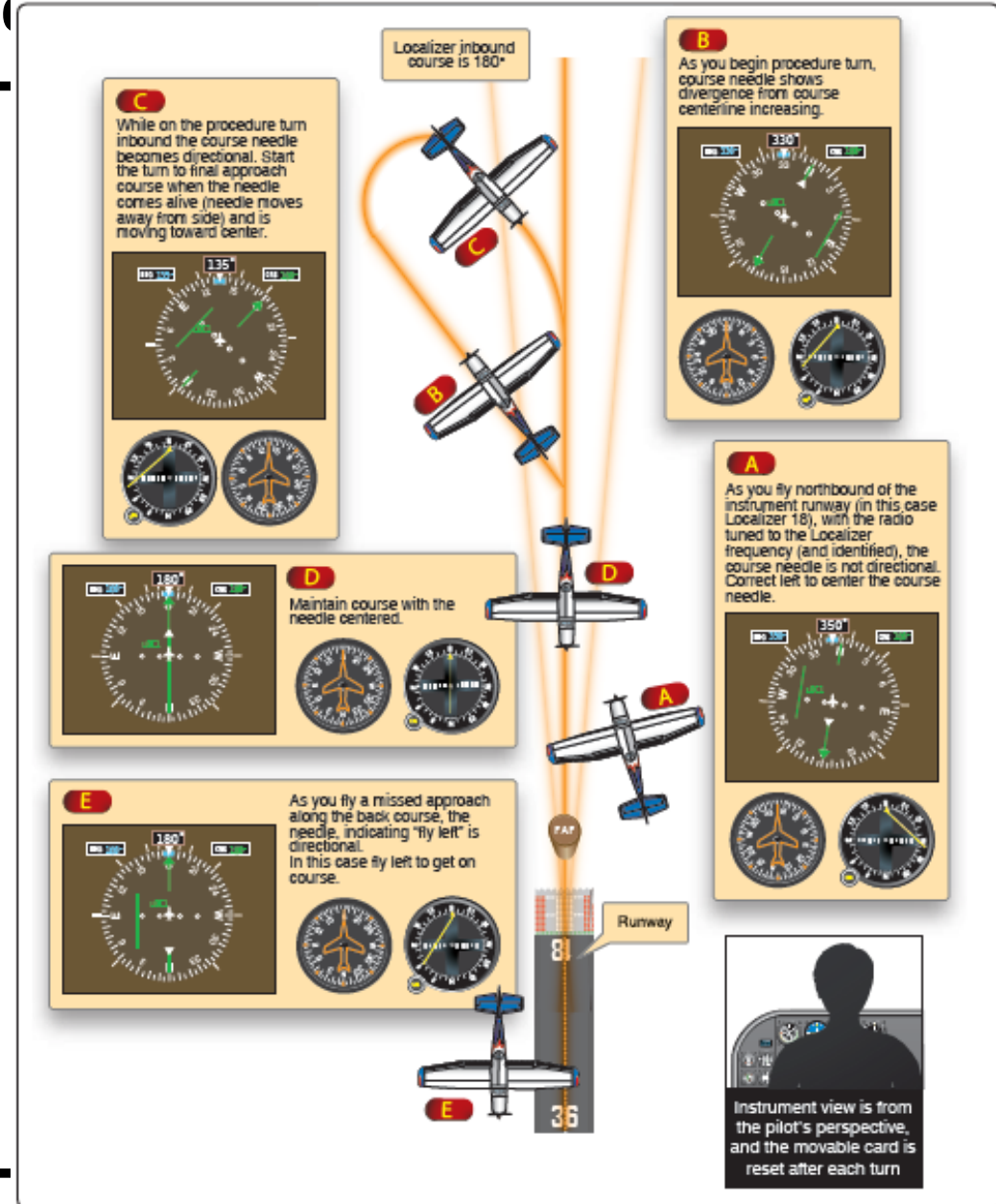
- **Operação do VOR**
- Para a operação do indicador de VOR, não importa a proa que a aeronave esteja seguindo
- Deve-se escolher a frequência da estação em questão (via FMS), identificar o código Morse via áudio e rodar o OBS até que o indicador de curso esteja coincidindo com a ponta da agulha do CDI
- Em seguida deve-se centralizar a agulha para zerar o desvio lateral e voar nessa proa até que a indicação passe de TO para FROM (sobrevoo da estação)
- A seguir, deve-se selecionar a frequência da estação seguinte e repetir o procedimento

- Operação do VOR
- Exemplo de situações em voo com navegação VOR



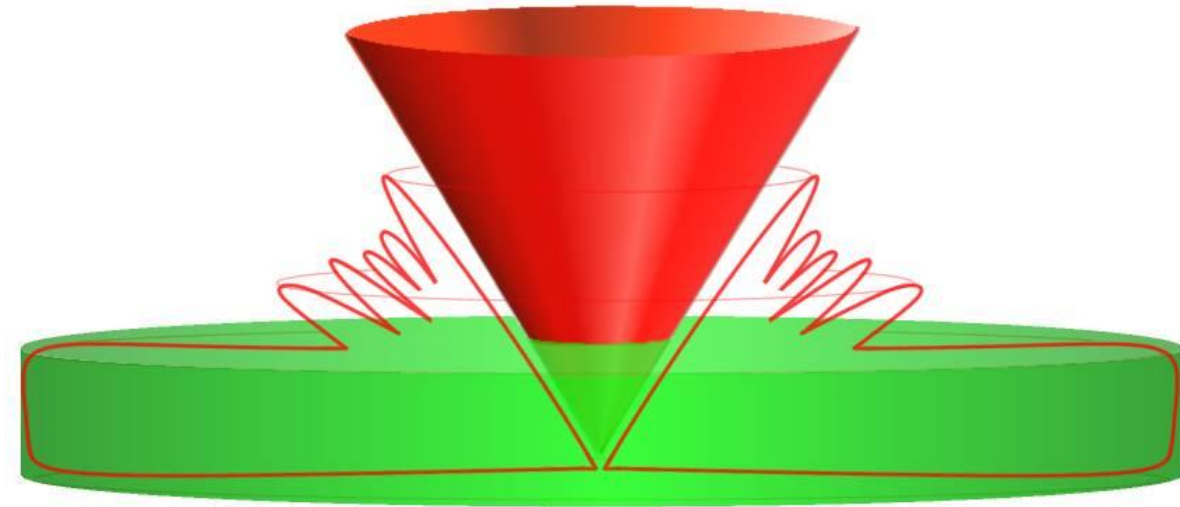
FONTE: navfltsm.addr.com

- Operação do VOR
- Exemplo de situações em voo com navegação VOR



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

- **Considerações sobre precisão do VOR**
- O VOR tem precisão de $\pm 1^\circ$
- Aeronaves ou helicópteros cuja hélice esteja interceptando o sinal de VOR tem a precisão diminuída para $\pm 6^\circ$
- Sobrevoos a estações de VOR podem ter perda de sinal, devido ao “cone cego”



FONTE: radartutorial.eu

- Vídeos

https://www.youtube.com/watch?v=jLF_xSCD4hc

https://www.youtube.com/watch?v=iCCk2ch-xL4&ebc=ANyPxKqERXBVWHqLORMopS7oKkeyquA9_fS4JyLw5veYF6qF2myzwUyiY6v2negokZyIJW8GN64qO8M-HLk9vrWjIMiqjgtX_Q

- Introdução
- VOR – VHF Omnidirectional Range
- **DME – Distance Measuring Equipment**

- O VOR fornece a proa até uma determinada estação, mas não fornece a distância. Para suprir essa necessidade, existe o DME, que fornece a distância, mas não a proa
- Normalmente, as estações possuem equipamentos de VOR e DME conjuntamente na mesma estação em solo
- O instrumento a bordo é separado do DME. Algumas aeronaves podem combinar os dois instrumentos em um mesmo hardware, mas eles trabalham separadamente
- O DME pode trabalhar em conjunto, além do VOR, com o VORTAC, LOC/DME ou ILS/DME (que serão estudados neste curso)

- Em geral estão nas mesmas estações em solo do VOR
- O equipamento a bordo da aeronave fornece uma única informação ao piloto: a distância até a estação selecionada
- Em alguns casos pode fornecer adicionalmente a ground speed, calculada com base em duas informações consecutivas de distância e o tempo que a aeronave levará até alcançar a estação

- Exemplo de estação em solo (unicamente) DME e indicação na aeronave



FONTE: Wikipedia

- **Indicação em Cartas de Navegação**
- Normalmente indica-se junto com a estação de VOR
- As estações que possuem DME apresentam o número do canal a ser conectado para selecionar aquela estação



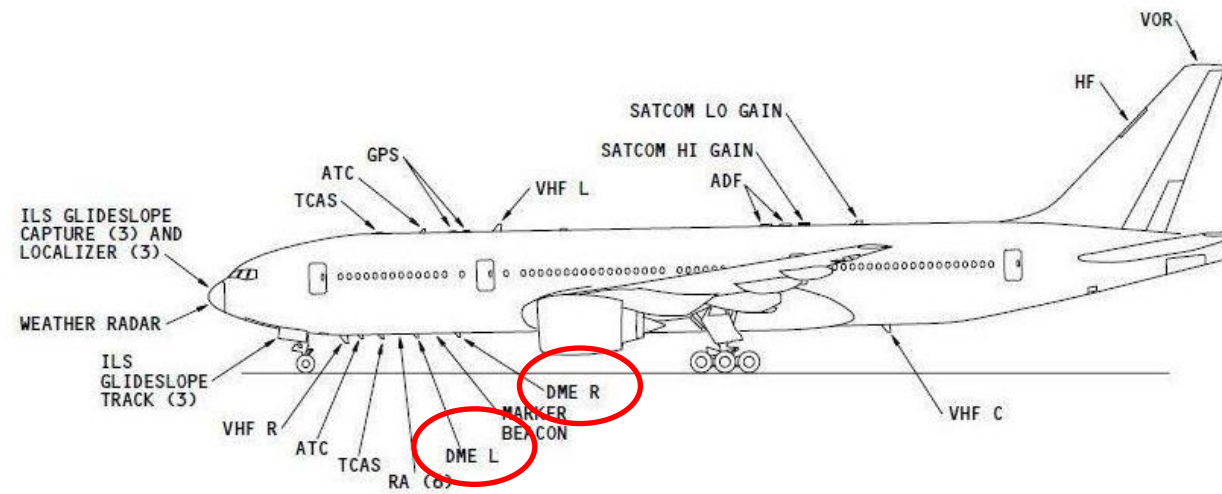
FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)



Canal para seleção do DME desta estação

- Assim como no VOR, pode-se ouvir por áudio o nome da estação selecionada ou o código Morse das três letras de identificação

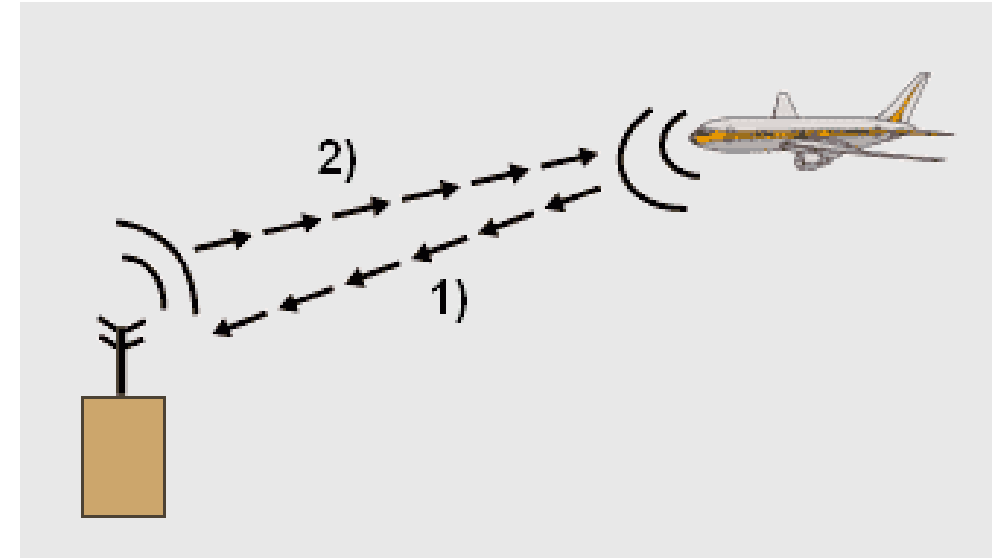
- Funcionamento
- Antena:



777 GENERAL – ANTENNA LOCATIONS

FONTE: Boeing

- **Funcionamento**
- O DME é um tipo de transponder, que recebe um sinal UHF da aeronave e emite uma resposta após um intervalo de 50 μ s
- Dessa forma, a aeronave envia um sinal na forma de pergunta para a estação, e a mesma emite um sinal de resposta. Pela diferença de tempo entre os sinais, o equipamento calcula a distância entre a aeronave e a estação



FONTE: telecomabc.com

- **Funcionamento**
- O sinal enviado pela aeronave consiste no horário exato da emissão, em sinal de rádio UHF, na faixa entre 962 a 1213 MHz
- A resposta consiste na mesma informação (horário exato da emissão do sinal pela aeronave), para que o equipamento não confunda o sinal de resposta com o de outra aeronave
- Para não haver confusão, os sinais de pergunta e resposta são defasados de 63 MHz
 - As faixas de 962 a 1024 MHz e de 1151 a 1213 MHz são destinadas a emissões terra-ar
 - A faixa de 1025 a 1150 MHz são destinadas a emissões ar-terra

- **Funcionamento**
- O equipamento a bordo trabalha em dois modos distintos:
 - SEARCH MODE: até que a aeronave encontre e se conecte com uma estação em solo, o equipamento trabalha nesse modo, enviando 150 pulsos/segundo
 - TRACKING MODE: após conectada a estação, o equipamento envia entre 5 e 25 pulsos/segundo, para evitar saturação da estação em solo
- Para se conectar uma estação, são selecionados canais (e não frequências) no equipamento. Existem 126 canais distintos de DME. As cartas de navegação indicam o número do canal a ser selecionado
- O alcance de uma estação DME é semelhante ao VOR:
 - T (Terminal), de aproximadamente 25 NM
 - L (Low Altitude), de aproximadamente 40 NM
 - H (High Altitude), de aproximadamente 100 NM

- Funcionamento

Indicação analógica



FONTE: simflight.com

Indicação Digital

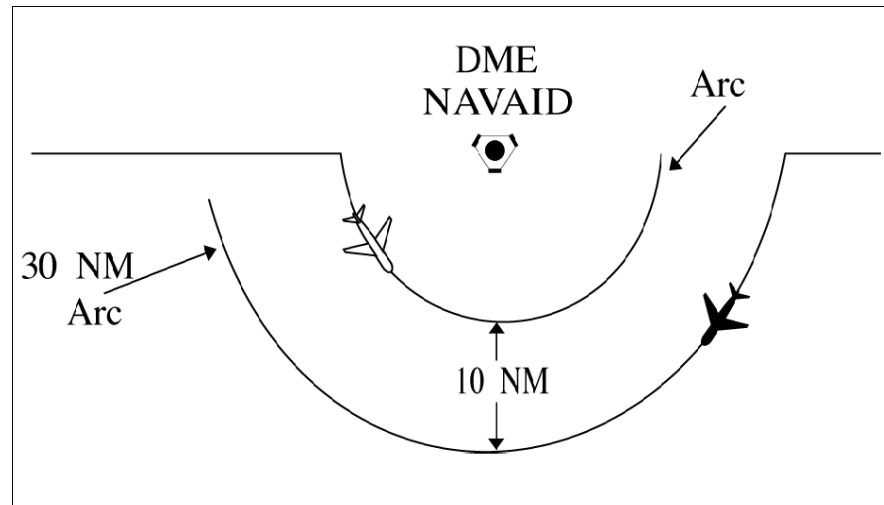


FONTE: Garmin



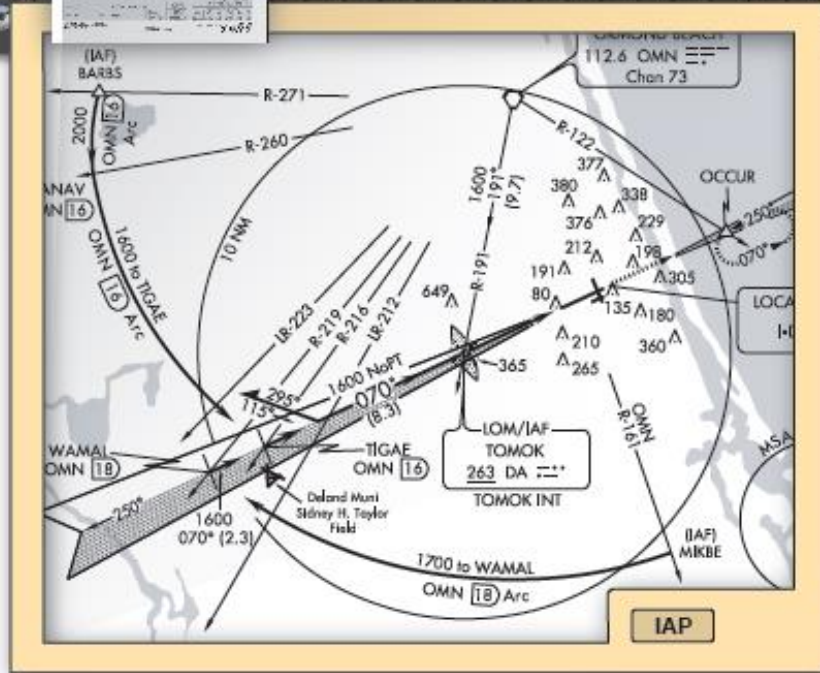
- **Funcionamento**
- A estação em solo consiste em uma antena de baixa altura que emite sinais em frequências UHF
- Em estações VOR/DME, as frequências do VOR (em VHF) e do DME (em UHF) são associadas
- Por esse motivo, em alguns aparelhos a bordo, basta selecionar a frequência do VOR, que a do DME é selecionada automaticamente
- Cada estação pode receber/transmitir até 100 sinais simultâneos

- **Arco DME**
- Arco DME consiste em se circular uma estação DME a distância constante
- Essa nomenclatura e procedimento são muito utilizados em pilotagem



FONTE: MasteringATC

- Arco DME



FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

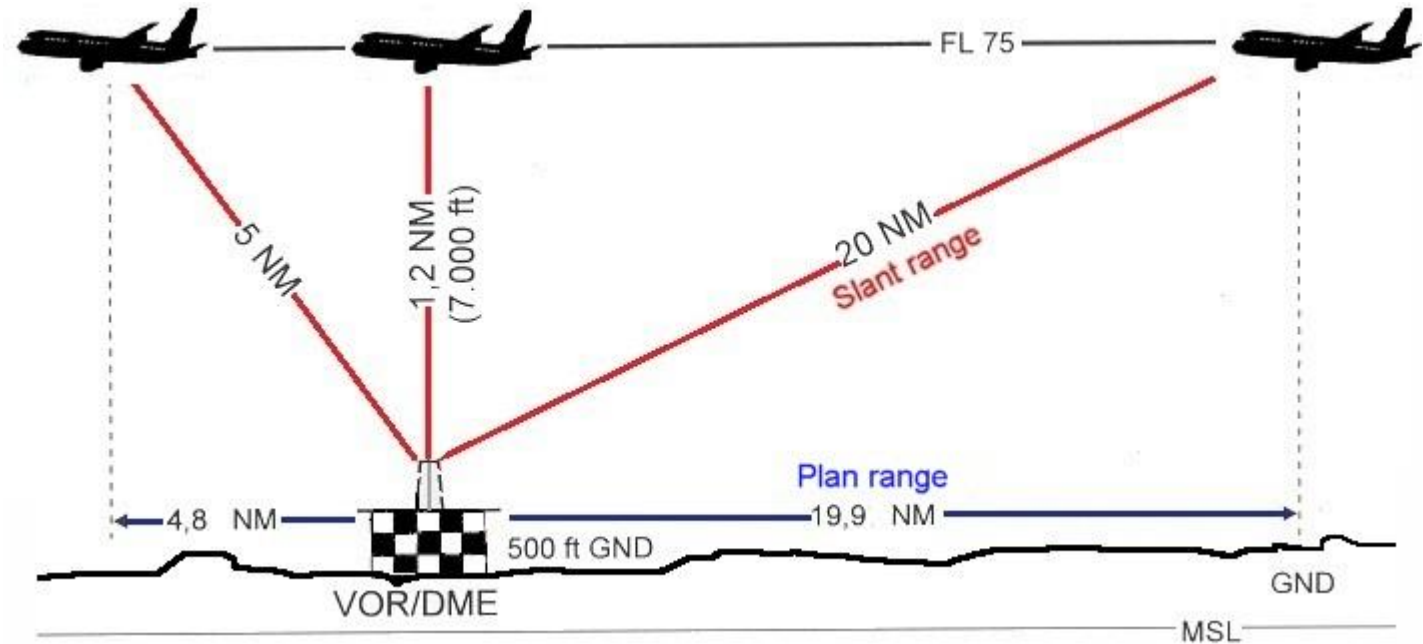
DME – Distance Measuring Equipment

- Arco DME



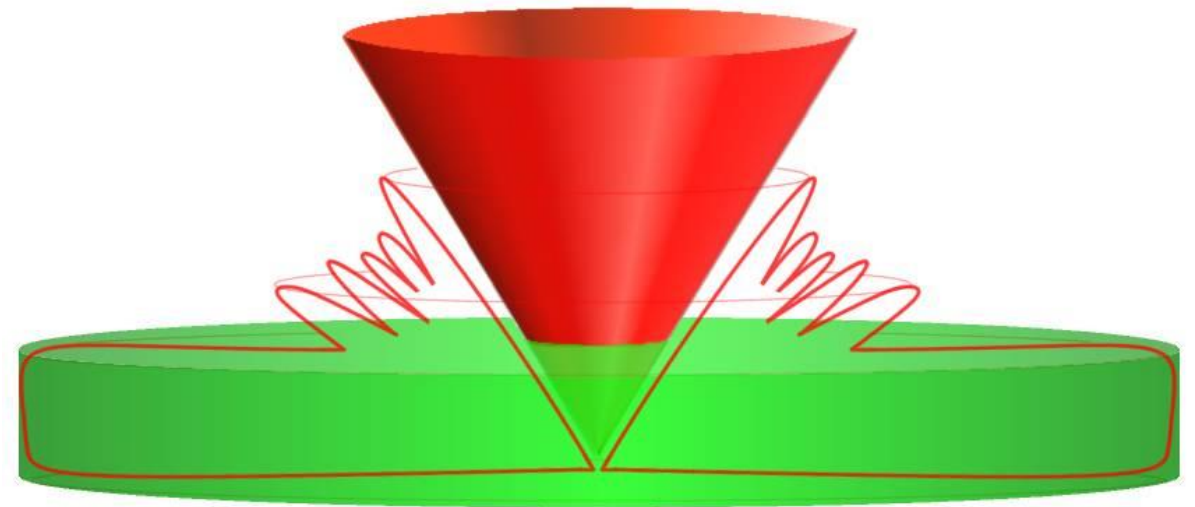
FONTE: FAA-H-8083-15B (2012)

- **Considerações Sobre Precisão do DME**
- O DME tem precisão de 0,1NM
- Porém, a indicação de distância é a distância real entre a estação e a aeronave, desconsiderando sua altitude
- Esse erro (em %) se torna menor a longas distâncias e baixas alturas



FONTE: Wikimedia

- **Considerações Sobre Precisão do DME**
- Logo, a distância indicada deve ser corrigida para se obter a distância em solo
- Sobrevoos a estações de DME podem ter perda de sinal, devido ao “cone cego”



FONTE: radartutorial.eu