

# Navegação Aérea IFR



OUTUBRO 2015

PEDRO BARROS NETO

## ÍNDICE

item	assunto	pág.
1	<b>NAVEGAÇÃO IFR OU VOO POR INSTRUMENTOS</b>	1
1.1	<b>NAVEGAÇÃO IFR CONVENCIONAL</b>	1
1.2	<b>ESTUDO DOS EQUIPAMENTOS RÁDIO E INSTRUMENTOS DE NAVEGAÇÃO EMBARCADOS NA AERONAVE</b>	13
1.3	<b>ESTUDO DOS INSTRUMENTOS DE VOO IFR</b>	18
2	<b>ELEMENTOS CONCEITUAIS UTILIZADOS NA NAVEGAÇÃO AÉREA</b>	20
2.1	<b>DEFINIÇÕES GERAIS</b>	20
2.2	<b>DEFINIÇÕES ESPECÍFICAS AOS AUXÍLIOS-RÁDIO TERRESTRES</b>	21
2.3	<b>ENTENDENDO AS INDICAÇÕES DO VOR</b>	26
3	<b>PROBLEMAS DE NAVEGAÇÃO</b>	31
3.1	<b>DADOS PARA OS PROBLEMAS DE NAVEGAÇÃO AÉREA IFR</b>	31
3.2	<b>MÉTODO DAS MÉDIAS E FÓRMULAS</b>	32
4	<b>EXEMPLOS DE CÁLCULOS DE NAVEGAÇÃO IFR</b>	42
5	<b>CARTAS AÉREAS</b>	53
6	<b>CNS / ATM – Communications, Navigation an Surveilllance / Air Traffic Management</b>	78
7	<b>RNAV (Navegação de área)</b>	85
8	<b>Sistema de gerenciamento do Voo (FMS-Flight Management System)</b>	107

## 1 - NAVEGAÇÃO IFR OU VOO POR INSTRUMENTOS

Agora que já temos os conhecimentos de navegação aérea visual, vamos iniciar o estudo da navegação aérea sob condições meteorológicas adversas, denominadas IMC (Instrument Meteorological Conditions) e auxiliados por instrumentos, sob as regras denominadas IFR (Instrument Flight Rules).

Com a evolução tecnológica esse tipo de navegação atualmente é feita de duas formas:

- Navegação convencional, baseada em auxílios-rádio terrestres, e que será estudada na primeira parte.
- Navegação baseada em performance (PBN – Performance-Based Navigation) que utiliza, além desses recursos terrestres, um sistema de satélites orbitais posicionadores, uma aviação computadorizada, especificações técnicas e procedimentos específicos. Será estudada na segunda parte.

**1.1 - NAVEGAÇÃO IFR CONVENCIONAL** - método de navegação, manual ou com piloto automático (AP), que permite determinar a localização da aeronave a qualquer momento, seguindo a orientação de sinais de estações rádio-balizadoras terrestres, apropriadas e identificadas para esse fim. A navegação é feita com a observação dos equipamentos-rádio embarcados na aeronave, cartas apropriadas e elementos conceituais.

### 1.1.1 - EQUIPAMENTOS-RÁDIO UTILIZADOS NA SUPERFÍCIE TERRESTRE (Navaid on the ground)

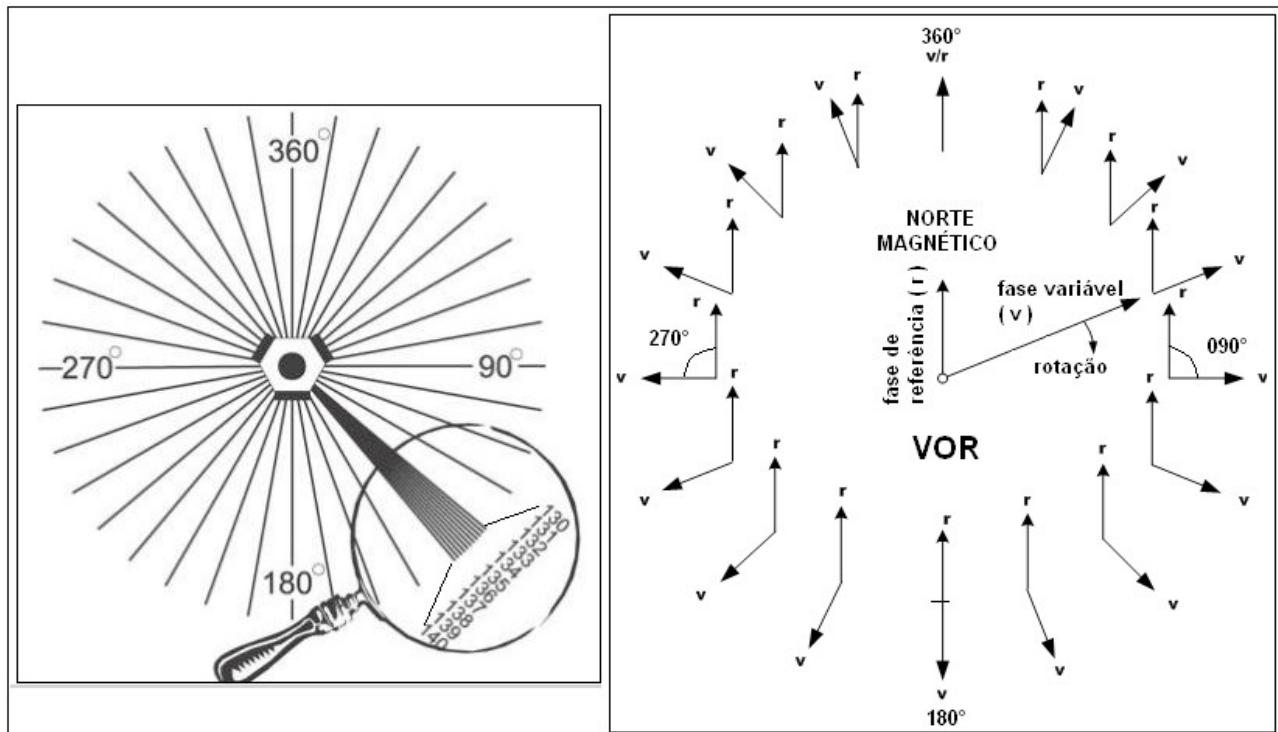
**1.1.1.1 - VOR (Very High Frequency Omnidirectional Range)** - transmissor de rádio VHF que emite sinais direcionais em forma de radiais.

- Faixa de frequências: frequência fundamental de 108.00 até 117.95 Mhz.
- Princípio de funcionamento: o transmissor emite 360 feixes de onda altamente direcionais, chamados de “radiais”. As radiais são transmitidas “rotacionalmente”, numa velocidade de 30 voltas por segundo (1800 r.p.m). Cada radial é composta pela frequência de referência (r), modulada por outra frequência igual, através da variação da relação de fases entre elas. São transmitidos 360 arranjos diferentes de modulação de fases, partindo do sinal com modulação zero grau, correspondente ao Norte magnético, alterando a relação de fase, de grau em grau, até a defasagem de 359 graus.
- Alcance : a propagação de ondas de rádio em VHF não acompanha a curvatura da terra, por isso, próximo à superfície terrestre, tem alcance limitado à linha do horizonte, ou no máximo 60 Km em solo nivelado ou sobre o mar (linha de visada do receptor até a antena da estação).

Seu alcance é prejudicado por obstáculos físicos como edificações ou montanhas mas o alcance do sinal até uma aeronave em voo fica ampliado pela altitude da aeronave, e neste caso, o limite será a potência do transmissor.

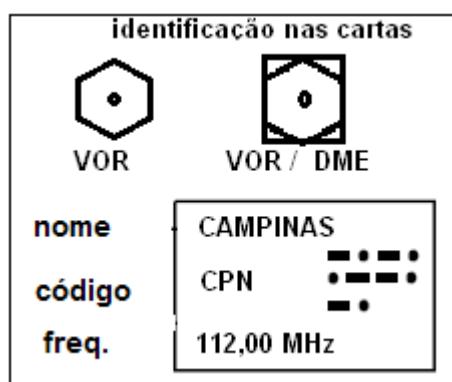
Outro fator que limita a intensidade do sinal é a distância, já que os feixes de ondas de cada radial, apesar de altamente direcionais, sofrem uma dispersão tomando a forma de um cone, tornando menos precisa a indicação a bordo da aeronave.

- Precisão: se a aeronave encontra-se em linha de visada com a antena transmissora, dentro de uma distância adequada, a propagação será firme, a qualquer hora do dia ou da noite, e não sofrerá alterações por conta de condições atmosféricas ou outros fatores adversos.
- Conflito de estações VOR próximas, com a mesma frequência: o grande número de



estações pode criar uma situação de conflito entre estações de mesma frequência, cabendo ao piloto identificar pelo “ID” do morse ou indicação visual no display, qual o VOR selecionado.

- Identificação: é fornecida por um sinal audível em código morse, constando de três letras, irradiadas periodicamente a pequenos intervalos, e nas cartas o símbolo é conforme figura abaixo.



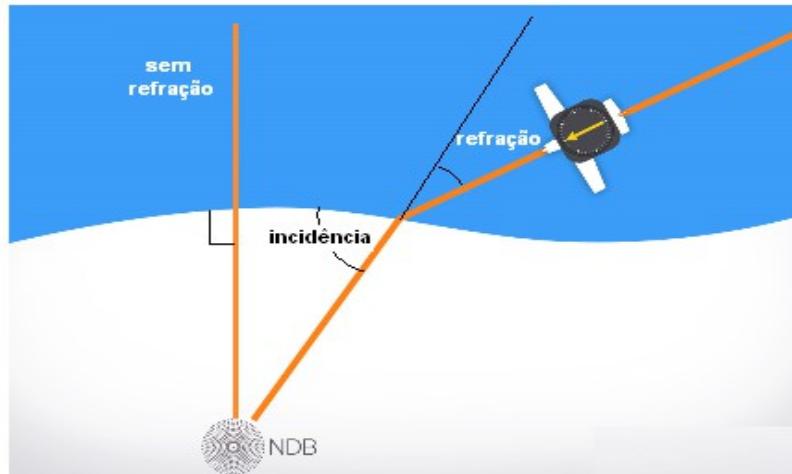
**1.1.1.2 - NDB (No Directional Beacon)** - emissora de rádio AM que transmite sinal omnidirecional.

ATENÇÃO: AIC-N 03 - Plano de Desativação Gradual das Estações NDB, em vigor desde 7 de Março de 2013

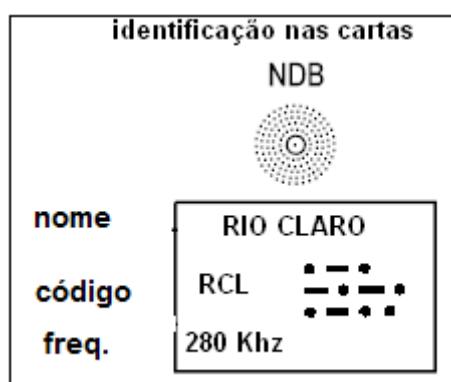
- Faixas de frequências: existem duas bandas distintas de operação: a primeira, dentro do espectro de ondas longas/médias, cobre de 190 a 535 kHz e a segunda, dentro do espectro de ondas médias, cobre de 1.600 a 1.800 kHz.
- Categorias e alcance: são classificados em quatro grupos: o alcance das estações NDB é proporcional ao quadrado de sua potência, ou seja, para dobrar seu alcance é preciso quadruplicar a potência de saída do transmissor, e pode alcançar até 500 milhas náuticas (926 Km) sobre o mar e 150 milhas náuticas (278 Km) sobre o solo.
  - Rádio-farol “L” 50 W;
  - Rádio-farol “M” de 50 a 2.000 W;
  - Rádio-farol “H” acima de 2.000 W;
  - Rádio-localizadores utilizados durante as aproximações de precisão como auxílio ao ILS.
- Princípio de funcionamento: a onda eletromagnética transmitida pelo NDB consiste de dois componentes: um campo elétrico (E) e um campo magnético (H). Estes campos são perpendiculares no espaço, e suas amplitudes variam sinusoidalmente com o tempo. A onda do NDB é polarizada verticalmente o que significa que o campo “E” é vertical e o campo “H” é horizontal. Na aeronave, o ADF tem duas antenas: Antena loop (composta por dois enrolamentos perpendiculares em um núcleo de ferrite quadrado) e uma Antena Sense . O ADF pode indicar, a partir dos sinais da antena loop, que o NDB está em uma de duas posições possíveis numa linha de 180 graus de separação, e a antena sense descobre qual a posição correta, fazendo com que o ponteiro do ADF aponte sempre nessa direção, independentemente da proa da aeronave.
- Precisão: sofrem muita degradação com condições meteorológicas adversas, obstáculos ou mudança de horário. Por isso este tipo de auxílio rádio é considerado de *não precisão*.
  - *Erro de Ionosfera* – nas transições de nascer ou por-do-sol ocorre um fenômeno de degradação das ondas médias, por isso o ADF de uma aeronave que estiver voando a mais de 30 NM da estação, nesses horários, fica com indicação errada da direção dessa estação. Contorna-se esse problema voando mais alto ou sintonizando uma estação de frequência abaixo de 350 KHz.
  - *Degradação em região montanhosa* – causada por reflexão das ondas e consequente desvio de direção da transmissão. Melhora-se a recepção nessas regiões, voando acima da linha de visada da antena transmissora.
  - *Interferência de linhas elétricas de alta tensão ou tempestades elétricas* – alteram o sinal morse de identificação e também desviam a direção das ondas eletromagnéticas.
  - *Amortecimento por oposição de fase (Fading)*- os fenômenos de refração e reflexão das ondas provocam uma defasagem entre segmentos de ondas que se propagam por caminhos diferentes e voltam a se encontrar fora de fase, chegando no receptor da aeronave muito atenuados.
  - *Erro de rolagem (Bank Error)*: quando a aeronave faz uma curva a antena loop sai da posição horizontal, desbalanceando a recepção do sinal polarizado emitido

pela estação NDB.

- *Refração pelo efeito costa* – a refração causada pela diferença de densidade da atmosfera continental e marítima, provoca o desvio das ondas eletromagnéticas, tanto maior quanto menor de  $30^\circ$  for o ângulo de incidência da onda de uma estação terrestre com a linha do litoral. A menor refração ocorre quando a estação está perpendicular à linha da costa (incidência a  $90^\circ$ ).



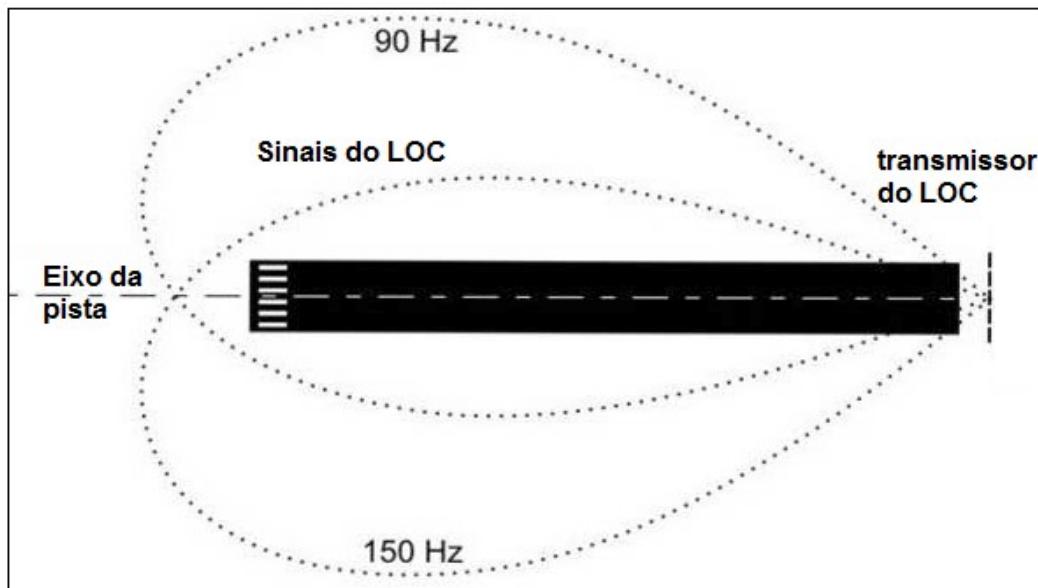
- Alternativa das estações AM comerciais (broadcasting) – O ROTAER publica as estações AM comerciais existentes nas cidades próximas aos aeródromos. Essas estações podem ser sintonizadas no ADF, como auxílio emergencial para substituir um NDB inoperante, apenas como balizamento, pois não têm cone de silêncio nem localização inserida em procedimentos e aproximação e pouso. São listadas, no máximo, quatro emissoras de cada município, acompanhadas dos respectivos prefixos e frequências.
- Identificação: a identificação dos rádios-faróis no ADF é fornecida por um sinal de áudio em código morse, no tom de 1.020 Hz, constando de duas ou três letras, irradiadas periodicamente a pequenos intervalos.
- Símbolo nas cartas de navegação:



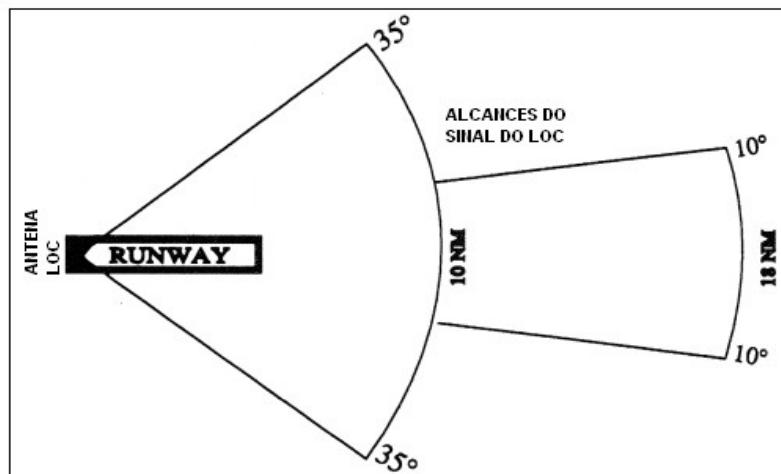
**1.1.1.3 - ILS – Instrument Landing System** – Sistema de pouso por instrumentos: é um sistema internacional, normalizado e de precisão, para aproximação e pouso em IFR ou VFR. Ele foi aceito como um sistema padrão pela ICAO (Organização da Aviação Civil Internacional) em 1947. Uma

vez que as especificações técnicas deste sistema são válidas em todo o mundo, uma aeronave equipada com esse sistema de bordo irá pousar de forma confiável em qualquer aeroporto onde o sistema de solo estiver instalado, desde que respeitadas as condições de teto e visibilidade requeridos por cada categoria.

- Princípio de funcionamento:
- Localizer - LOC (Localizador): é um sistema composto por um transmissor VHF e uma antena no eixo da pista, situada a 1.000 pés após a cabeceira oposta a qual se



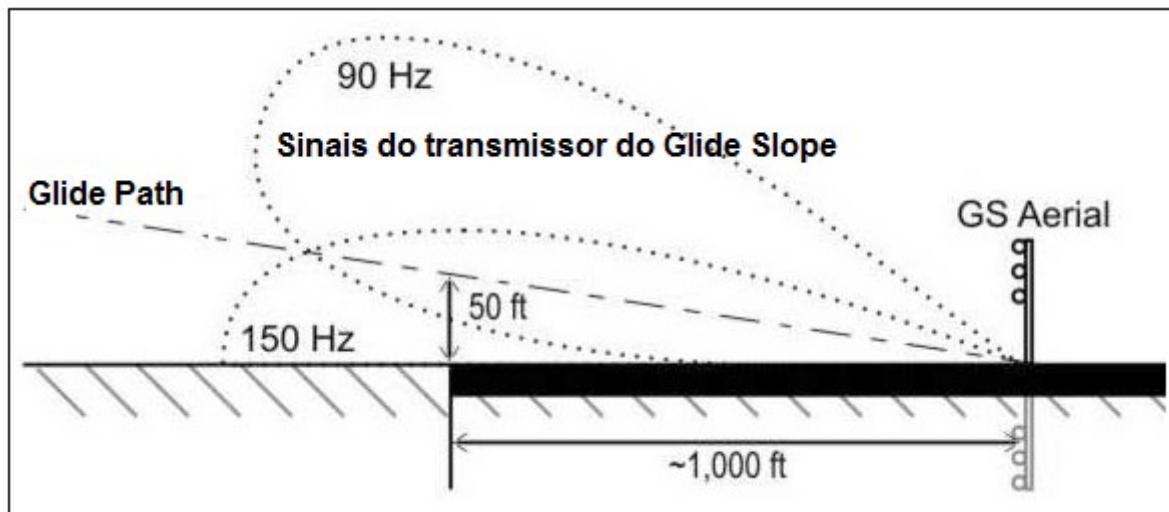
executa a aproximação, que utiliza a mesma faixa de freqüência dos VOR (108,10 a 111,95 MHz), porém as frequências do localizador só são colocados em casas decimais ímpares, com uma separação de canais de 50 kHz. O sistema transmite dois padrões de radiação direcionais: um lóbulo do lado direito, modulado em amplitude pelo tom de 150 Hz, e outro lóbulo do lado esquerdo, modulado pelo tom de 90 Hz. Estes dois padrões de radiação direcionais se intersectam, e assim, criam um plano de curso horizontal no prolongamento do eixo da pista. Seu alcance é de 25 NM, com cobertura de 35° até aproximadamente 17 NM e de 10° após 17 NM. Quando o ILS está com o Glide slope inoperante, informando apenas o eixo da pista o procedimento passa a ser de não precisão (LOC/LLZ).



- Glide Slope (GS)- fornece o ângulo de descida no plano vertical, através de um

transmissor de UHF, equipado por um sistema de antena que opera na faixa de 329,30 a 335,00 MHz, com uma separação de canais de 50 kHz. O transmissor fica localizado de 750 a 1.250 pés (228,6 a 381 m) a partir do início da pista e 400 a 600 pés (121,92 a 182,88 m) a partir de seu eixo. Assim como o sinal do localizador, o sinal do glide slope é composto de dois lóbulos de radiação, agora no plano vertical, sendo o lóbulo superior modulado em 90 Hz e o inferior modulado em 150 Hz. O ângulo de inclinação pode ser ajustado de 2,5 ° a 3 °, dependendo dos obstáculos ao longo do corredor de descida. O alcance é de 10 NM.

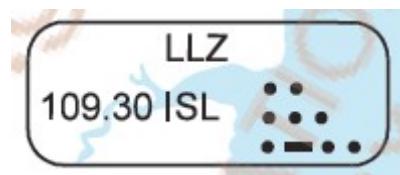
- Glide Path (GP) – caminho fornecido pelo Glide Slope.



- Precisão do ILS: o sistema é dividido em categorias, de acordo com os requisitos de teto e visibilidade mínima na trajetória de pouso:

Categoria de ILS	DA - (teto) mínimo	Visibilidade mínima
CAT I	DA 200 Fts	800 Mts
CAT II	DA 100 Fts	400 Mts
CAT III A	Não há mínimo	210 Mts
CAT III B	Não há mínimo	45 Mts
CAT III C	Não há mínimo	Não há mínimo

- Sintonia: é feita na frequência do LOC (VHF), e o glide slope (UHF) será automaticamente sintonizado.
- Identificação: sinal de áudio, modulado em 1.020 Hz, com três letras em código Morse, iniciando com a letra “ I ”.
- Símbolo e notação nas cartas de pouso: nas cartas IAC o sistema ILS é representado com a vista do plano horizontal (LOC) e a vista do plano vertical (Glide), e a notação traz o prefixo, a frequência e o código Morse.
- Regulamento operacional: ICA 100-16/2013

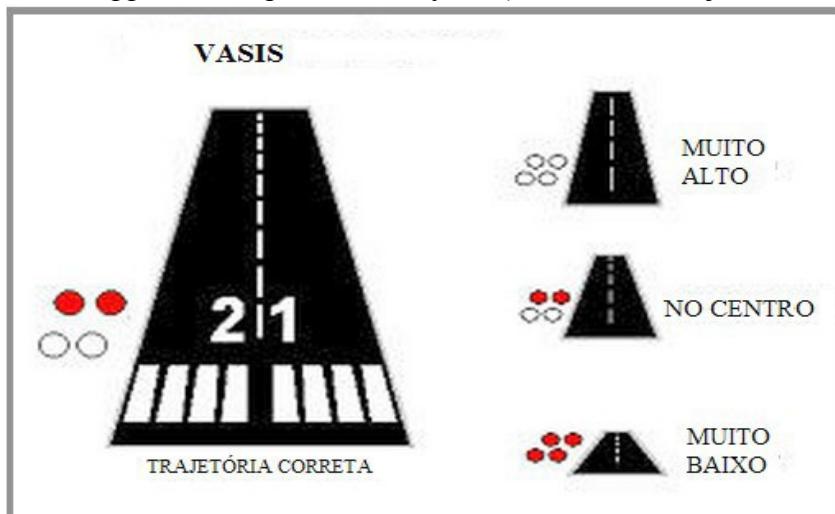


- Condições a serem satisfeitas simultaneamente para aproximações por instrumentos:
  - O aeroporto deverá estar equipado com os auxílios de aproximação e pouso ILS.
  - A aeronave deve possuir todos os sistemas requeridos e estar certificada para esse tipo de operação.
  - A tripulação deverá estar apta (treinamento e proficiência).
  - Os sistemas da aeronave deverão ser mantidos, de modo a desempenharem os níveis de performance existentes por ocasião da sua certificação.

#### 1.1.1.3.1 - ELEMENTOS DE SINALIZAÇÃO DE PISTA UTILIZADOS COMO COMPLEMENTOS DO ILS

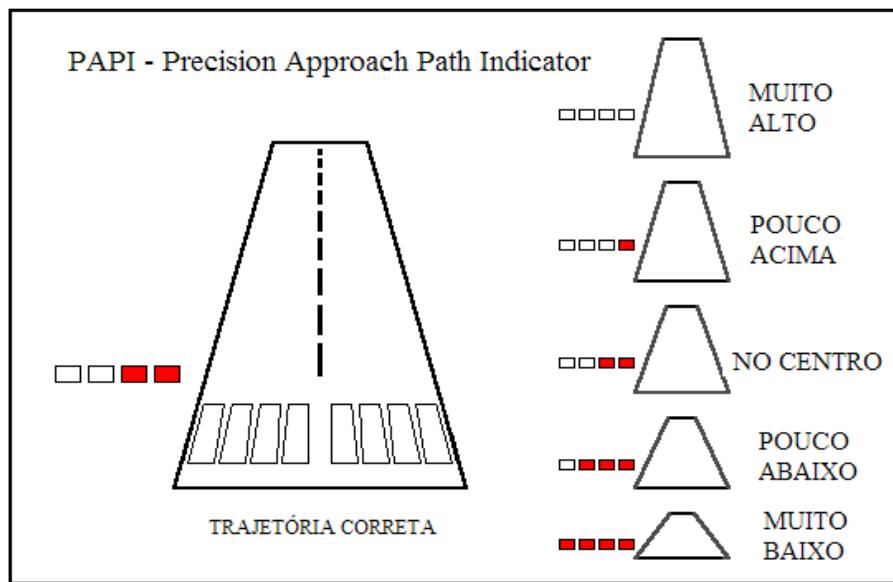
##### I. Luzes de balizamento:

- VASIS (Visual Approach Slope Indicator System) – são dois conjuntos de luzes ao lado da

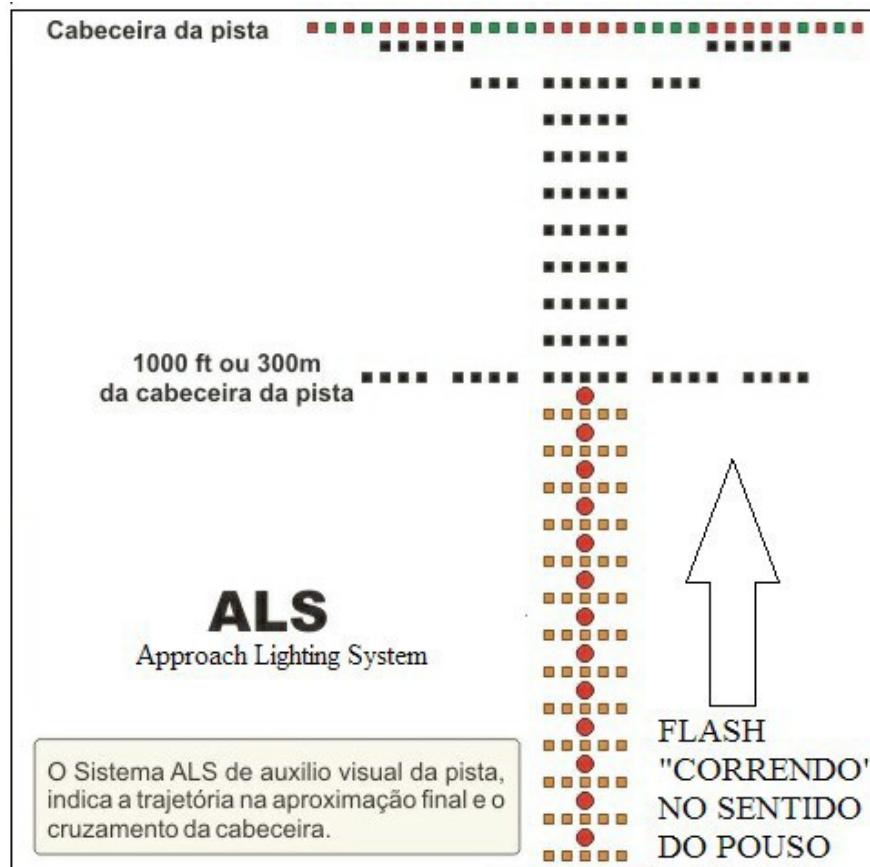


cabeceira da pista, distantes 7m uma do outra, e que podem exibir as cores branca (natural) e vermelha. A combinação dessas cores exibidas pelos conjuntos de luzes indicará a trajetória do planeio da aeronave durante a aproximação, conforme figura acima. Pode ser seguido com segurança até 200ft de altura, abaixo disso já não é confiável. Pode ser avistado a 3 Km durante o dia e 20 Km durante a noite.

- PAPI ( Precision Approach Path Indicator) – É uma melhoria do VASIS, também instalado ao lado da cabeceira da pista, são caixas de luzes colocadas lado a lado, e que mudam de vermelho para branco, conforme o ângulo de descida da aeronave. Podem ser avistadas a 3 milhas, durante o dia, e 20 milhas, durante a noite. É mais preciso que o VASIS, pois é confiável até 50ft (início do flare).



- ALS (Approach Lighting System)- é um sistema de luzes de aproximação utilizado para



melhorar a capacidade operacional e segurança da aeronave durante a operação de aproximação e pouso, particularmente durante períodos noturnos e/ou de visibilidade reduzida: fornece informação visual de alinhamento de pista, percepção de altura, orientação para rolagem e referências horizontais. Embora esses auxílios sejam utilizados para aproximações visuais, são também utilizados em conjunção com auxílios eletrônicos para

aproximação, e geralmente apoiam mínimos de visibilidades reduzidos. Os sistemas que são utilizados com auxílios de precisão ILS, PAR e MLS têm normalmente 3.000 pés de comprimento. Os sistemas que são utilizados com o VOR e NDB têm normalmente 1.400 pés de comprimento.

**II . Marcadores de posição por rádio-farol de emissão vertical:** são três equipamentos de rádio, emitindo um sinal vertical direcional, de forma cônica, operando na frequência de 75 Mhz, com 3 W de potência.

- Marcador Externo (OM, Outer Marker) - localizado a aproximadamente 7.200 m (3.9 NM)
- da cabeceira da pista. Ao ser bloqueado, emite sinais de áudio (400 Hz) equivalentes a dois traços de Morse por segundo, e no mostrador da aeronave há indicação luminosa na cor azul.
- Marcador Médio (MM, Middle Marker)- localizado a aproximadamente 1.050 m da cabeceira da pista. Ao ser bloqueado, emite sinais de áudio (1.300 Hz) equivalentes a um traço e ponto de Morse por segundo, e no mostrador da aeronave há indicação luminosa na cor âmbar.
- Marcador Interno (IM, Inner Marker) - localizado a aproximadamente 300 m da cabeceira da pista. Ao ser bloqueado, emite sinais de áudio (3.000 Hz) equivalentes a seis pontos de Morse por segundo, e no mostrador da aeronave há indicação luminosa na cor branca.

NOTA: Tipos de operação para aproximação e pouso com ILS:

- Aproximação Manual guiada pelo F/D (Flight Director): efetuada com o uso de F/D até a DH (Decision Height), sendo requeridos dois F/D operantes para aproximação CAT II.
- Aproximação Manual Baseada nas Indicações de Desvio de LOC e GS: efetuada com base nas indicações de desvio do ILS apresentadas no ADI e HSI.

#### 1.1.1.3.2 – CATEGORIAS DE ILS

Dependendo do tipo de equipamento instalado em terra, do equipamento de bordo e da qualificação dos pilotos, uma aproximação pelo ILS pode ser enquadrada em três categorias:

##### ILS CAT - I

Sistema de aproximação e pouso de precisão que conduz a aeronave até uma altura mínima de 60 metros sobre a cabeceira da pista (DH), requerendo uma visibilidade mínima de 800 metros como parâmetro para prosseguimento na aproximação de pouso.

##### ILS CAT - II

Sistema de aproximação e pouso de precisão que conduz a aeronave até uma altura mínima de 30 metros sobre a cabeceira da pista (DH), requerendo uma visibilidade mínima de 400 metros como parâmetro para prosseguimento na aproximação de pouso.

##### ILS CAT – III A

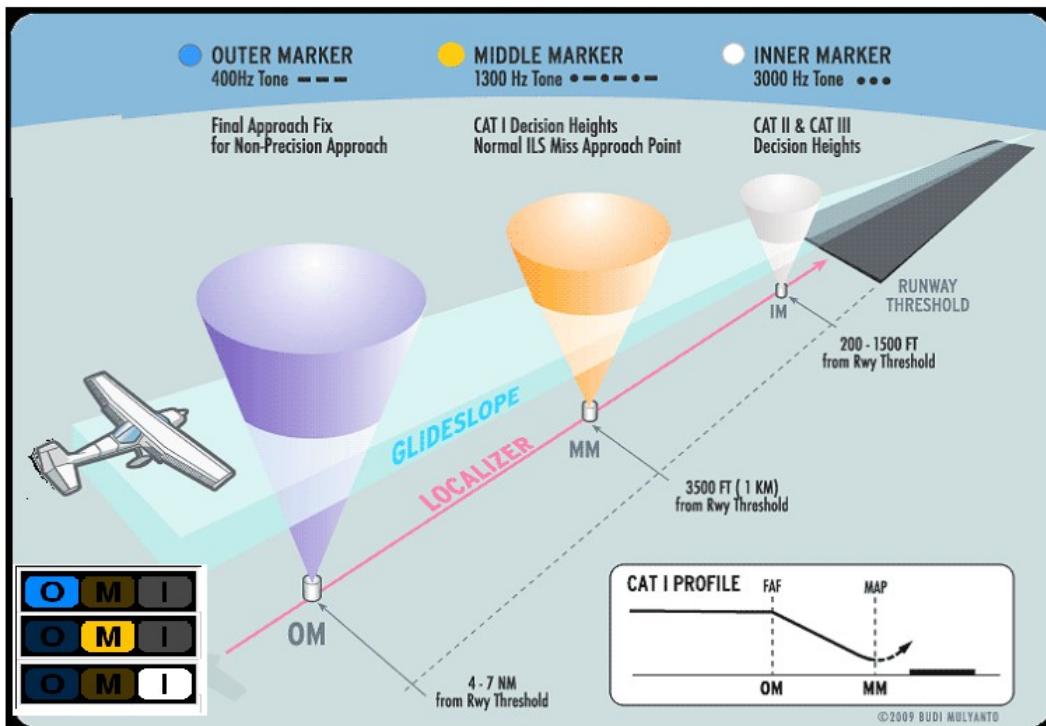
Sistema de aproximação e pouso de precisão que conduz a aeronave até uma altura mínima de 15 metros sobre a cabeceira da pista (DH), requerendo uma visibilidade mínima de 200 metros como parâmetro para prosseguimento na aproximação de pouso.

##### ILS CAT III – B

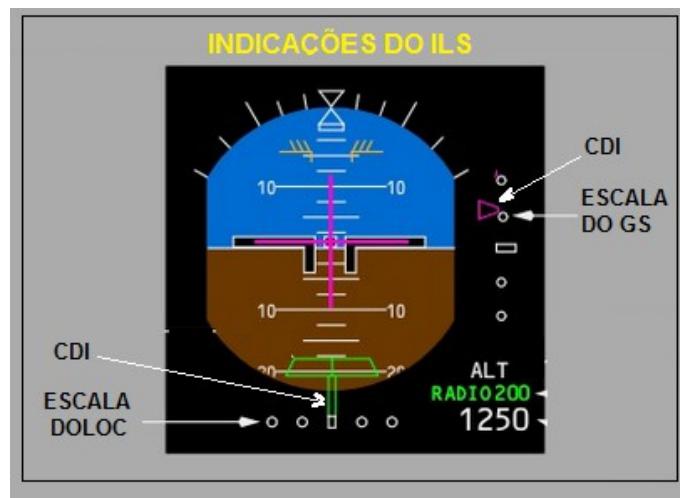
Sistema de aproximação e pouso de precisão que conduz a aeronave até uma altura mínima de 15 metros sobre a cabeceira da pista (DH), requerendo uma visibilidade mínima de 50 metros como parâmetro para prosseguimento na aproximação de pouso.

### ILS CAT – III C

Sistema de aproximação e pouso de precisão que conduz a aeronave até o pouso sem limitações de altura de decisão (DH) ou de visibilidade mínima para prosseguimento na aproximação e pouso.

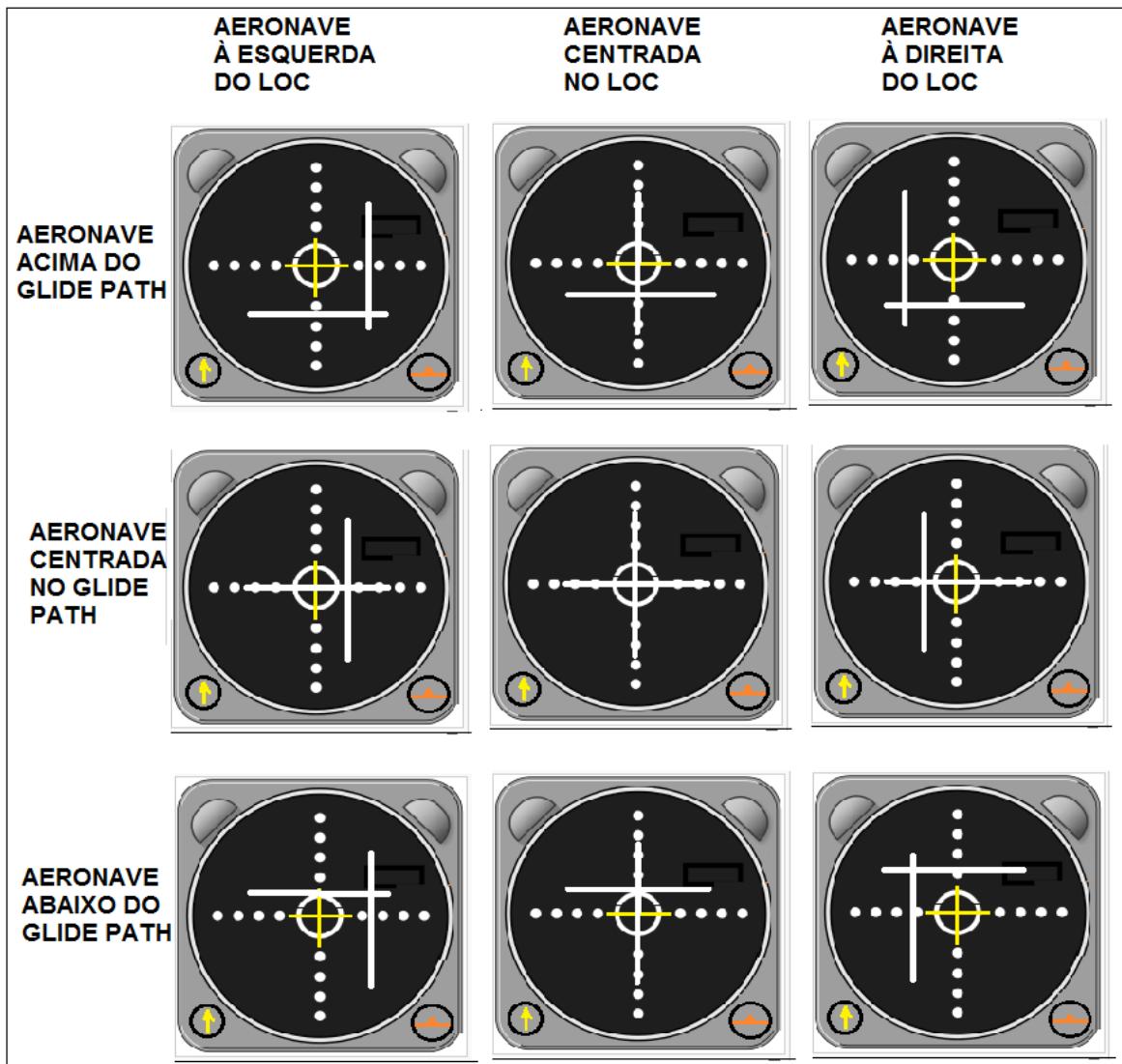


**1.1.1.3.3 - PRÁTICA DE POUSO ILS** – Conforme o modelo do instrumento, a indicação de Desvio das trajetórias Horizontal e Vertical (CDI – Course Desviation Indicator) é feita por traços, dentro do mostrador, ou por pontos de seta nas laterais do mostrador. O ponto central do instrumento representa a aeronave. O ponto de cruzamento dos indicadores móveis (CDI) representa a posição atual da aeronave.



Interpretação das escalas Horizontal e Vertical do Instrumento:

- A escala vertical do Glideslop (GS) só estará ativa em operação de pouso ILS. Tem amplitude total de  $1^\circ$ , com traços espaçados de  $0,1^\circ$ .
- A escala horizontal quando em navegação por VOR (NAV 1) tem amplitude de  $\pm 10^\circ$ , com os traços espaçados a  $2^\circ$ .
- A escala horizontal quando em operação de pouso ILS (LOC) tem amplitude total de  $\pm 2,5^\circ$ , com traços espaçados de  $0,5^\circ$  (ampliação da precisão em 4 vezes).

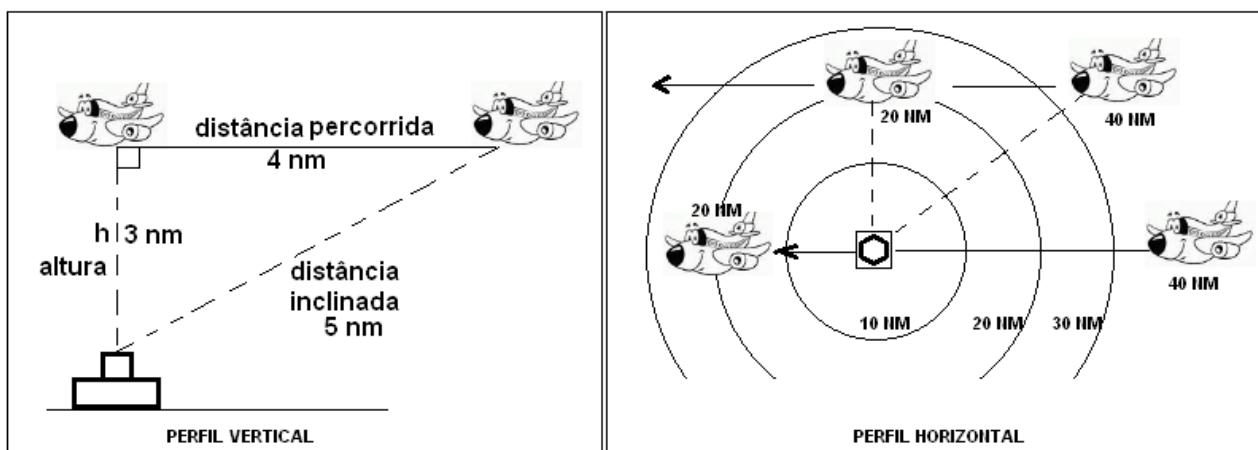


**1.1.1.4 - DME – Distance Measuring Equipment** - Equipamento transceptor de rádio, acoplado às estações de VOR ou ILS, para indicar a distância entre a aeronave e o equipamento terrestre.

- Princípio de funcionamento: O DME em solo é um transceptor que opera na faixa de UHF, e através da emissão e recepção de pulsos, entre a estação terrestre e a aeronave, também com um transceptor embarcado, é capaz de indicar a distância entre os dois.
- Precisão: a faixa de erro de  $\pm 1,25\%$ .
  - As distâncias indicadas pelo DME são distribuídas no espaço de forma concêntrica, com a estação no centro. Portanto, para uma aeronave em voo, não existem

distâncias horizontais. Esse tipo de medição é chamado de "slant range" ou seja, obliqua: indica a distância da linha reta entre a aeronave e a antena do DME em solo.

- Voar sobre um DME significa ler a altura (h) da aeronave à estação.
- Voar lateralmente a um DME não permite que a Velocidade de Solo (calculada ou indicada pelo próprio DME) esteja correta: esse valor só será válido se a aeronave voar diretamente para o DME ou a partir dele.
- Alcance: na superfície plana, até a linha do horizonte ou linha de visada para a antena do equipamento em solo. Uma aeronave voando em altitude pode ter o alcance do DME até 200 NM. Quando o DME é acoplado a um LLZ ou ILS, seu alcance é restrito a 40 NM.
- Sintonia: automaticamente, ao sintonizar o VOR ou ILS.
- Identificação: utiliza os sinais de áudio (Morse) do VOR ou ILS a que estiver acoplado.
- Símbolo nas cartas: ver símbolo de VOR com DME.



### 1.1.1.5 – INFORMAÇÕES GERAIS DOS TRANSMISSORES DOS AUXÍLIOS-RÁDIO

**1.1.1.5.1 - Cone de Silêncio:** É a região cônica, centrada no topo de uma antena rádio-transmissora de VOR ou NDB, onde há ausência do sinal eletromagnético transmitido por essa antena.

O diâmetro do cone cresce quanto maior for a altura do voo sobre a antena. O fenômeno é utilizado para balizar alguns procedimentos de navegação, de aproximação e de pouso, através do sobrevoo ou “bloqueio” do auxílio-rádio.

#### 1.1.1.5.2 - INFORMAÇÕES NO ROTAER

**Instalações de Radionavegação** - sob este título estão listados todos os auxílios-rádio (VOR, DME ou NDB) existentes em uma Área de Controle Terminal (TMA) ou em um Aeródromo, seguidos dos seus respectivos identificadores, frequências e coordenadas.

Quando o aeródromo dispuser de ILS, este virá listado neste campo antes dos auxílios-rádio, seguido da indicação da pista para a qual será utilizado, a identificação (sinal Morse) e a frequência do localizador (LOC).

**NOTA:** Todos os equipamentos “ILS” no Brasil têm o “FRONT COURSE” utilizável até 35° de cada lado do curso do localizador (LLZ) até 10NM, ou a 10° de cada lado do curso do LLZ até 18NM. No Brasil o “BACK-COURSE” não é utilizável. Sinais não confiáveis poderão ser recebidos além dessas áreas. Tais equipamentos estão indicados na subseção AD 2.19.

## 1.2 - ESTUDO DOS EQUIPAMENTOS RÁDIO E INSTRUMENTOS DE NAVEGAÇÃO EMBARCADOS NA AERONAVE

O painel de rádios (Radio Stak) é composto por todos os controles dos diversos tipos de rádio da aeronave:

- Comunicações (COMM 1 e COMM 2) com duas frequências: em uso e standby.
- Navegação VOR (VHF Omnidirectional Range) identificados como NAV 1 e NAV 2, com duas frequências no mostrador: frequência em uso e frequência stand by.
- Navegação ADF (Automatic Direction Finder).
- DME (Distance Measurement Equipment).



- ILS ( Instrument Landing System) sintonizado pelo NAV 1.
- Transponder: codificador e mostrador.
- Marcadores auxiliares do ILS.
- Seletores speaker / phone.

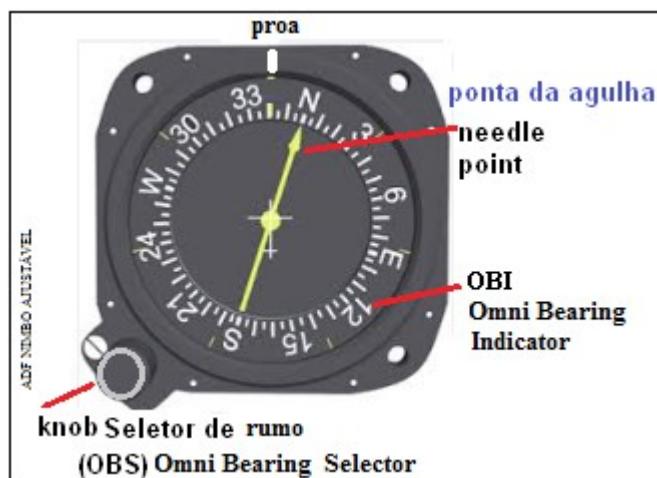
**1.1.2.1 - ADF (Automatic Direction Finder)** - foi o primeiro auxílio-rádio para o voo IFR. Surgiu por volta de 1923 e é usado até hoje. O piloto sintoniza uma estação de Rádio Farol NDB (Non Directional Beacon) ou uma estação de rádio broadcast AM (conhecida) e um ponteiro indicará a direção do transmissor.

É o conjunto formado por antenas (loop e sense), receptor e a unidade indicadora analógica.

O instrumento analógico pode ser de três tipos:

- ADF com mostrador fixo (limbo fixo).
- ADF com mostrador móvel ajustado manualmente.
- RMI single needle (Radio Magnetic Indicator) de agulha simples.

**I - ADF LIMBO FIXO (Fixed Compass Card):** A marcação 0º sempre coincide com a proa da aeronave, portanto a indicação lida pelo ponteiro é a direção em que se encontra a estação NDB. Esta marcação é chamada de Marcação Relativa (MR) e será visto no estudo dos conceitos.



**II - ADF LIMBO MÓVEL (Adjusted Compass Card):** Permite ao piloto ajustar manualmente a proa da aeronave, pela indicação de uma bússola ou giro direcional, por meio de um botão (knob OBS selector). Isso significa que o piloto deverá ao final de cada curva, fazer o ajuste do ADF, colocando a proa atual. Somente assim, será possível ler diretamente no ADF o QDM ou o QDR. Este instrumento tem seus prós e contras: a seu favor está o fato de que o piloto terá a leitura direta do QDM ou QDR no próprio ADF. Porém, o fato de o piloto ter que fazer o ajuste da proa ao final de cada curva, ou mudança de proa, aumenta a carga de trabalho e a chance de erros.

**III - RMI single-needle (Radio Magnetic Indicator):** Instrumento analógico com apenas uma agulha (ponteiro único), com limbo ajustável automaticamente por um flux gate (bússola eletromagnética remota). É usado para navegação ADF, pois ele indica tanto a proa magnética da aeronave como o rumo magnético de uma estação, mesmo em curva.

A agulha sempre apontará para o NDB sintonizado pelo receptor ADF. A vantagem é que ele mostra diretamente o QDM para um NDB, sem termos que fazer aqueles cálculos com marcações relativas.

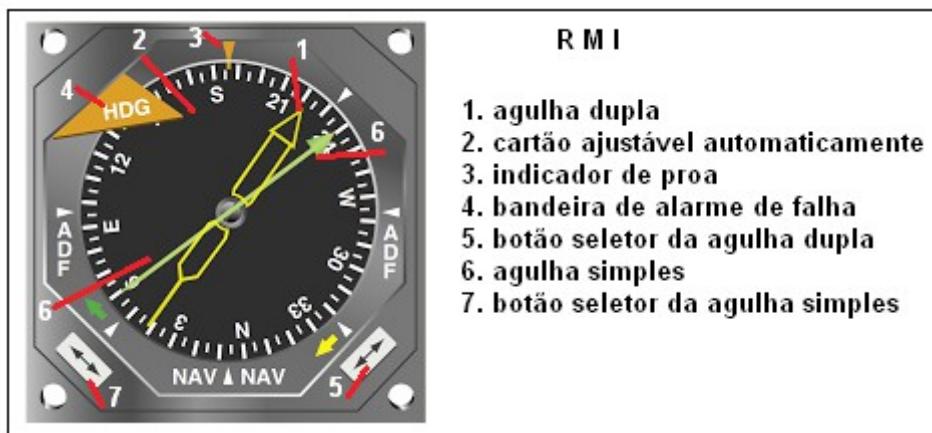


O indicador ADF da figura mostra uma aeronave com proa de  $345^{\circ}$  e uma estação NDB a  $060^{\circ}$ .

### 1.1.2.2 - INSTRUMENTOS INDICADORES DE CURSO (VOR / NAV)

**I - RMI dual-needle (Radio Magnetic Indicator)** - instrumento analógico com duas agulhas, tem o mesmo princípio de funcionamento do instrumento single-needle só que funciona tanto como ADF 1 e ADF 2, ou como NAV 1 e NAV 2.

Os dois ponteiros (agulhas) desse instrumento podem exibir sobre um mesmo eixo, e alternativamente, as indicações dos ADF 1 e ADF 2 e também do NAV 1 e NAV 2.



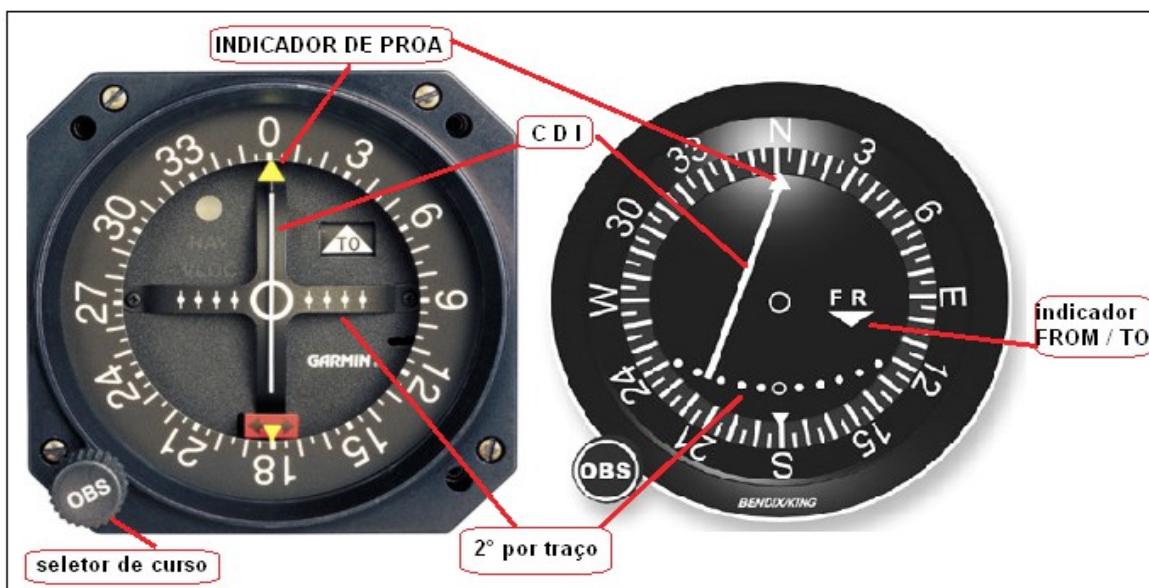
Pode "transformar" um VOR em um ADF de grande precisão, pois o seu ponteiro apontará diretamente para uma estação de VOR, se esse auxílio for selecionado. Isso permite que possamos saber qual o curso para o VOR, sem termos que usar o OBS pois o ponteiro selecionado mostrará sempre o curso para a radial do VOR.

Para evitar confusão, o piloto deverá ficar atento à posição das seletoras para saber qual tipo de sinal está em cada agulha. Com isso, evitam-se problemas durante a navegação.

É um instrumento com dupla função: indicador de proa magnética (heading) e indicador de rumo magnético (omni bearing) ou radial omnidirecional.

**II – Indicador de curso (VHF NAV)** – é um instrumento analógico para navegação aérea por VOR. Suas principais partes, são:

- botão seletor de curso (OBS knob).
- Ponteiro (needle) indicador de desvio de curso (CDI) e escala horizontal. Se a aeronave está dentro do curso selecionado, o ponteiro fica no centro da escala. Se a aeronave sai do curso, o ponteiro se desloca lateralmente no sentido contrário, numa escala de  $\pm 10^\circ$ , com traços a cada  $2^\circ$ . A correção do curso é feita desviando-se a proa da aeronave para o lado oposto ao ponteiro deslocado, até que ele volte ao centro da escala.
- TO / FROM – indicador de ambiguidade - setas que indicam se a aeronave se aproxima ou se afasta de uma linha perpendicular ao curso selecionado, que passa pela estação, independentemente da proa voada.
- Bandeira de alarme ON / OFF – indica se o instrumento está ativo ou sem sinal.



**III - HSI (Horizontal Situation Indicator)** – trata-se de um giro direcional (compasso) ajustado automaticamente pelo sinal de um Flux Gate, o que garante alta estabilidade na informação de proa da aeronave, mesmo em curvas. Instrumento para navegação VOR (NAV com o piloto automático) e pouso ILS (APP com o piloto automático). Dispõe de dois botões seletores:

- seletor de curso: posiciona o conjunto (amarelo) formado pelo ponteiro (CDI) e o indicador de curso, no curso da rota a ser seguida, na função NAV ou APP do piloto automático;
- seletor de proa: posiciona o cursor HDG no valor da proa desejada, para ser seguida pelo piloto automático na função HDG.

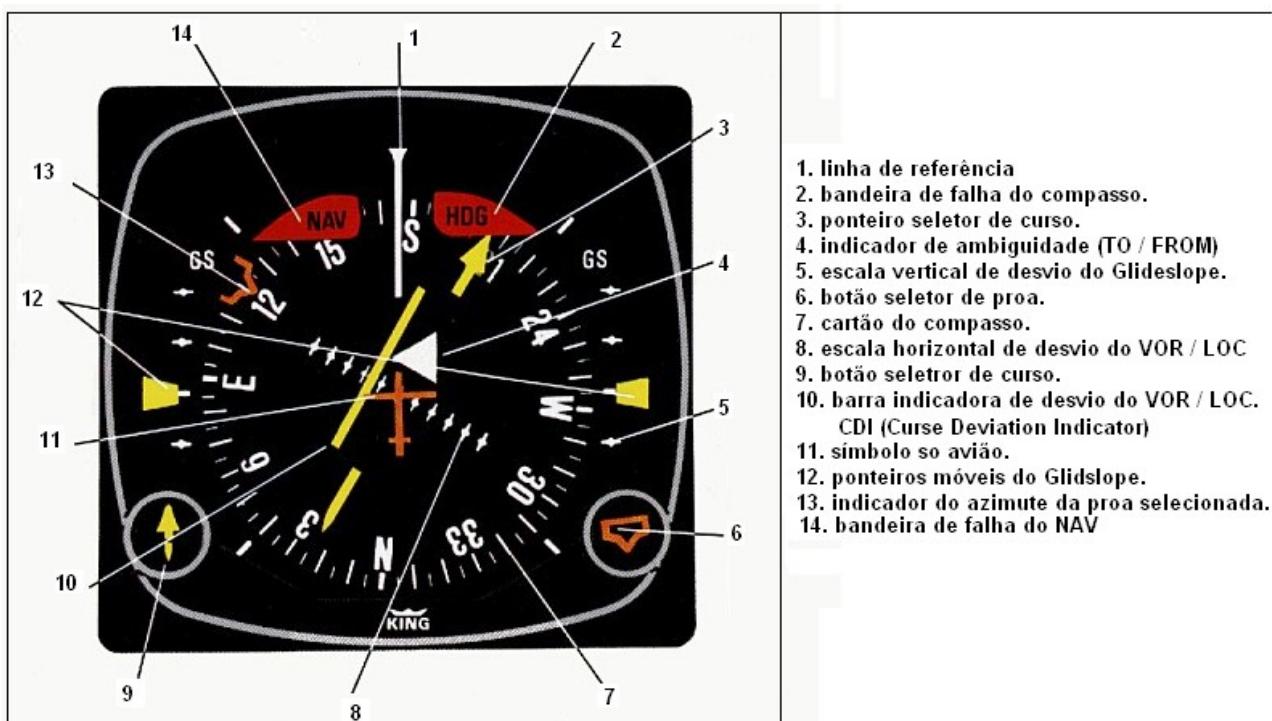
Interpretação das escalas:

- A escala vertical do Glidslop (GS) só estará ativa em operação de pouso ILS. Tem amplitude total de  $1^\circ$ , com traços espaçados de  $0,1^\circ$ .
- A escala horizontal quando em navegação por VOR (NAV 1) tem amplitude de  $\pm 10^\circ$ , com os traços espaçados a  $2^\circ$ .
- A escala horizontal quando em operação de pouso ILS (LOC) tem amplitude total de  $\pm 2,5^\circ$ , com traços espaçados de  $0,5^\circ$  (ampliação da precisão em 4 vezes).

Bandeiras de falha:

- HDG: indica falha do compasso magnético;

- NAV: indica falha se sinal do VOR/LOC;



**1.1.2.3 - TRANSPONDER** - Transceptor de radar secundário de vigilância (SSR) de bordo, que automaticamente recebe sinais de rádio dos interrogadores de solo e que, seletivamente, responde, com um pulso ou grupo de pulsos, somente àquelas interrogações realizadas no MODO e CÓDIGO para os quais estiver ajustado.

A identificação da aeronave é feita através de um código que o piloto seleciona no equipamento. Tal código deve ser informado pelos órgãos ATC, sendo que no caso de não haver ATC online, o piloto deverá acionar o código 2000.

**NOTA- RADAR SECUNDARIO DE VIGILANCIA (SSR)** - Sistema radar secundario que utiliza transmissores-receptores (interrogadores de solo e respondedores de bordo) e que se ajusta as especificacoes preconizadas pela OACI. (O radar secundario só é capaz de captar sinais de alvos ativos, ou seja, de aeronaves que contenham um transponder).



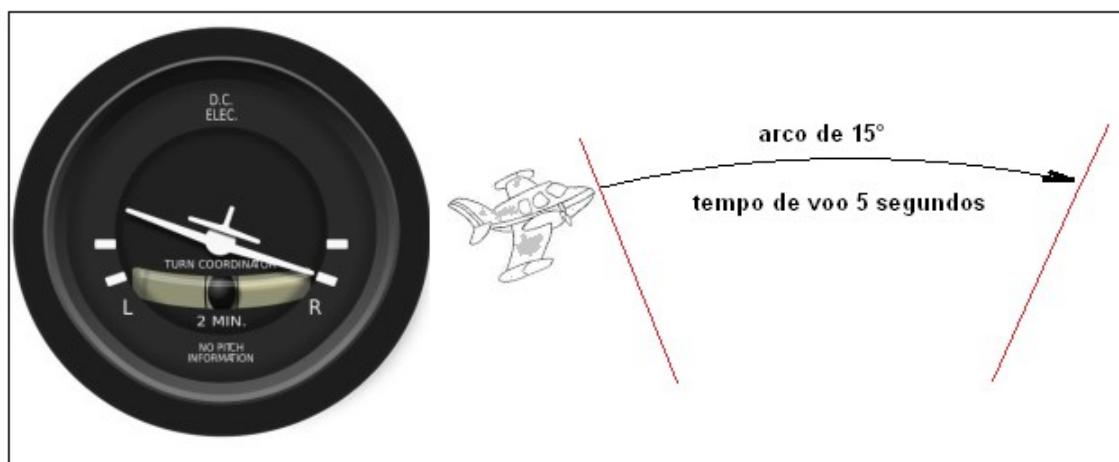
**NOTA - SISTEMA ANTICOLISAO DE BORDO (ACAS)** - Sistema em aeronave, baseado em sinais de transponder do radar secundario de vigilancia (SSR) que opera independentemente do equipamento de terra para prover aviso ao piloto sobre possíveis conflitos entre aeronaves

equipadas com transponder.

### 1.3 - ESTUDO DOS INSTRUMENTOS DE VOO IFR

**1.3.1 - COORDENADOR DE CURVA ( Turn Coordinator )** - Todos os procedimentos IFR usam uma razão de curva padrão (arco / tempo) de  $3^\circ$  por segundo, ou  $360^\circ$  em dois minutos. Essa curva padrão é indicada pelo segundo traço branco ao lado da figura da asa do avião.

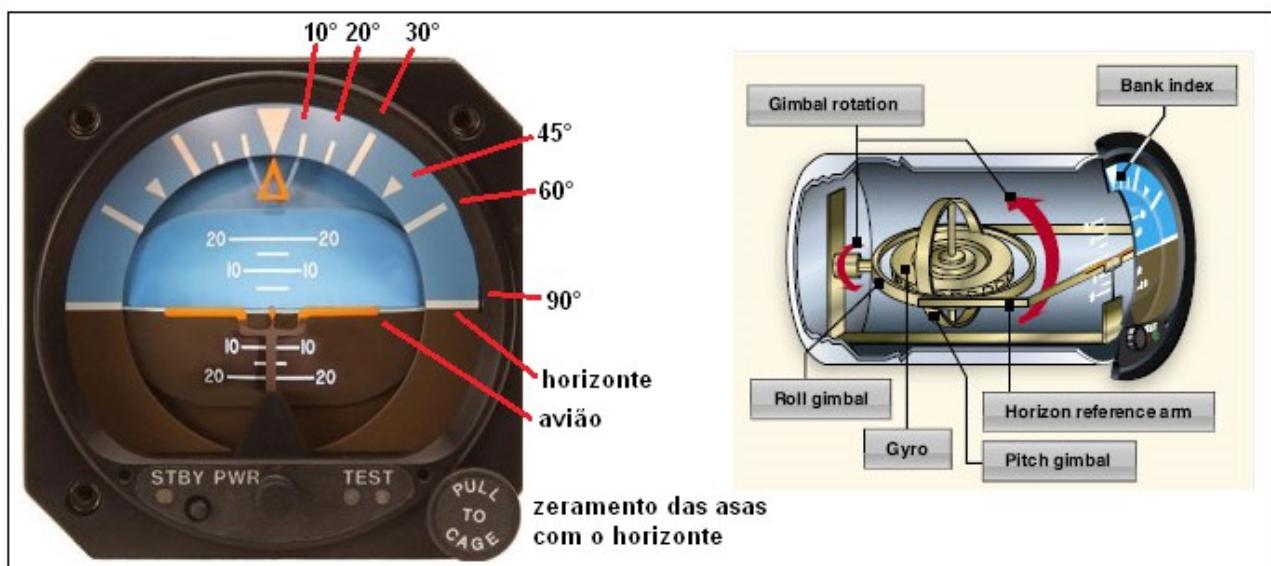
NOTA: A inclinação da figura do avião no Coordenador de Curva não indica o ângulo de inclinação da asa (roll). Indica que a inclinação atual está de acordo com a velocidade, para cumprir a trajetória da curva dentro do tempo padão. A inclinação das asas (roll) é mostrada no Horizonte artificial.



Outros instrumentos de voo VFR já foram estudados anteriormente, portanto agora veremos somente o instrumento Horizonte Artificial.

**1.3.2 - AI (Attitude Indicator) ou Horizonte Artificial** - é o instrumento inercial, cujo giroscópico é montado na horizontal, e sua rigidez no espaço permite que o instrumento indique a atitude da aeronave, que é a posição da aeronave em voo em relação ao horizonte, considerando os eixos lateral e longitudinal.

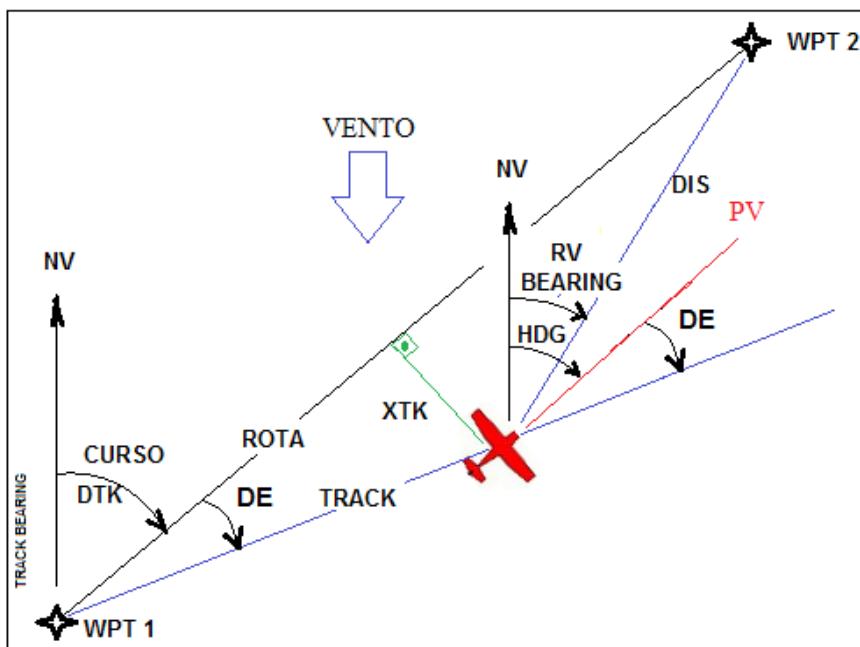
- Escala da inclinação das asas (roll) - é na região superior do mostrador, dividida em  $10^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $30^\circ$  e  $60^\circ$ , tendo o “pointer” no centro superior a escala.
- Escala de subida / descida (Pitch) - traços horizontais acima e abaixo da linha central de referência (horizonte), espaçados de  $5^\circ$ .
- Pointer da inclinação das asas (roll) – no cetro superior da escala. Durante uma rolagem, a escala se mantém fixa com a vertical e o pointer tem um deslocamento relativo, no mesmo sentido da rolagem.
- Pointer de subida/descida (pitch) – Um símbolo de avião ou seta, localizado no centro do mostrador e zerado na linha que representa o horizonte. Durante uma arfagem, o símbolo se desloca no mesmo sentido do nariz da aeronave.



## 2 - ELEMENTOS CONCEITUAIS UTILIZADOS NA NAVEGAÇÃO AÉREA

Considerando que o sistema dos pontos cardinais (NESO) é destrógiro, todos os azimutes serão tomados no sentido horário, a partir do Norte (verdadeiro ou magnético).

### 2.1 - DEFINIÇÕES GERAIS:



**2.1.1 - ROTA (Route)** – Linha traçada numa carta, impressa ou digital, entre dois pontos da superfície terrestre.

**2.1.2 - CURSO (Course)** – Direção de uma rota em relação ao Norte. No GPS é também designado por DTK (Desired Track).

**2.1.3 - PROA (Heading ou HDG )** - Direção apontada pelo nariz da aeronave em relação ao Norte.

**2.1.4 – RUMO ( Bearing)** – Direção da linha que liga a aeronave a um fixo, destino, ou estação terrestre, em relação ao Norte (verdadeiro ou magnético).

**2.1.5 - TRAJETÓRIA (Track - TRK)** – Direção do caminho percorrido pela aeronave em relação ao Norte (verdadeiro ou magnético).

**2.1.6 – ÂNGULO DE DERIVA – (DE) ou (DA - Drift Angle)** - Sob a ação do vento lateral, se a aeronave parte do ponto “A” para o ponto “B” com a proa apontada diretamente para o curso da rota pretendida (HDG = COURSE), ela se afastará gradualmente dessa rota.

- É o ângulo que vai da proa voada (HDG) para o rumo seguido (Track).

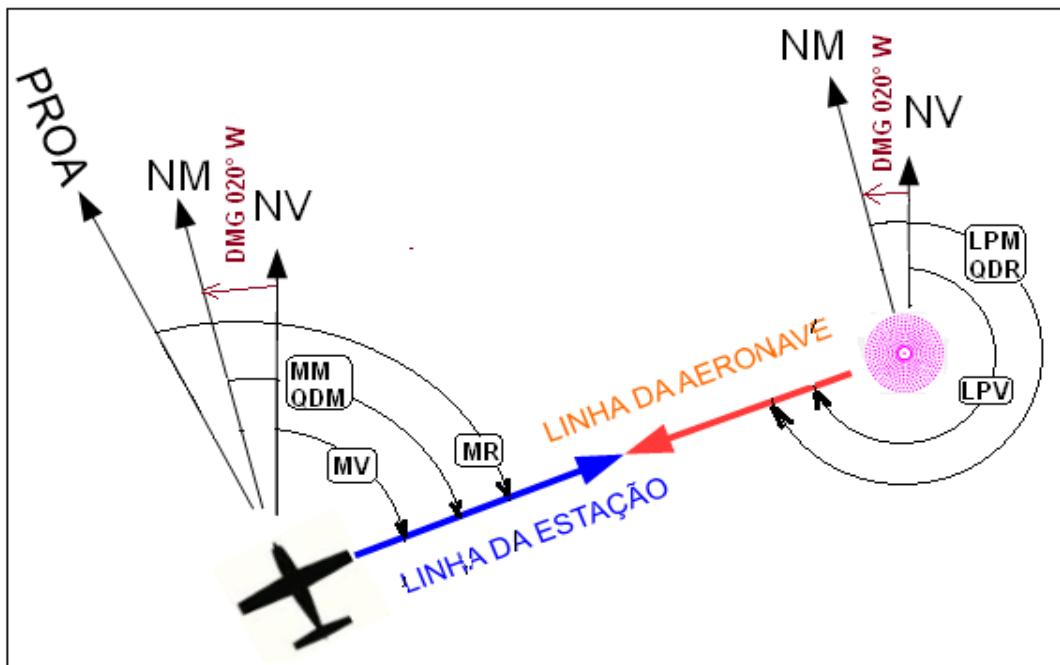
**2.1.7 – XTK (Cross-Track)** – afastamento perpendicular da aeronave em relação à rota, dado em milhas náuticas (NM).

**2.1.8 – DIS (Distancy)** – distância da aeronave ao destino próximo, ou waypoint ativo, dado em milhas náuticas.

## 2.2 - DEFINIÇÕES ESPECÍFICAS AOS AUXÍLIOS- RÁDIO TERRESTRES

### 2.2.1 - Tendo a estação como centro

- Linha da aeronave: linha de visada da estação NDB até a aeronave que está voando em qualquer direção.



- Linha de Posição Verdadeira - LPV: é o azimute da *linha da aeronave* em relação ao Norte Verdadeiro (meridiano) que passa na estação.
- Linha de Posição Magnética – LPM: é o azimute da *linha da aeronave* em relação ao Norte Magnético que passa na estação.
- QDR (Query Direction Reciprocal): azimute magnético indicado pela cauda do ponteiro do ADF quando uma aeronave navega se afastando da estação NDB. Coincide com a LPM.

### 2.2.2 - Tendo a aeronave como centro

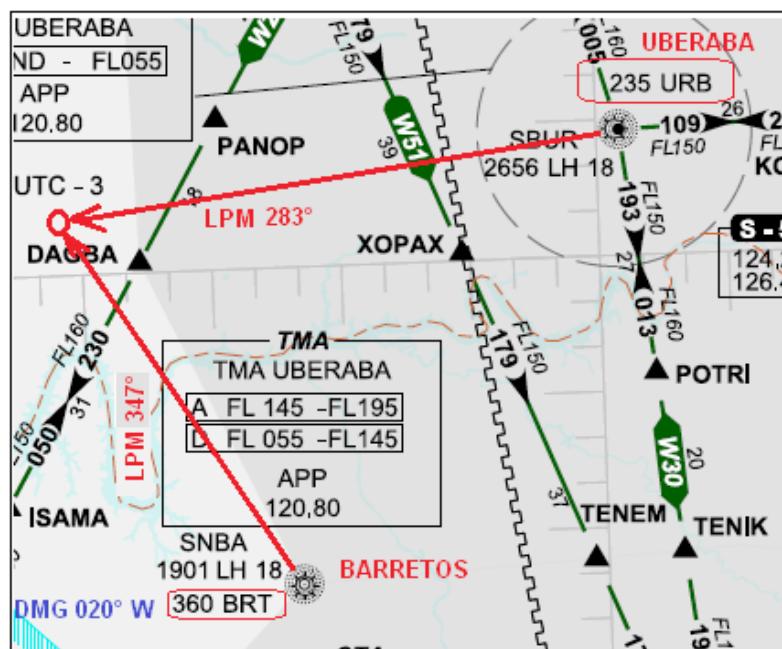
- Linha da Estação: linha de visada da aeronave, que está voando em qualquer direção, até a estação NDB. É mostrada pelo ponteiro do ADF.
- Marcação Relativa - MR (Relative Bearing): ângulo entre a Linha da Estação e a proa da aeronave.
- Marcação Verdadeira – MV (True Bearing): ângulo entre o Norte Verdadeiro, que passa pela aeronave, e a Linha da Estação.
- Marcação Magnética – MM (Magnetic Bearing): ângulo entre o Norte Magnético, que passa pela aeronave, e a Linha da Estação.
- QDM (Query Direction Magnetic): azimute magnético indicado pela seta do ponteiro do ADF quando uma aeronave navega se aproximando da estação NDB. Coincide com a MM.

NOTA 1: A Linha de Posição Magnética só será recíproca da Marcação Magnética, se a aeronave

estiver dentro da região com a mesma Declinação Magnética (DMG) da estação NDB. Caso haja diferenças nas duas declinações, os azimutes magnéticos não serão opostos exatamente de  $180^\circ$ . Esta é a razão porque algumas rotas têm rumos opostos com defasagem diferente de  $180^\circ$ . Este assunto será detalhado no estudo das cartas.

**NOTA 2:** A Marcação Verdadeira e a Linha de posição Verdadeira também só serão opostas de  $180^\circ$  na região do Equador Terrestre, onde os meridianos são paralelos. À proporção que se afasta dessa região, os meridianos passam a convergir ou divergir, e o Norte Verdadeiro da estação não será paralelo ao Norte Verdadeiro da aeronave numa longitude mais afastada. Ver rota ortodrônica e loxodrônica no item 5.5. de Navegação Aérea VFR.

### 2.2.3 - Posição da aeronave entre duas estações NDB: com o auxílio das Marcações e Linhas de



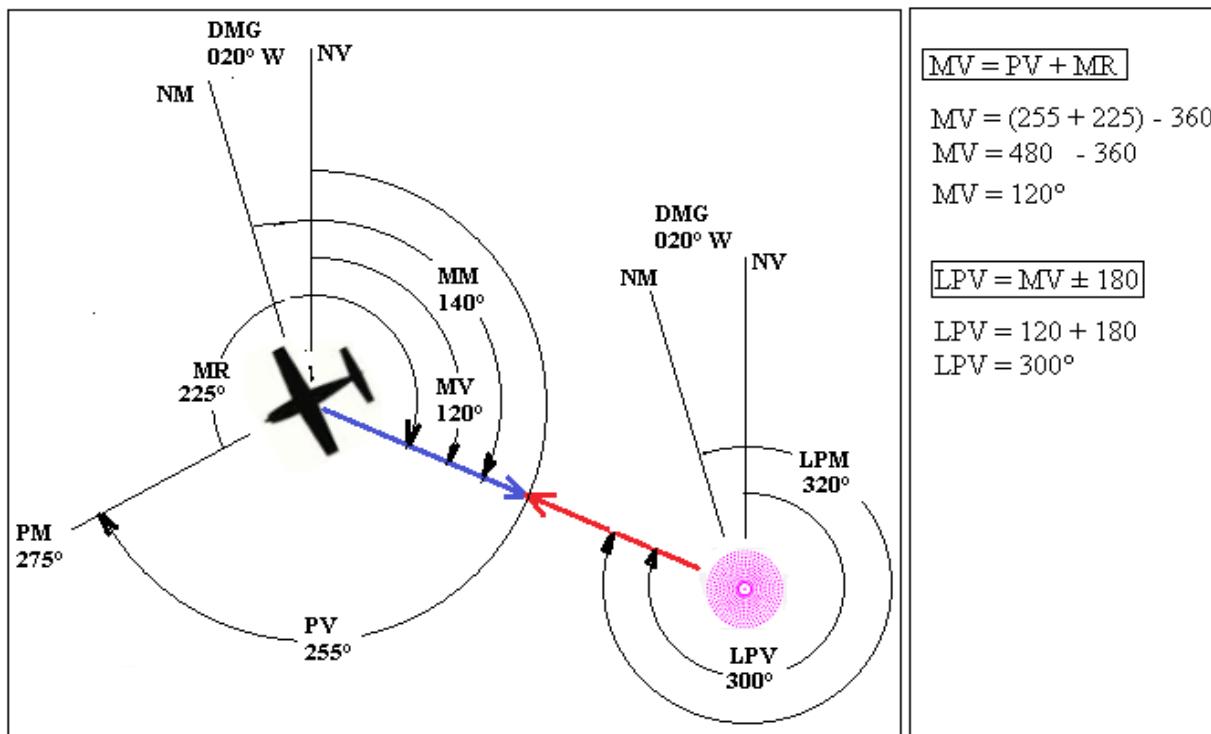
Posições, relativas a uma aeronave voando no alcance de duas estações NDB, é possível plotar numa carta de rota um “fixo-rádio”, ou seja, determinar a localização da aeronave. A precisão dessa localização aumenta quando o cruzamento das Linhas de Posição formam um ângulo próximo de  $90^\circ$ . Se esse ângulo tende a ser muito maior ou muito menor do que  $90^\circ$ , a precisão vai diminuindo, até ficar impossível essa localização.

### 2.2.4 – MARCAÇÕES: Quando uma aeronave está em voo e sintonizada num auxílio-rádio, duas informações estão à disposição do piloto:

- a proa magnética: dada por bússola ou/e giro direcional;
- a Marcação relativa, dada pela agulha do instrumento de rádio navegação;

Com essas informações poderemos calcular outros dados referentes à aeronave ou à estação.

- Cálculos com Marcações e Linhas de Posição:



Marcações:

$$MV = PV + MR$$

$$MM = PM + MR$$

Obs.: Se o resultado das fórmulas acima ultrapassar 360°, deve-se subtrair 360 do valor encontrado.

Das fórmulas acima pode-se deduzir que, se a aeronave está em rota direta para a estação, a MR será o valor do ângulo de correção de deriva, caso haja vento lateral. Se não houver vento lateral, a MR será nula, então as Marcações Verdadeira ou Magnética serão iguais às Proas Verdadeira ou Magnética respectivamente.

- Linhas de Posição (considerando NV ou NM da estação paralelo ao da aeronave):

$$LPV = MV \pm 180$$

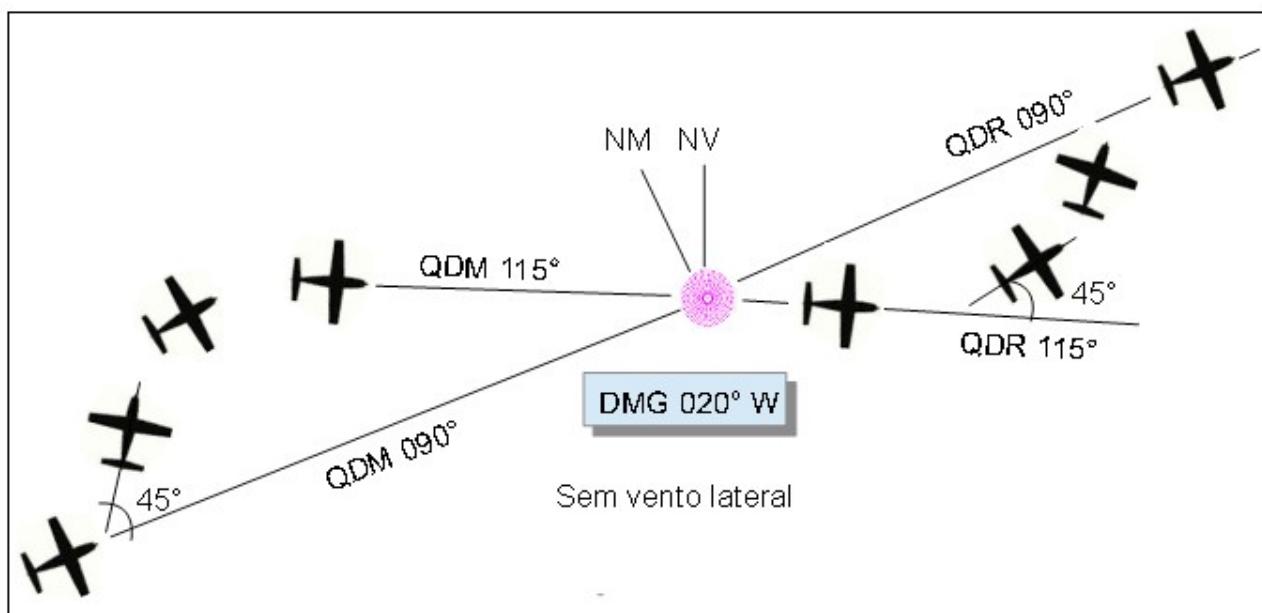
$$LPM = MM \pm 180$$

**2.2.5 - Mudanças de Marcações numa aproximação da estação** – a forma de fazer esta operação é estudada com detalhes no curso prático. O que será visto aqui é a parte conceitual deste tipo de manobra. Considerando que os azimutes NESO são destrógiros (crescem girando à direita), teremos:

- O voo balizado para aproximar de uma estação utiliza o conceito de QDM;
- Para sair de um QDM para outro de maior valor, o piloto deve virar à esquerda, e ao se aproximar do QDM pretendido, girar à direita para fazer o arredondamento.

**2.2.6 - Mudanças de Marcações num afastamento da estação:**

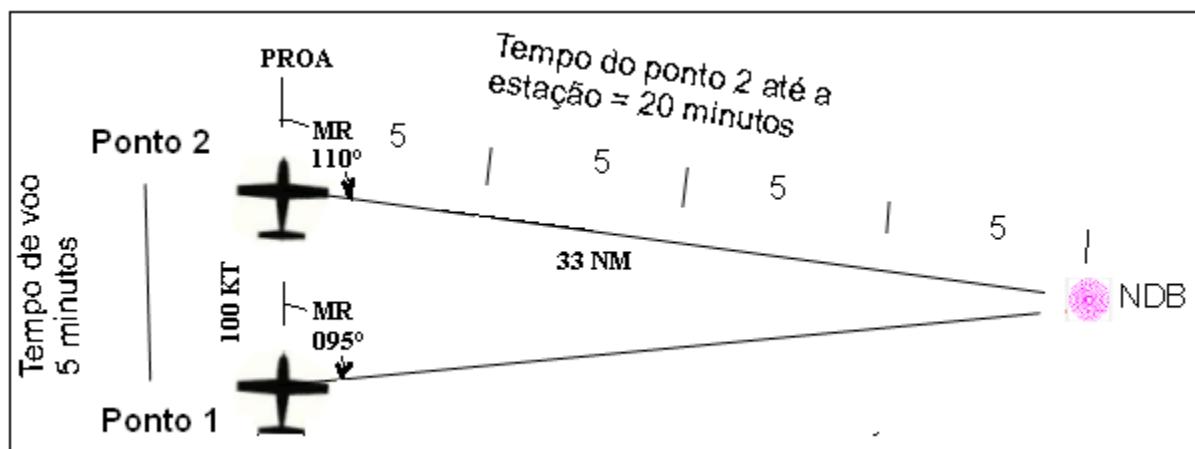
- O voo balizado para se afastar de uma estação utiliza o conceito de QDR;
- Para sair de um QDR para outro de menor valor, o piloto deve virar à esquerda, e ao se aproximar do QDR pretendido, girar à direita para fazer o arredondamento;



**2.2.7 - Tempo de voo ou distância para uma estação NDB:** é um procedimento gráfico que utiliza duas Marcações Relativas obtidas num voo reto, com vento “calmo”, e o tempo de voo entre elas. Faz-se a plotagem, na carta de rota, das duas Marcações Relativas obtidas, e o comprimento da “perna” voada que teve o tempo medido, passa a ser “a unidade de tempo” para determinar o tempo de voo entre o segundo fixo e a estação.

A distância em Milhas Náuticas entre a aeronave e a estação pode ser obtida com base na velocidade do voo e o tempo calculado, convertido em horas:

$$\text{Distância (NM)} = \text{Velocidade (KT)} \times \text{tempo (h)}$$



Exemplo: Velocidade Indicada: 100 KT.

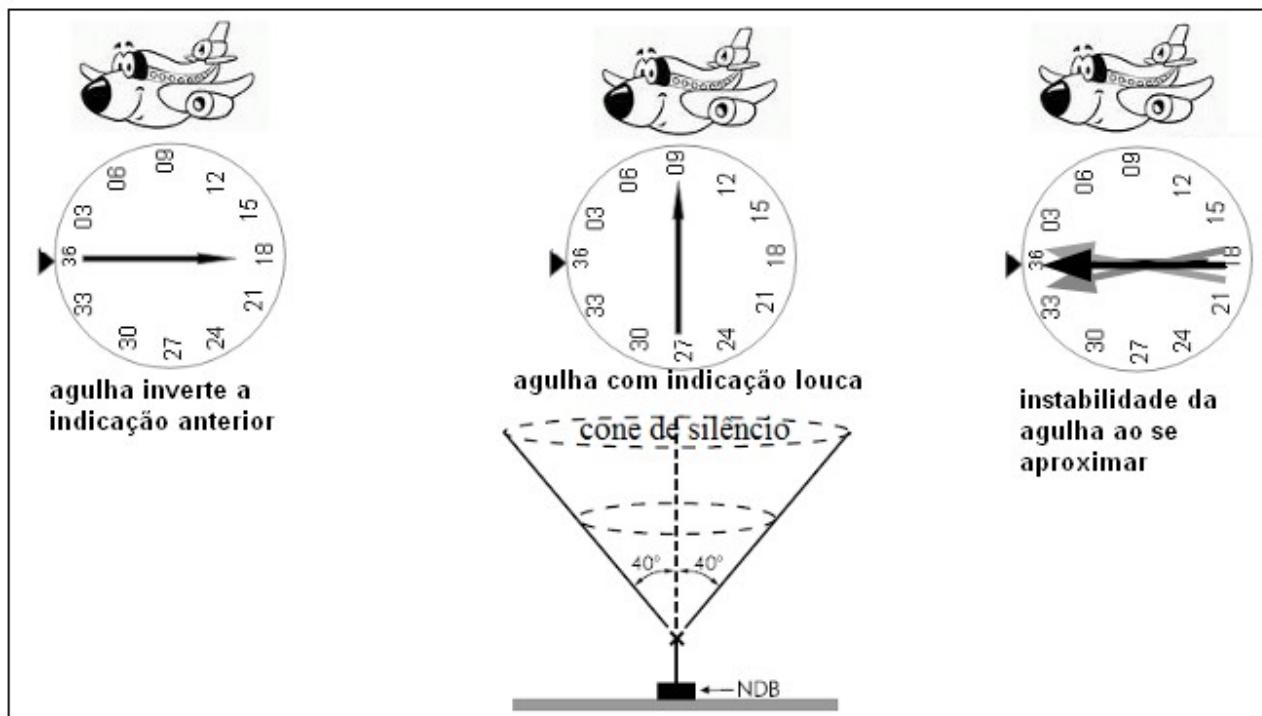
Tempo de voo entre o fixo 1 e o fixo 2: 5 minutos.

Tempo de voo do fixo 2 até a estação: plotando-se a distância entre os fixos 1 e 2 como unidade de medida de tempo, verifica-se que cabem 4 unidades de tempo: 20 minutos.

Convertendo em horas:  $20 \text{ min.} / 60 = 0,33 \text{ h}$ .

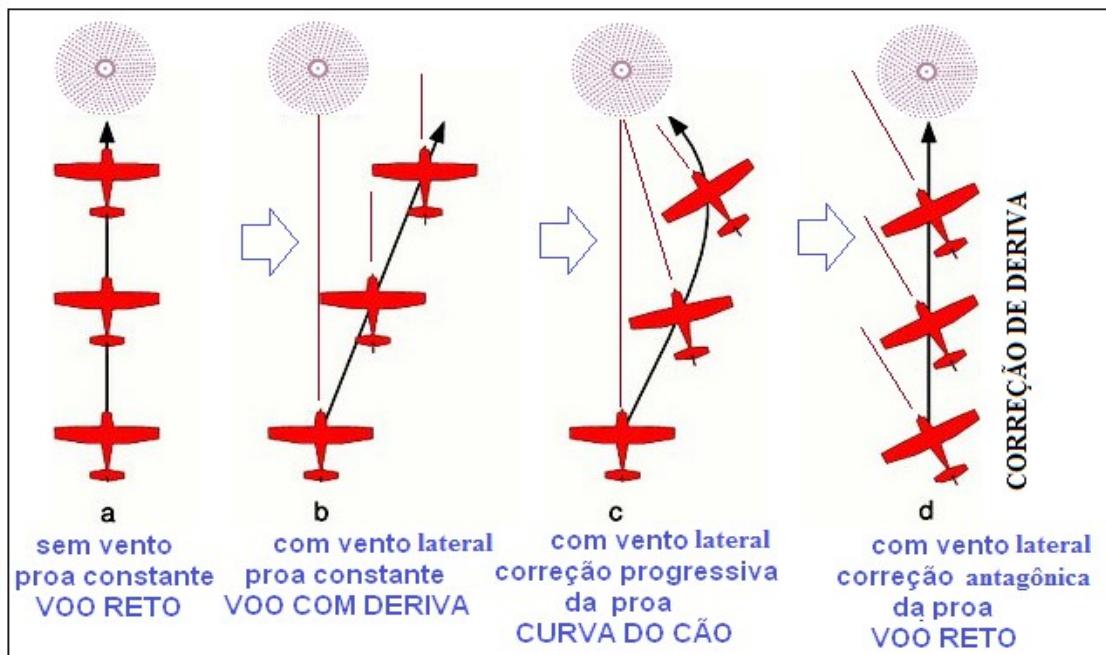
Distância do fixo 2 até a estação:  $100 \text{ KT} \times 0,33 \text{ h} = 33 \text{ NM}$ .

**2.2.8 - Bloqueio de um NDB:** é um procedimento muito comum na rádio-navegação e ocorre quando a aeronave está sobre a estação, dentro do “cone de silêncio”. Na aproximação a agulha do ADF aponta diretamente para o NDB, e ao se aproximar do bloqueio, a agulha oscila fortemente e assume uma posição transversal no mostrador. Ao sair do bloqueio, a agulha do ADF passa a apontar para “trás”, onde ficou a estação.



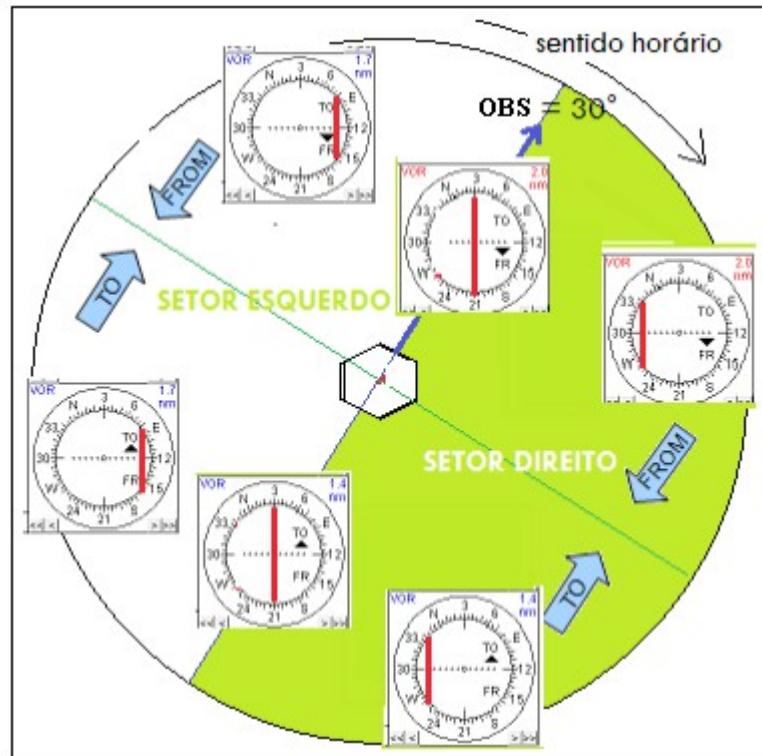
**2.2.9 - NDB Curva do cão** – uma aeronave vonando num determinado QDM pode passar por quatro situações que dependem diretamente do vento com componente lateral:

- sem vento lateral (mesmo que haja vento de cauda ou de proa, o que modificará somente a velocidade de solo) – a trajetória do voo será praticamente reta, desde que a proa seja mantida.
- com vento lateral e mantendo a proa fixa – a trajetória se afastará linearmente da estação pelo efeito “deriva”.
- com vento lateral, mas com gradativas correções de proa, sempre que for verificado desvio no ADF – a trajetória será uma curva espiralada, no sentido contrário ao vento, que se acentuará cada vez mais ao se aproximar da estação, mas permitirá que haja finalmente o bloqueio: é a “curva do cão”.
- Com vento lateral, mas com correção antecipada da proa, proporcional à componente lateral do vento, fazendo a correção de deriva – a trajetória será praticamente reta, necessitando de pequenas correções de proa para haver o bloqueio da estação.



### 2.3 - ENTENDENDO AS INDICAÇÕES DO VOR

O indicador do VOR trabalha com um sistema de setores, que são definidos a partir da seleção de um CURSO no botão OBS:



**2.3.1 - SETORES LONGITUDINAIS: TO / FROM** - Esses setores são separados por uma linha diametral imaginária, centrada no transmissor VOR e perpendicular ao curso selecionado.

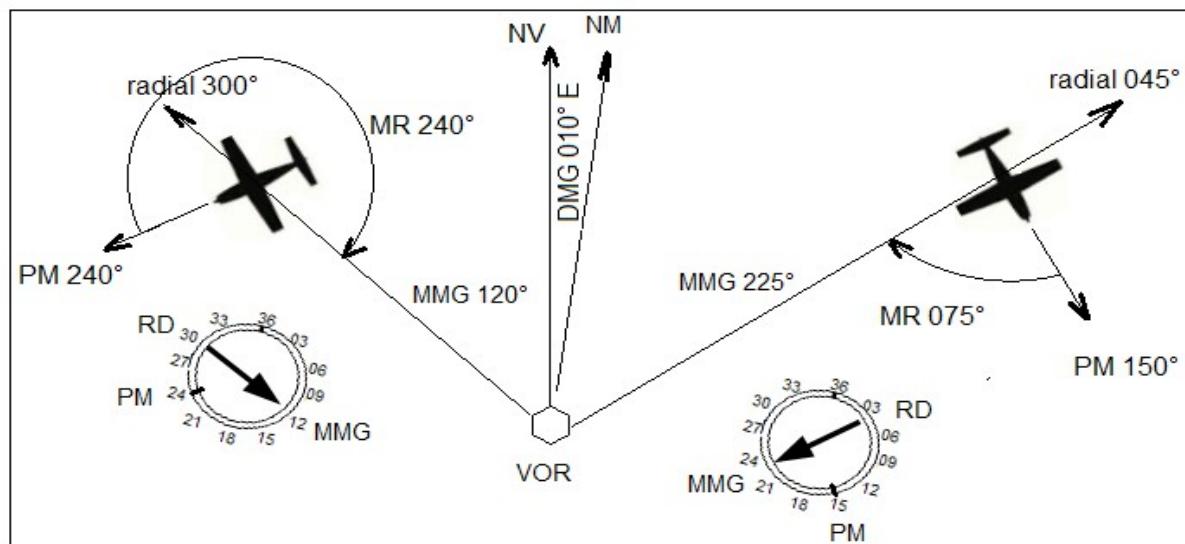
- Os flags (bandeiras em forma de seta) TO / FROM não dependem da proa da aeronave;
- Setor TO: a aeronave se encontra no setor ***oposto ao setor da radial do curso selecionado.***
- Setor FROM: a aeronave se encontra ***no mesmo setor da radial do curso escolhido.***
- O bloqueio do VOR ocorre quando a aeronave sobrevoa o cone de silêncio. Durante a aproximação e sobrevoo da estação, o CDI e os indicadores TO / FROM perdem as indicações ou a bandeira NAV fica vermelha. Após o bloqueio as indicações TO / FROM se invertem em relação ao que estava indicado antes do bloqueio e o CDI volta a funcionar.

**2.3.2 - SETORES LATERAIS: DIREITO / ESQUERDO** – Esses setores ficam à direita ou à esquerda da radial do curso selecionado ou o prolongamento da sua radial oposta. Portanto o setor DIREITO ocupa metade do setor TO e metade do setor FROM, o mesmo ocorrendo com o setor ESQUERDO.

- O comportamento da barra do CDI (Course Deviation Indicator) não depende da proa da aeronave, e sim do setor onde a aeronave se encontra: DIREITO ou ESQUERDO.
  - Quando a aeronave estiver no setor esquerdo o CDI ficará à direita em relação ao curso selecionado.
  - Quando a aeronave estiver no setor direito o CDI ficará à esquerda em relação ao curso selecionado.
  - Quando a aeronave estiver na radial do CURSO selecionado (FROM), ou na sua radial oposta (TO), a barra ficará centrada.

### 2.3.3 - PRÁTICA DE VOO COM BALIZAMENTO POR VOR

**CONCEITUAL** - Já vimos que o instrumento RMI com duas agulhas recebe tanto o sinal do NDB como de uma estação VOR. Como a navegação VOR é feita por radiais, que são identicas às LPM já estudadas na seção do NDB, a agulha do RMI, sintonizada na estação VOR, vai apontar sempre para essa estação. O ângulo entre a proa da estação (topo do instrumento) e a ponta da agulha, representa a Marcação Relativa (MR). Com isso a radial em que a aeronave se encontra é lida na ***cauda da agulha.***



**2.3.4 - Navegação com o indicador de curso (VHF / NAV)** – Navegar por este instrumento requer que seja setado inicialmente um curso, pois sua atuação independe da proa a ser voada. Conforme vimos anteriormente, selecionar um curso é escolher uma radial da estação VOR como referência de voo, e para isto temos que entender o seguinte:

- para aproximar de uma estação VOR o curso selecionado será o valor oposto da radial onde a aeronave se encontra (indicado pela cauda da agulha de um instrumento RMI). A bandeira de ambiguidade passa a indicar TO.
- Para afastar de uma estação VOR o curso selecionado será o mesmo da radial onde a aeronave se encontra (indicado pela cauda da agulha de um instrumento RMI). A bandeira de ambiguidade passa a indicar FROM.

### **2.3.5 - Mudança de radial na aproximação de uma estação**

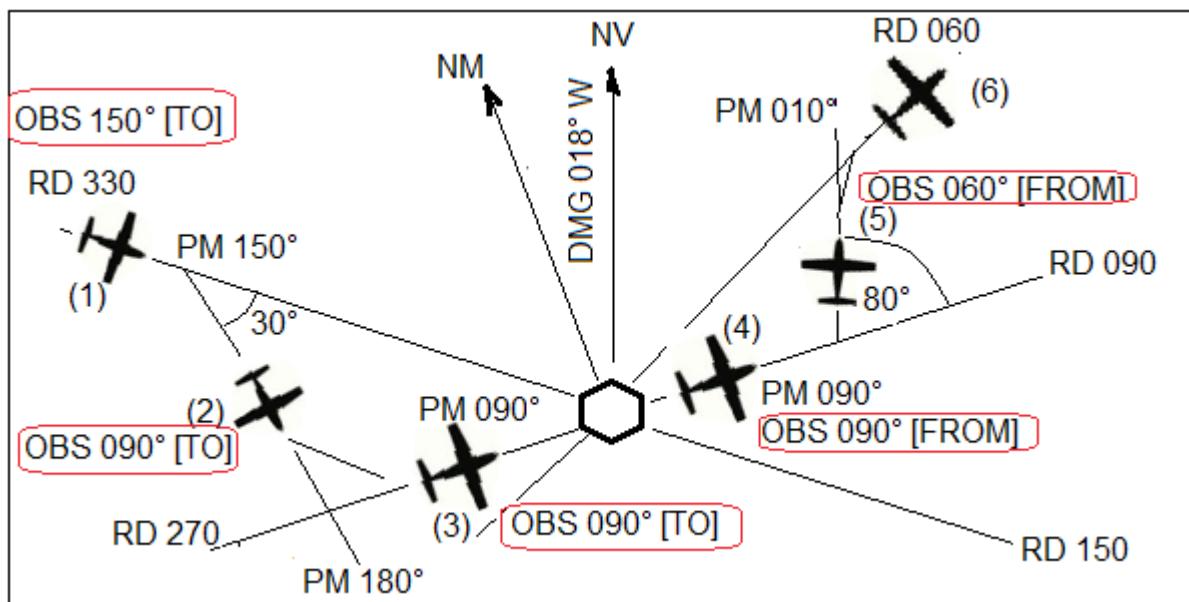
Exemplo: uma aeronave navega na radial  $330^\circ$  (OBS  $150^\circ$  TO) [PM =  $150^\circ$ ], com CDI centrado, quando o controle solicita que ela intercepte a radial  $270^\circ$  [PM  $090^\circ$ ]. Para isso deve virar à direita em  $30^\circ$  até a aproximação e arredondamento.

- (1) por analogia com o item 5.5: na aproximação, para sair de uma radial para outra de menor valor, o piloto deve virar à direita, e ao se aproximar da radial pretendida, girar à esquerda para fazer o arredondamento.
- (2) ao virar à direita para a PM de  $180^\circ$  ( $150^\circ + 030^\circ$ ), o piloto deve ajustar o OBS para a radial oposta à radial  $270^\circ$  a ser interceptada (OBS  $090^\circ$  TO). O CDI do instrumento vai ficar totalmente à direita.
- (3) ao aproximar da radial de  $270^\circ$  o CDI vai centrando e o piloto então vira a aeronave para a esquerda, para fazer o arredondamento, até centrar o CDI.
- (4) como a radial de  $090^\circ$  está selecionada, após o bloqueio do VOR a janela de ambiguidade passa de TO para FROM.

### 7.3 - Mudança de radial no afastamento de uma estação

Exemplo: a mesma aeronave navega agora na radial  $090^\circ$ , com OBS  $090^\circ$  FROM e [PM  $090^\circ$ ] quando o controle solicita que ela intercepte a radial  $060^\circ$  [PM  $060^\circ$ ]. Para isso deve virar à esquerda em  $80^\circ$  até a aproximação e arredondamento. (no afastamento as radiais divergem, por isso a necessidade de ângulo de desvio maior do que na aproximação, quando as radiais convergem).

- por analogia com o item 5.6: no afastamento, para sair de uma radial para outra de menor valor, o piloto deve virar à esquerda, e ao se aproximar da radial pretendida, girar à direita para fazer o arredondamento.
- (5) ao virar à esquerda para a PM de  $010^\circ$  ( $090^\circ - 080^\circ$ ), o piloto deve ajustar o OBS para a próxima radial a ser voada ( $060^\circ$  FROM). O CDI do instrumento vai ficar totalmente à esquerda.
- (6) ao aproximar da radial de  $060^\circ$  o CDI vai centrando e o piloto então vira a aeronave para a direita, para fazer o arredondamento, até centrar o CDI.



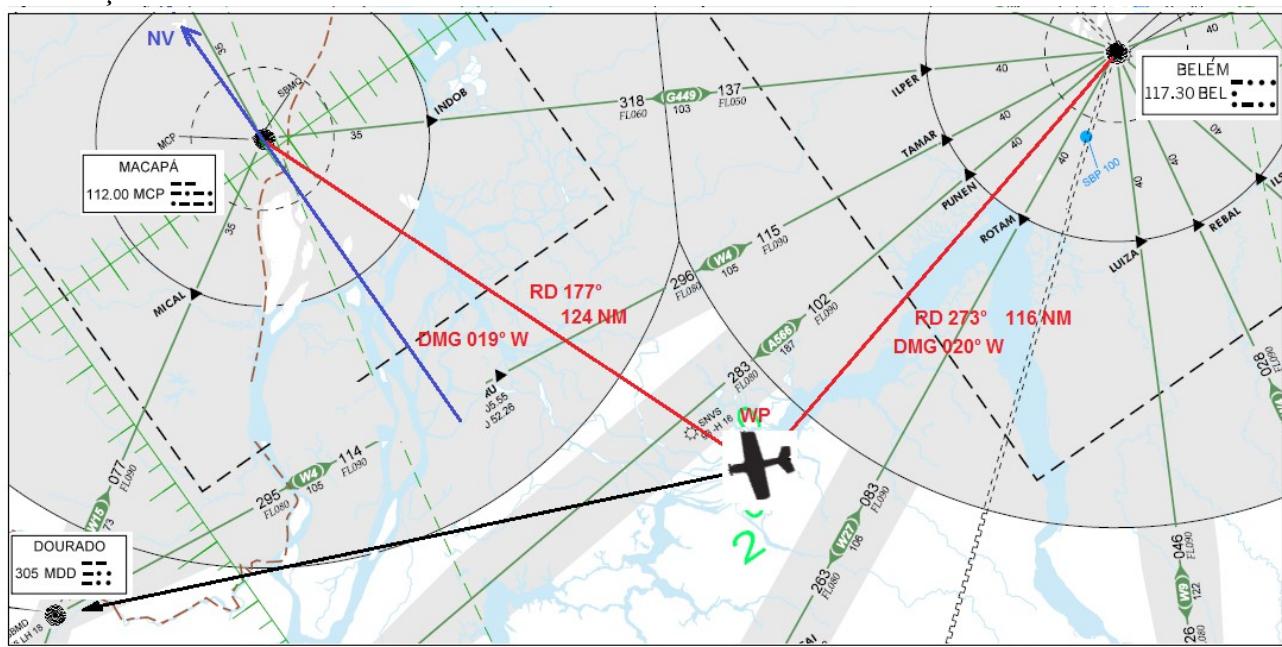
### 2.3.6 – Descobrindo a radial do VOR

Este recurso é utilizado para confirmação ao controle de tráfego da posição da aeronave em relação a uma estação VOR próxima, que esteja, por exemplo, ao lado da rota voada. O piloto sintoniza a estação mostrada numa carta de rota, e o procedimento é o seguinte:

- girar o OBS até centrar o CDI. Se a janela de ambiguidade apresentar FROM, a aeronave está na radial coincidente com o OBI. Se for TO, a aeronave está na radial oposta.

### 7.5 - Plotagem de fixo-rádio numa carta de rota utilizando duas estações VOR.

Conforme item 5.3, referente a NDB, “.... A precisão dessa localização aumenta quando o cruzamento das Linhas de Posição formam um ângulo próximo de 90° . Se esse ângulo tende a ser muito maior ou muito menor do que 90°, a precisão vai diminuindo, ficando impossível essa localização”.



Localização do Way point: interceptação da radial 273° do VOR BEL (117,30 Mhz) com a radial 177° do VOR MCP (112,00 Mhz).

Procedimento:

- usando a aerovia W27 que parte de Belém na radial 263, colocar o transferidor sobre essa linha e seu respectivo azimute para traçar a radial 273° do VOR BEL.
- Usando-se a aerovia W15 que parte de Macapá na radial 257°, colocar o transferidor sobre essa linha e seu respectivo azimute para traçar a radial 177° do VOR MCP.

### 3 – PROBLEMAS DE NAVEGAÇÃO

#### 3.1 – Dados para os problemas de navegação aérea IFR

- DA AERONAVE:
  - Tipo da aeronave
  - Certificação da aviônica
  - Desvio de bússola
  - Consumo horário de combustível (CH) por regime operacional
  - Abastecimento
  - Peso e balanceamento
- DO AERÓDROMO DE PARTIDA (AD dep):
  - Coordenadas geográficas
  - METAR/TAF
  - RWY em uso
  - Elevação do AD
  - DMG atual
  - Procedimento de saída
  - Rádio-frequências de comunicação e dos auxílios-rádio
  - Transponder designado
  - Altitude de Transição (TA)
- DECOLAGEM E SUBIDA:
  - Procedimento de saída
  - EOBT (UTC)
  - Hora dep. (UTC)
  - VIMS (Velocidade Indicada Média de Subida)
  - RSM (Razão de Subida Média)
  - Vento
  - Nível de Transição (TL)
- CRUZEIRO:
  - Rotas planejadas
  - Níveis de voo (FL) nos diversos trechos
  - Ventos e temperaturas nas rotas (WAFS - World Area Forecast System)
  - DMG atual e suas variações ao longo das rotas
  - VI ou Mach de cada FL
  - Rádio-frequências de comunicação e dos auxílios-rádio ao longo da rota.
  - Way Points: identificações e posições por Coordenadas geográficas.
- TRANSIÇÕES ENTRE NÍVEIS DE VOO
  - VI ou Mach médio nas descidas / subidas entre FL
  - Razão Média de Subida / Descida em cada transição de FL
- DESCIDA:
  - Procedimento de descida
  - VIMD (Velocidade Indicada Média na Descida)
  - RDM (Razão de Descida Média)
  - Vento
- AERÓDROMO DE DESTINO (AD arr):
  - Coordenadas geográficas
  - Procedimento de pouso

- RWY em uso
- Elevação do AD arr
- DMG atual
- METAR e TAF do AD arr
- Rádio-frequências de comunicação e dos auxílios-rádio
- AD ALTERNATIVA
- ROTA ALTERNATIVA
- CARTAS DE ROTA, DE ÁREAS, DE PARTIDA E DE CHEGADA

### **3.2 – MÉTODO DAS MÉDIAS E FÓRMULAS**

**3.2.1 PERFIL DE SUBIDA** – Se uma aeronave após a decolagem mantiver a mesma razão de subida (RS) e a mesma velocidade indicada (VI) ela irá apresentar velocidade aerodinâmica crescente, à proporção que ganha altitude. Por isso, para facilitar o cálculo do perfil de subida, utiliza-se o cálculo pelas médias, para altitude, temperatura, velocidade aerodinâmica e velocidade de solo.

#### **3.2.1.1 – A Subir (ft)**

Dados:

- Alt. TOC (FT)
- Elev. AD dep (ft)

fórmula:  $A_{Subir} (ft) = Alt. TOC - elev. do AD dep$

#### **3.2.1.2 – Altitude Média de Subida AMS (ft)**

fórmula:  $AMS (ft) = (Alt. TOC + elev. do AD dep) / 2$

AD dep = Aeródromo de partida.

TOC = top of climb.

**PERFIL DE DESCIDA** – Da mesma forma como ocorre na subida, o cálculo do perfir de descida é feito também pelas médias, para altitude, temperatura, velocidade aerodinâmica e velocidade de solo.

#### **3.2.1.3 – A Descer (ft)**

Dados:

- Alt. TOD (FT)
- Alt. AD arr (ft)

fórmula:  $A_{Descer} (ft) = Alt. TOD - elev. do AD arr$

#### **3.2.1.4 – Altitude Média de Descida AMD (ft)**

fórmula:  $AMD (ft) = (Alt. TOD + elev. do AD arr) / 2$

AD arr = Aeródromo de chegada.

TOD = top of descending

**3.2.2 - TEMPERATURAS NAS DIVERSAS ETAPAS DO VOO** - Para as provas da ANAC o cálculo das diversas temperaturas ao longo do voo é feito por extração da temperatura do AD de partida (fornecida no METAR), utilizando-se o princípio do gradiente positivo, subtraindo-se 2° C a cada 1000 pés de subida.

### CÁLCULO POR FÓRMULAS

#### 3.2.2.1 - Diferença de Temperatura na Subida (°C) - Dif. Tempt. Subida

Dados:

- A Subir (ft)

fórmula:  $\text{Dif. Tempt. Subida (°C)} = (\text{A Subir} / 1000) * 2$

#### 3.2.2.2 - Temperatura no TOC (°C) - T. TOC

Dados:

- Dif. Tempt. Subida (°C)
- T. AD dep (°C)

fórmula:  $\text{T. TOC (°C)} = \text{T. AD dep} - \text{Dif. Tempt. Subida}$

#### 3.2.2.3 – Temperatura Média na Subida TMS (°C)

Dados:

- T. AD dep (°C)
- T. TOC (°C)

fórmula:  $\text{TMS (°C)} = (\text{T. AD dep} + \text{T. TOC}) / 2$

NOTA: O cálculo das temperaturas nas descidas é feito de forma inversa, ou seja, a partir da temperatura no FL (TOD), é feita a adição de 2° a cada 1000 pés de descida.

#### 3.2.2.4 – Diferença de Temperatura na Descida (°C) - Dif. Tempt. Descida

Dados:

- A Descer (ft)

fórmula:  $\text{Dif. Tempt. Descida (°C)} = (\text{A Descer} / 1000) * 2$

#### 3.2.2.5 – Temperatura no Aeródromo de chegada (°C) - T. AD arr

Dados:

- T. TOD (°C)
- Dif. Tempt. Descida (°C)

fórmula:  $\text{T. AD arr (°C)} = \text{T. TOD} + \text{Dif. Tempt. Descida}$

### 9.2.6 – Temperatura Média na Descida – TMD (°C)

Dados:

- T. no FL (°C)
- T. AD arr (°C)

fórmula:  $TMD (°C) = (T. TOD + T. AD arr) / 2$

## CÁLCULOS COM COMPUTADOR DE VOO

### 3.3 - VELOCIDADE AERODINÂMICA - VA (TAS – True Airspeed).

É utilizada para os cálculos de navegação, estimativa de autonomia e consumo de combustível, e a VA em rota deve ser informada no Plano de voo.

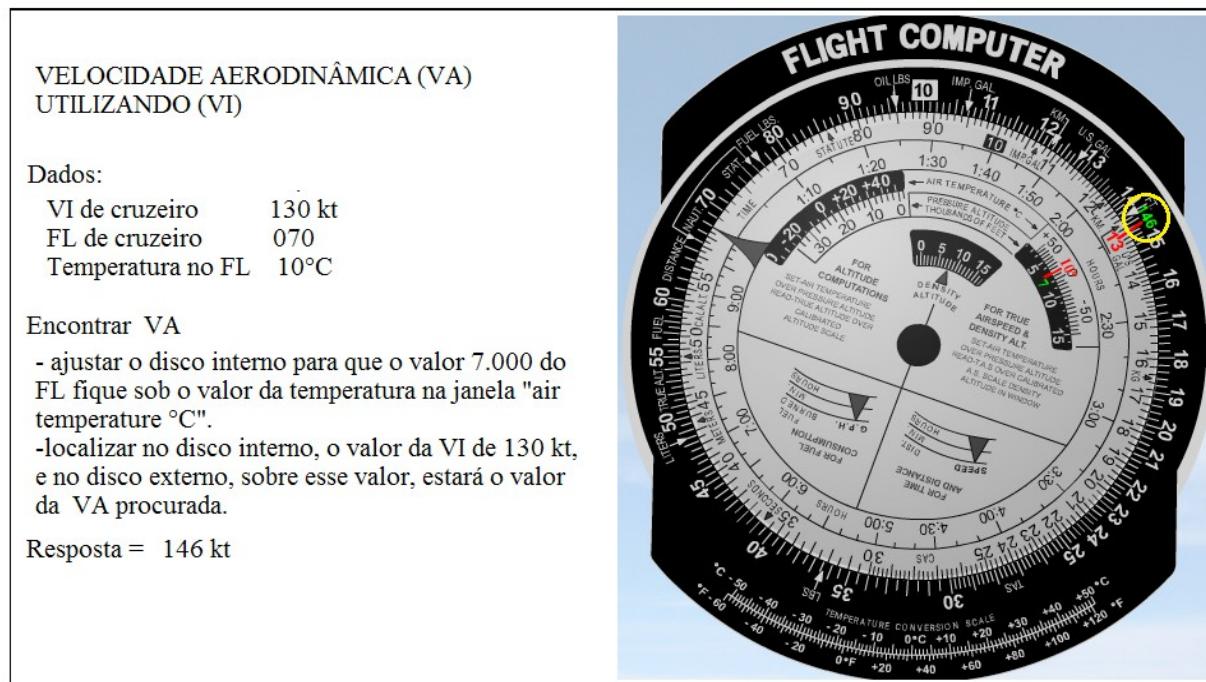
O vento não afeta a Velocidade Aerodinâmica.

Uma forma prática de calcular a VA é usar a fórmula:

$$TAS = IAS + [IAS * 0,02 (ALTITUDE/1.000)]$$

ou seja, estamos aumentando 2% o valor da IAS para cada 1.000 pés de altitude.

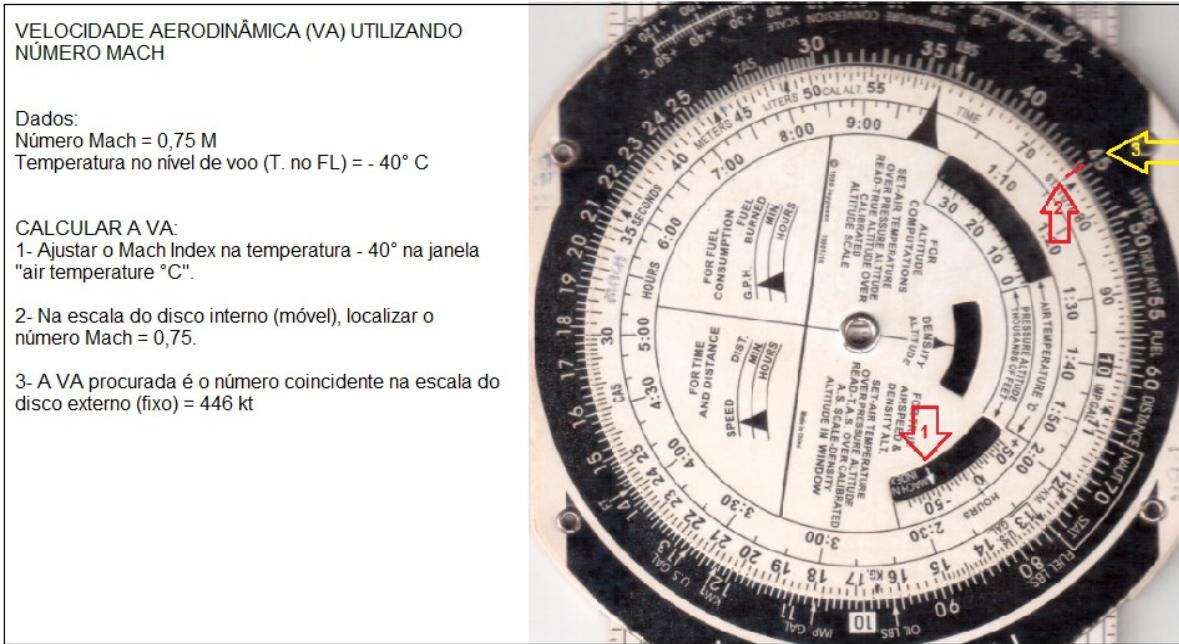
Usando o Computador de voo para calcular a VA devemos considerar a **temperatura** da atmosfera onde estamos voando (altitude média nas subidas e descidas, ou FL em cruzeiro) e a **velocidade indicada (VI) ou o Número Mach.**



**3.3.1 - Velocidade Aerodinâmica Média de Subida (VAMS):** calculada no computador de voo, com a VIMS e a TMS.

**3.3.2 - Velocidade Aerodinâmica Média de Descida (VAMD):** calculada no computador de voo, com a VIMD e a TMD.

**3.3.3 - Velocidade Aerodinâmica de Cruzeiro:** calculada no computador de voo com a VI ou Número Mach e a temperatura no FL.



### 3.4 - Ângulo de Correção de Deriva ACD (graus) e Velocidade de Solo VS (KT)

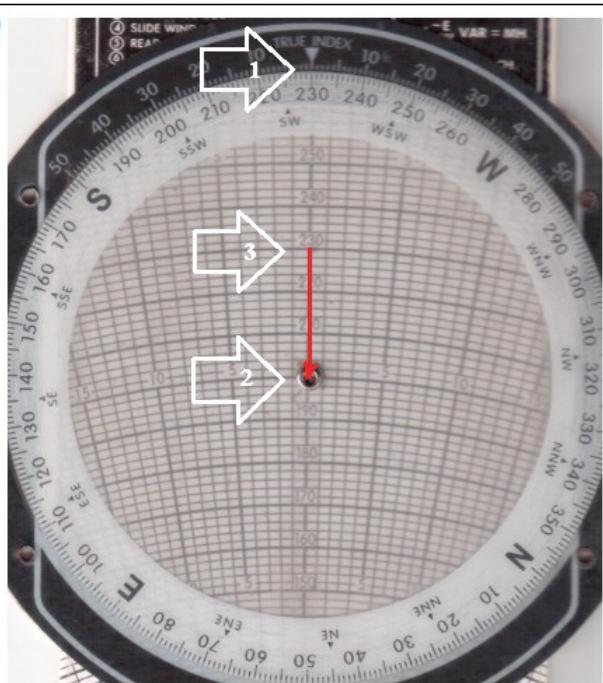
ENCONTRAR VELOCIDADE DE SOLO (VS)  
E PROA VERDADEIRA (PV).

#### PASSO 1

Dados:

RV	190°
VA	214 Kt (velocidade aerodinâmica ou verdadeira)
VV	30 Kt
DV	230°

- 1 - posicionar o valor da DV (230°) na seta "true index".
- 2 - posicionar o "gourmet" num valor arredondado (exemplo 200) para marcar o valor da VV = 30 kt.
- 3 - utilizar a escala para marcar o valor da VS (200 + 30 = 230).



**ENCONTRAR VELOCIDADE DE SOLO (VS)  
E PROA VERDADEIRA (PV).**

**PASSO 2**

Dados:

RV 190°

VA 214 Kt (velocidade aerodinâmica ou verdadeira)

V V 30 Kt

DV 230°

4 - girar o disco da régua para posicionar o valor do RV (190°) na seta "true index". Com isso o vetor do vento gira à direita.

5 - levar a extremidade do vetor do vento na linha horizontal correspondente à velocidade VA de 214 kt. Agora essa extremidade do vetor do vento está também sobre a linha vertical do ângulo CD de correção de deriva (+ 5°).

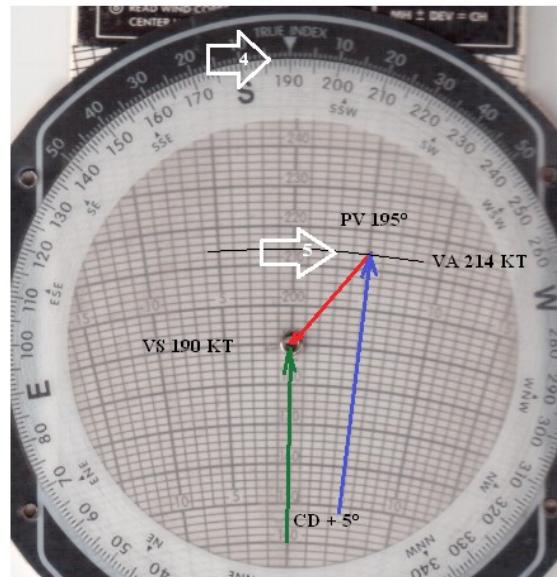
Cálculo da Proa Verdadeira PV:

$$PV = RV +/- CD$$

$$PV = 190 + 5 \text{ ou } PV = 195^\circ$$

Determinação da Velocidade de solo VS:

A linha horizontal que passa sob o "gourmet" é que determinara a VS: 190 kt.



### 3.4.1 – Ângulo de Coreção de Deriva (ACD) e Velocidade de Solo Média na Subida (VSMS)

Dados:

- RV do trecho de subida – determinado a patir do RM da pista de decolagem e da DMG ou do procedimento de partida (graus).
- Velocidade Aerodinâmica Média na Subida VAMS (Kt)
- DV / VV do vento.

### 3.4.2 – Ângulo de Coreção de Deriva (ACD) e Velocidade de Solo Média na Descida ACD e VSMD

Dados:

- RV do trecho de descida – determinado a patir do RM do procedimento de chegada e da DMG (graus).
- Velocidade Aerodinâmica Média na Descida VAMD (Kt)
- DV / VV do vento.

### 3.4.3 – Ângulo de Coreção de Deriva (ACD) e Velocidade de Solo em Cruzeiro (VS)

Dados:

- RV do trecho – determinado a patir do RM da Carta de Rota e da DMG (graus).
- Velocidade Aerodinâmica VA (Kt)
- DV / VV do vento.

## CÁLCULOS COM FÓRMULAS

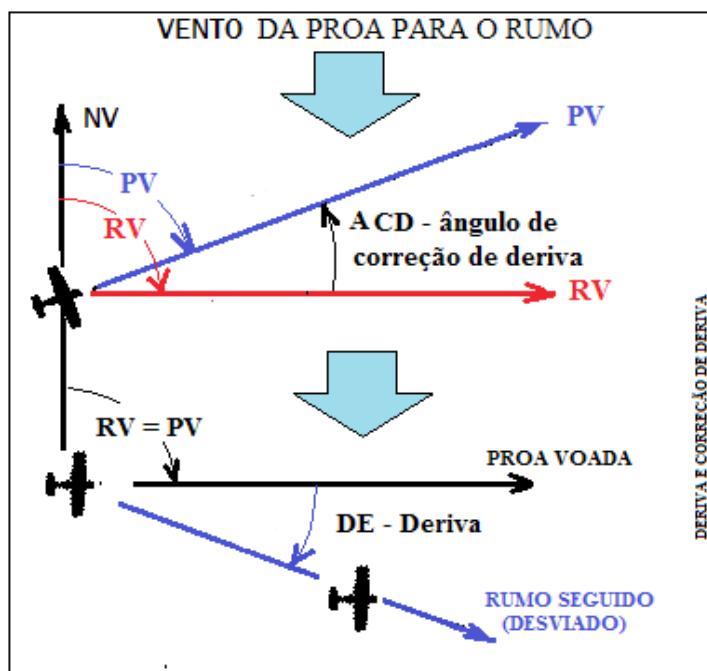
## 3.5 - PROA VERDADEIRA – PV (graus)

DADOS:

- ACD (graus)
- RV (graus)

fórmulas:

- Vento de esquerda = ACD negativo ou  $PV < RV$  (proa à esquerda da rota).  $PV = RV - ACD$



- Vento de direita = ACD positivo ou  $PV > RV$  (proa à direita da rota).  $PV = RV + ACD$

## 3.6 – PROA MAGNÉTICA – PM (graus)

DADOS:

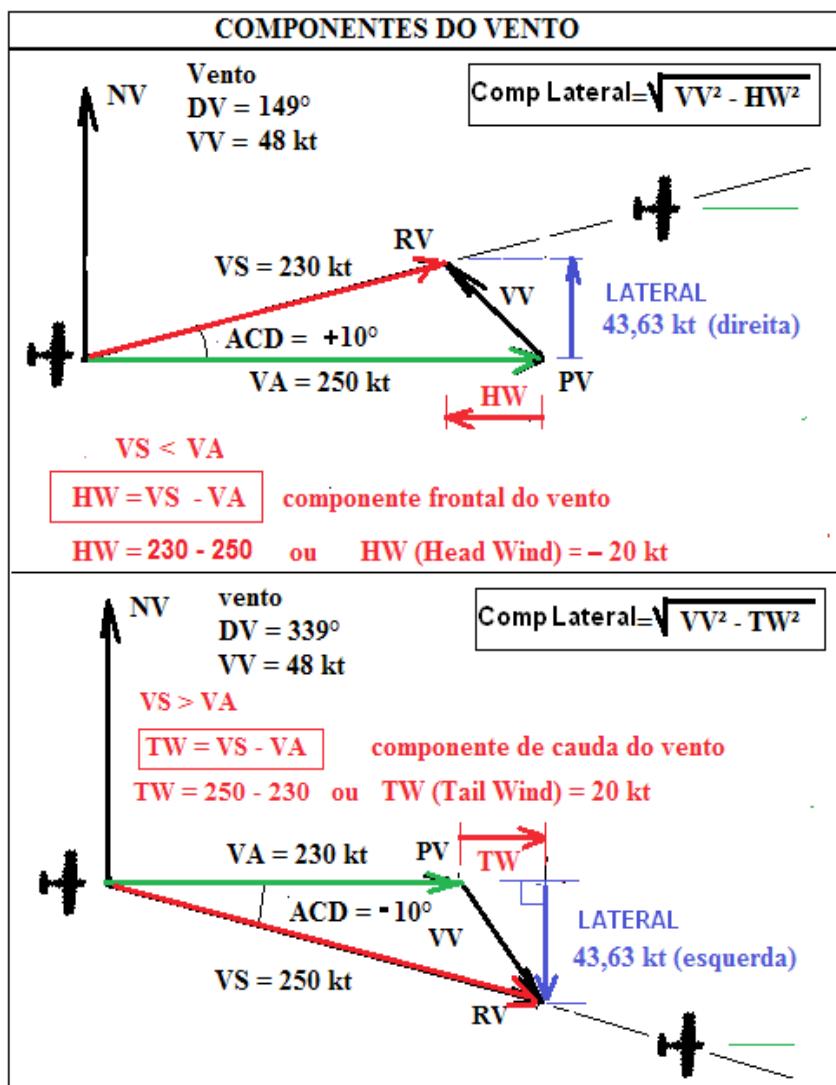
- PV (graus)
- DMG (W) ou DMG (E) (graus)

FÓRMULAS:

- $PM = PV + DMG (W)$
- $PM = PV - DMG (E)$

**3.7 - COMPONENTES DO VENTO:** O vetor do vento, dado pelas grandezas DV (Direção do vento) e VV (velocidade do vento) pode ser decomposto, para que se conheçam as suas componentes.

Tomando-se como referência a VA e a VS da aeronave, no triângulo das velocidades, poderemos



achar diretamente as componentes:

**3.7.1 - Componente longitudinal:** O módulo deste vetor indica quantas milhas náuticas a aeronave atrasa ou adianta em uma hora de voo. Interfere diretamente no alcance do voo.

- Se VS<VA, teremos vento de proa (HW – Head Wind), com **HW = VA – VS**. O resultado será negativo e significa menor distância percorrida em uma hora de voo.
- Se VS>VA, teremos vento de cauda (TW – Tail Wnd), com **TW = VS - VA**. O resultado será positivo e significa maior distância percorrida em uma hora de voo.

**3.7.2 - Componente lateral:** O módulo deste vetor indica quantas milhas náutica a aeronave se afastaria lateralmente da rota pretendida, caso não fosse aplicada a correção de deriva.

- A componente lateral pode ser calculada pelo Teorema de Pitágoras:

$$\text{Comp. Lat. Do vento}^2 = VV^2 - \text{Comp. Longit.}^2$$

### 3.8 – Tempos de Subida – TS

DADOS:

- A Subir (ft)
- Razão de Subida RS (fpm)

fórmulas:

**3.8.1 – Tempo de Subida em minutos decimais:**  $TS \text{ (min.)} = A \text{ Subir} / RS$

Fazer o arredondamento do valor calculado.

**3.8.2 – Tempo de Subida em (hh:mm)**

Utilizado para cômputo de hora estimada de chegada ETA (UTC) no TOC.

**3.8.3 – Tempo de Subida em hora decimal:**  $TS(h) = TS(\text{min}) / 60$

Utilizado para cômputo de combustível gasto e distância percorrida.

### 3.9 – Tempos de Descida - TD

DADOS:

- A Descer (ft)
- Razão de Descida RD (fpm)

**3.9.1 – Tempo de Descida em minutos decimais:**  $TD \text{ (min.)} = A \text{ Descer} / RD$

Fazer o arredondamento do valor calculado.

**3.9.2 – Tempo de Descida em (hh:mm)**

Utilizado para cômputo de hora estimada de chegada ETA (UTC) no AD de chegada.

**3.9.3 – Tempo de Descida em hora decimal:**  $TD \text{ (h)} = TD \text{ (min)} / 60$

Utilizado para cômputo de combustível gasto e distância percorrida.

### 3.10 – Tempos em Cruzeiro

DADOS:

- Distância em Cruzeiro (NM)
- VS em Cruzeiro (KT)

fórmulas:

**3.10.1 - Tempo em hora decimal:**  $T. \text{ Cruzeiro (h)} = \text{Dist. Cruzeiro (NM)} / VS (\text{KT})$

Utilizado para cômputo de combustível gasto e distância percorrida.

**3.10.2 - Tempo em minutos decimais:**  $T. \text{ Cruzeiro (min)} = T. \text{ Cruzeiro (h)} * 60$

**3.10.3 - Tempo em (hh:mm)**

Utilizado para cômputo de hora (UTC) estimada de voo ETE ou de chegada ETA no final de uma perna.

Grupo (hh) = Parte inteira da hora decimal.

Grupo (mm) = Parte decimal da hora, convertida para minutos (arredondados)

*Exemplo: T.Cruzeiro (h) = 2,68 h*

- *Parte inteira = 02 h*
- *Parte decimal: converter 0,68 h em minutos → 0,68 \* 60 = 40,8 min. Arredondar para 41 minutos.*

$$T. \text{Cruzeiro} (hh:mm) = 02:41 \text{ h}$$

### 3.11 – Distância horizontal da Subida - DS (NM)

DADOS:

- TS em hora decimal (h)
- VSMS (Kt).

fórmula:  $DS (\text{NM}) = VSMS * TS (\text{h})$

### 3.12 – Distância horizontal da Descida – DD (NM)

DADOS:

- TD em hora decimal (h)
- VSMD (kt).

fórmula:  $DD (\text{NM}) = VSMD * TD (\text{h})$

### 3.13 – Distância em Cruzeiro - Dist. Cruzeiro (NM)

DADOS:

- Dist. total do voo (NM)
- Dist. Subida |(NM)

fórmula:  $\text{Dist. Cruzeiro (NM)} = \text{Dist. Total do voo} - (\text{Dist. Subida} + \text{Dist. Descida})$

### 3.14 – Combustível Gasto – CG (Gal)

#### 3.14.1 – Na subida

DADOS :

- TS em hora decimal (h)
- CH Subida (Gal / h)

fórmula:  $CG \text{ Subida (Gal)} = CH \text{ Subida} * TS (\text{h})$

#### 3.14.2 – Na Descida

DADOS:

- TD em hora decimal (h)
- CH Descida (Gal / h)

fórmula: CG Descida (Gal) = CH Descida \* TD (h)

### 3.14.3 – Em Cruzeiro

DADOS:

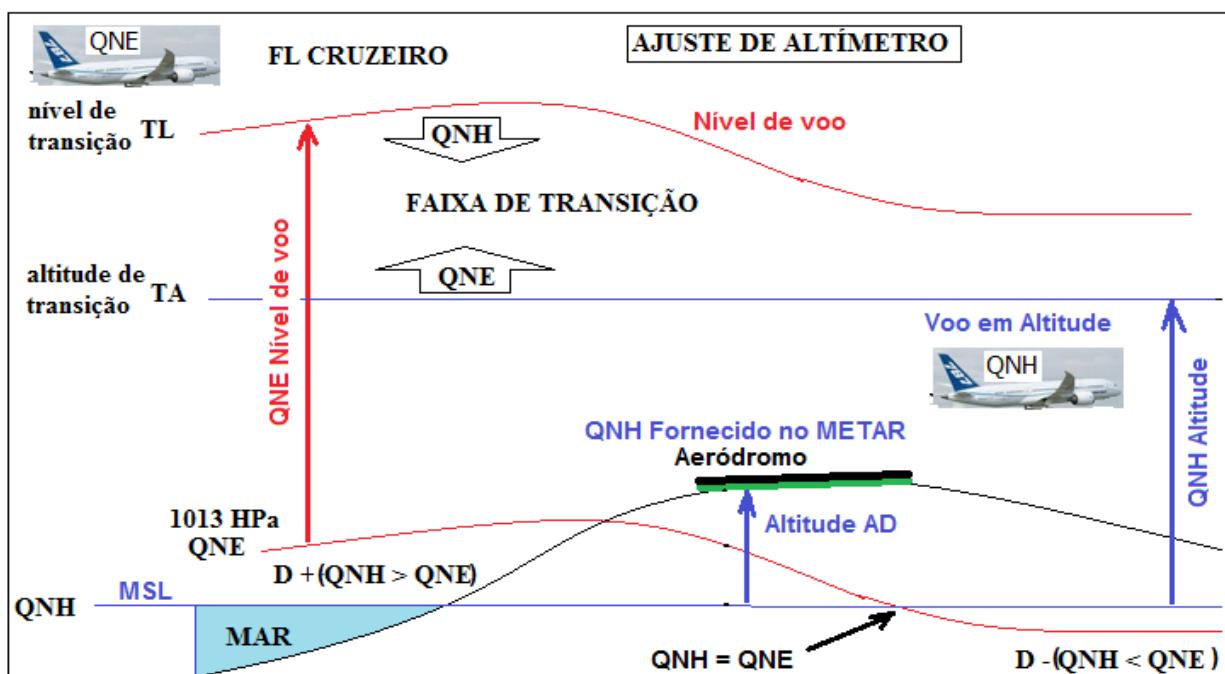
- Tempo de voo em hora decimal (h)
- CH em Cruzeiro (Gal / h)

Fórmula: CG Cruzeiro (Gal) = CH em Cruzeiro \* TD (h)

## 3.15 – AJUSTE DO ALTÍMETRO

### 3.15.1 - Altitude de transição (TA – Transition Altitude)

Na decolagem: esse dado do Aeródromo de partida está na carta SID (Standard Instrument Departure) e na carta IAC (Instrument Approach Chart). É o ponto onde o altímetro passará de QNH para QNE.



### 3.15.2 – Nível de transição (TL – Transition Level)

No pouso: Ao cruzar o Nível de Transição a regulagem do Altímetro muda para QNH. Esse ponto é informado pelo APP ou ACC conforme a pressão QNH e a TA do Aeródromo de chegada, conforme tabela abaixo.

TABELA PARA DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE TRANSIÇÃO						
QNH	DE 942.2 A 959.4	DE 959.5 A 977.1	DE 977.2 A 995.0	DE 995.1 A 1013.2	DE 1013.3 A 1031.6	DE 1031.7 A 1050.3
(TA) ALTITUDE / DE TRANSIÇÃO	(TL) NÍVEL DE TRANSIÇÃO					
EM CARTAS IAC	2000	FL45	FL40	FL35	FL30	FL25
	3000	FL55	FL50	FL45	FL40	FL35
	4000	FL65	FL60	FL55	FL50	FL45
	5000	FL75	FL70	FL65	FL60	FL55
	6000	FL85	FL80	FL75	FL70	FL65
	7000	FL95	FL90	FL85	FL80	FL75
						FL70

NOTA: Assunto estudado no item 6.4 – Altimetria, em Navegação Aérea VFR.

## 4 - EXEMPLOS DOS CÁLCULOS DE NAVEGAÇÃO IFR

### 4.1 - DE SUBIDA

DADOS:

Procedimento de saída: SUBIDA EM ROTA

Hora dep: 10:00 Z

Elev. AD = 1.000 pés

T. AD = 27° C

VIMS = 210 Kt

RSM = 2.200 fpm

Alt. TOC = (FL 320) 32.000'

DMG = 020° W

RWY = 06 (RM = 060°)

RV = RM – DMG → RV = 060 - 020 → **RV = 040°**

DV = 075°

VV = 18 Kt

Consumo Horário de Combustível (CH) @ 16.500' / 279 KT = 20 Gal / h.

CÁLCULOS COM FÓRMULAS:

$$4.1.1 - \text{A Subir (ft)} \quad \text{A Subir (ft)} = \text{Alt. TOC} - \text{elevação do AD dep}$$

$$\text{A Subir} = 32.000 - 1.000 \rightarrow \text{A subir} = 31.000 \text{ pés.}$$

Para as provas da ANAC o cálculo da diversas temperaturas ao longo do voo é feito por extrapolação da temperatura do AD de partida (AD dep), que é fornecida no METAR, utilizando o princípio do gradiente positivo, ou seja, subtraindo-se 2° C a cada 1.000 pés de subida, ou vice-versa.

$$4.1.2 - \text{Diferença de temperatura na subida (°C)} \quad \text{Dif. Tempt. Subida (°C)} = (\text{A Subir} / 1000)*2$$

$$\text{Dif. Tempt. Subida} = (31.000 / 1.000)*2 \rightarrow \text{Dif. Tempt. Subida} = 62^{\circ} \text{ C}$$

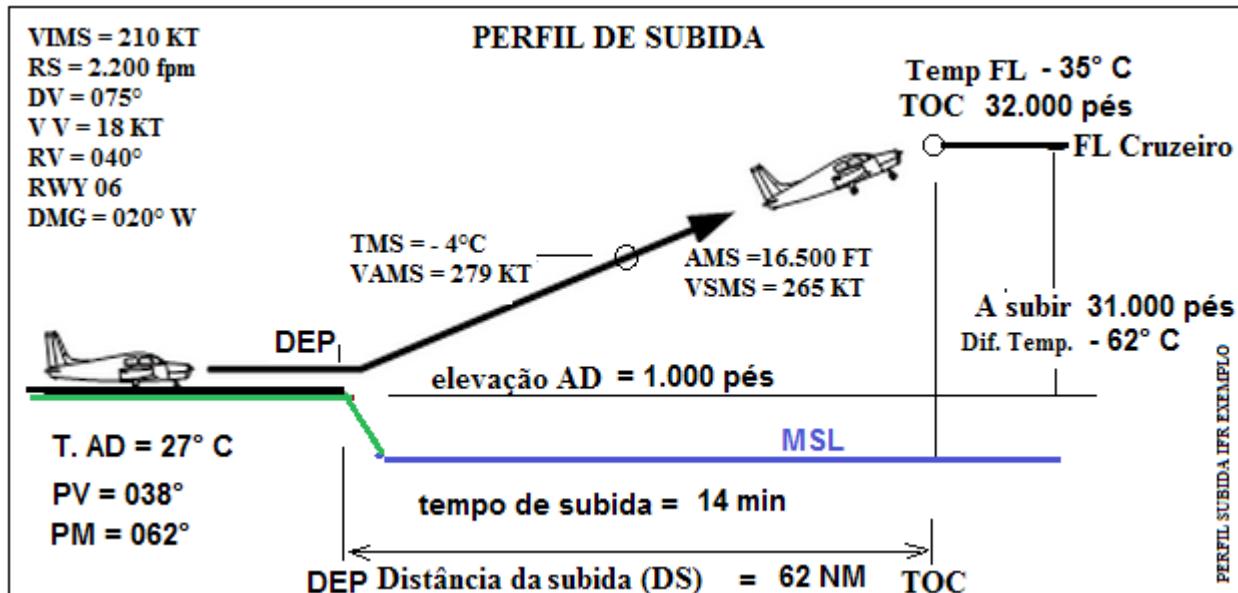
4.1.3 – Temperatura no TOC (°C)  $T_{TOC} ({}^\circ C) = T_{AD \ dep} - Dif. \ Tempt. \ Subida$

$$T_{TOC} = 27 - 62 \rightarrow T_{TOC} = -35 {}^\circ C$$

4.1.4 - Altitude Média de Aubida AMS (ft)

$$AMS \ (ft) = (Alt. \ TOC + \ Elev. \ AD \ dep) / 2$$

$$AMS = (32.000 + 1.000) / 2 \rightarrow AMS = (33.000) / 2 \rightarrow AMS = 16.500 \text{ pés.}$$



4.1.5 - Temperatura Média de Subida TMS (°C)

$$\text{Temperatura Média de Subida (TMS)} = (T_{AD \ dep} + T_{TOC}) / 2$$

$$TMS = (27 - 35) / 2 \rightarrow TMS = -4 {}^\circ C$$

4.1.6 - TEMPO DE SUBIDA TS

4.1.6.1 - Tempo de Subida em minutos decimais:  $TS \ (\text{min.}) = A \ Subir / RS$

$$TS \ (\text{min.}) = 31.000 / 2.200 \rightarrow TS = 14 \text{ minutos}$$

4.1.6.2 – Tempo de Subida em hh:mm :  $TS \ (\text{hh:mm}) = 00:14 \text{ h.}$

4.1.6.3 – Tempo de Subida em hora decimal:  $TS \ (h) = TS(\text{min}) / 60$

$$TS(h) = 14 / 60 \rightarrow$$

$$TS \ (h) = 0,23 \text{ h}$$

4.1.7 - Hora TOC (UTC) = Hora dep. + TS (hh:mm) → Hora TOC (UTC) = 10:00 + 00:14

Hora TOC (UTC) = 10:14 Z

### CÁLCULOS COM COMPUTADOR DE VOO:

#### 4.1.8 - Velocidade Aerodinâmica Média de Subida VAMS (kt)

DADOS:

- Altitude Média de Subida AMS = 16.500 ft
- Temperatura Média de Subida TMS = - 4 °C
- Velocidade Indicada Média de Subida VIMS = 210 kt

$$\text{VAMS} = 279 \text{ Kt}$$

#### 4.1.9 – Ângulo de Correção de Deriva ACD (graus)

DADOS:

- DV = 075°
- VV = 18 kt
- RV = 040°
- VAMS = 279 kt

$$\text{ACD} = 002^\circ$$

#### 4.1.10 – Velocidade de Solo Média na Subida VSMS = 265 Kt

### CÁLCULOS COM FÓRMULAS

$$4.1.11 - \text{Proa Verdadeira} \quad \text{PV} = \text{RV} + \text{ACD} \rightarrow \text{PV} = 040 + 002 \rightarrow \text{PV} = 042^\circ$$

$$4.1.12 - \text{Proa Magnética} \quad \text{PM} = \text{PV} + \text{DMG (W)} \rightarrow \text{PM} = 042 + 020 \rightarrow \text{PM} = 062^\circ$$

#### 4.1.13 – Componente Longitudinal do vento

$$\text{Como } \text{VS} < \text{VA}, \text{ teremos vento de proa: } \text{HW} = \text{VS} - \text{VA}$$

$$\text{HW} = 265 - 279 \rightarrow \text{HW} = - 14 \text{ kt}$$

$$4.1.14 - \text{Distância horizontal da subida: } \text{DS (NM)} = \text{VSMS} * \text{TS (h)}$$

$$\text{DS} = 265 * 0,2333 \rightarrow \text{DS} = 62 \text{ NM}$$

$$4.1.15 - \begin{aligned} \text{Comb. Gasto Subida (Gal)} &= \text{CH na subida (Gal / h)} * \text{TS (h)} \\ \text{Comb. Gasto Subida} &= 20 * 0,23 \rightarrow \text{Comb. Gasto Subida} = 4,6 \text{ Gal} \end{aligned}$$

## 4.2 - VOO EM CRUZEIRO

### 4.2.1 - DEFINIÇÃO DO NÍVEL MÍNIMO DE VOO IFR EM AEROVIAS

*Em Serviços de Tráfego Aéreo:*

#### **6.1.2.NÍVEIS MÍNIMOS**

*Exceto quando necessário para pouso ou decolagem, o voo IFR deverá ser realizado em nível não inferior ao nível mínimo de voo estabelecido para a rota a ser voada (nas ERC).*

*NOTA: ver 8.3.5. NÍVEL MÍNIMO DE AEROVIA*

*Nível de voo estabelecido e indicado nos trechos de aerovias constantes nas ERC ;*

#### **4.2.2 - DEFINIÇÃO DO NÍVEL MÍNIMO DE VOO FORA DE AEROVIAS**

*Em Serviços de Tráfego Aéreo:*

*É responsabilidade do piloto em comando calcular o nível mínimo para voo IFR fora de aerovia, de acordo com o previsto em publicação específica.*

#### **4.2.3 - AIP BRASIL – ENR 1.3.1 1.2**

O cálculo do nível mínimo para voo IFR fora de aerovia, obedece aos seguintes critérios:

- a) procura-se a altitude (ft) do ponto mais elevado (MEF) dentro de uma faixa de 30 Km (16 NM) para cada lado do eixo da rota,
- b) soma-se a maior correção “QNE” da rota, dada em metros nos mapas de correção de QNE;
- c) soma-se 300m (1.000FT) – gabarito. Se o valor encontrado não corresponder a um nível de voo, arredonda-se para o nível de voo IFR imediatamente acima.

NOTA 1: Sobre regiões montanhosas o gabarito é de 600m (2000FT).

NOTA 2: A correção referida em b), anterior, é obtida da publicação intitulada “CORREÇÃO QNE”(ICA 100-2 de 20/12/2007).

*“Um valor tal que, somado algebricamente à altitude de qualquer ponto, resultará em um valor fictício máximo QNE, que poderá ocorrer nesse ponto. É obtido computando-se as condições mais desfavoráveis de pressão e temperatura que se pode prever para um determinado lugar ou Zona.”*

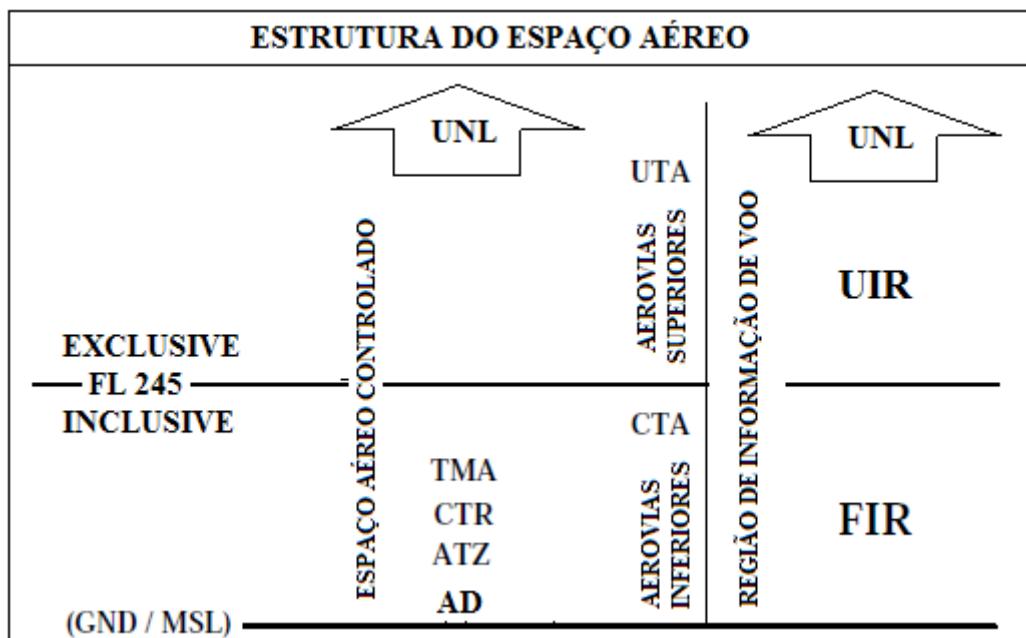
Em virtude da insuficiência de dados altimétricos disponíveis, a última edição de cartas WAC BRASIL não deverá ser utilizada para determinação de nível mínimo para voo IFR fora de Rota ATS.

Somente os dados planimétricos poderão ser utilizados para aquele fim. Em consequência, os voos IFR fora das rotas ATS publicadas nas FIR Brasília e Curitiba não deverão ser realizados em níveis inferiores ao FL 110.

Nas demais FIR o nível mínimo será o FL080, exceto na região localizada entre a fronteira com a Venezuela (FIR MAIQUETIA) e os pontos de COORD N0100/W06640, 0000/W06600, 0000/W06400, N0200/W06125 e N0425/W06125, onde o nível mínimo será o FL 130.

Tal exigência será dispensada se o piloto declarar, no item 18 do PLN, já ter voado VMC, mantendo referência visual com o solo, no nível e rota propostos, obedecido o prescrito em ENR 1.2 Regras de Voo Visual.

4.2.4 - ESTRUTURA DO ESPAÇO AÉREO – Ver item 3.3 em Serviços de Tráfego Aéreo.



#### 4.2.5 – EXEMPLO DE CÁLCULOS DE CRUZEIRO

DADOS:

DMG = 020°W

Hora UTC no TOC = 10:22 Z

Altitude = 32.000 pés

Temperatura no FL = - 35° C

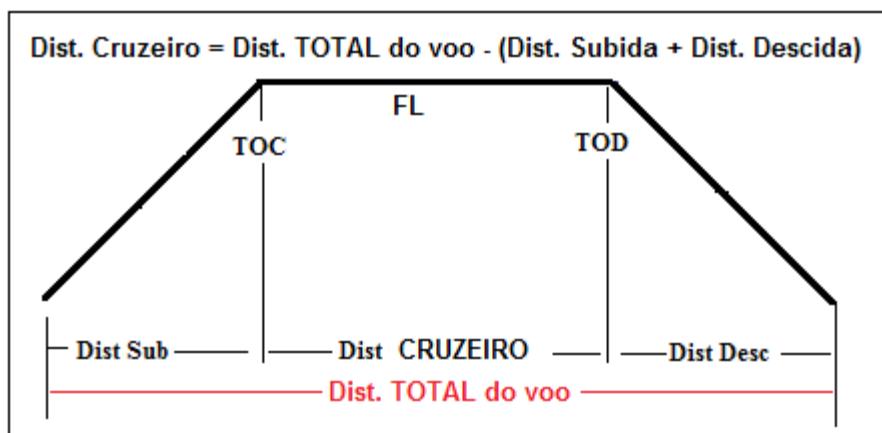
VI = 250 KT

RV = 040°

Vento: 85° / 20 KT

Distância entre TOC e TOD = 100 NM

Consumo horário @ 32.000' / 410 KT (manual da aeronave) = 14 Gal /h.



## CÁLCULOS COM COMPUTADOR DE VOO:

4.2.5.1 -  $VA = 440 \text{ KT}$ 4.2.5.2 -  $\hat{\text{Ângulo de Correção de deriva (ACD)}} = 2^\circ$ 10.2.5.3 -  $\text{Velocidade de solo} = 425 \text{ KT}$ 

## CÁLCULOS COM FÓRMULAS:

4.2.5.4 -  $PV = RV \pm ACD \rightarrow PV = 040 + 002 \rightarrow PV = 042^\circ$ 4.2.5.5 -  $PM = PV + DMG (W) \rightarrow PM = 042 + 020 \rightarrow PM = 062^\circ$ 4.2.5.6 -  $\text{Componente do vento} = VS - VA \rightarrow \text{Componente do vento} = 425 - 440$  $\text{Componente do vento} = -15 \text{ KT} \text{ (de proa ou HW)}$ 4.2.5.7 -  $\text{Tempo de voo (h)} = D. \text{ cruzeiro} / VS \rightarrow$  $\text{Tempo de voo (h)} = 100 \text{ NM} / 425 \text{ KT} \rightarrow \text{Tempo de voo (h)} = 0,235 \text{ h}$ 4.2.5.8 -  $\text{Tempo de voo (min)} = \text{Tempo de voo (h)} * 60$  $\text{Tempo de voo (min)} = 0,235 * 60 \rightarrow \text{Tempo de voo (min)} = 14 \text{ min.}$ 4.2.5.9 -  $\text{Tempo de voo (hh:mm)} = 00:14 \text{ h}$ 4.2.5.10 -  $\text{Hora UTC no TOD} = \text{Hora UTC no TOC} + \text{Tempo de voo (hh:mm)}$  $\text{Hora UTC no TOD} = 10:22 + 00:14 \rightarrow \text{Hora UTC no TOD} = 10:36 \text{ Z}$ 4.2.5.11 -  $\text{Combustível gasto} = \text{Tempo de voo (h)} * \text{Consumo horário (Gal / h)}$  $\text{Combustível gasto} = 0,235 \text{ h} * 14 \text{ Gal/h} \rightarrow \text{Combustível gasto} = 3,3 \text{ Gal.}$ 

## 4.2.6 - EXEMPLO DE TRANSIÇÃO ENTRE DOIS NÍVEIS DE CRUZEIRO

A transição pode ser de subida ou de descida, aplicando-se a mesma metodologia das médias, estudada para ambos os casos. O exemplo a seguir é uma transição em descida.

## DADOS:

 $\text{Hora UTC no TOD} = 15:00$  $\text{FL superior} = 360$  $\text{FL inferior} = 280$  $T. \text{ FL superior} = -72^\circ\text{C}$  $\text{VIM na descida} = 0,5 \text{ Mach}$  $\text{RD} = 1.800 \text{ fpm}$

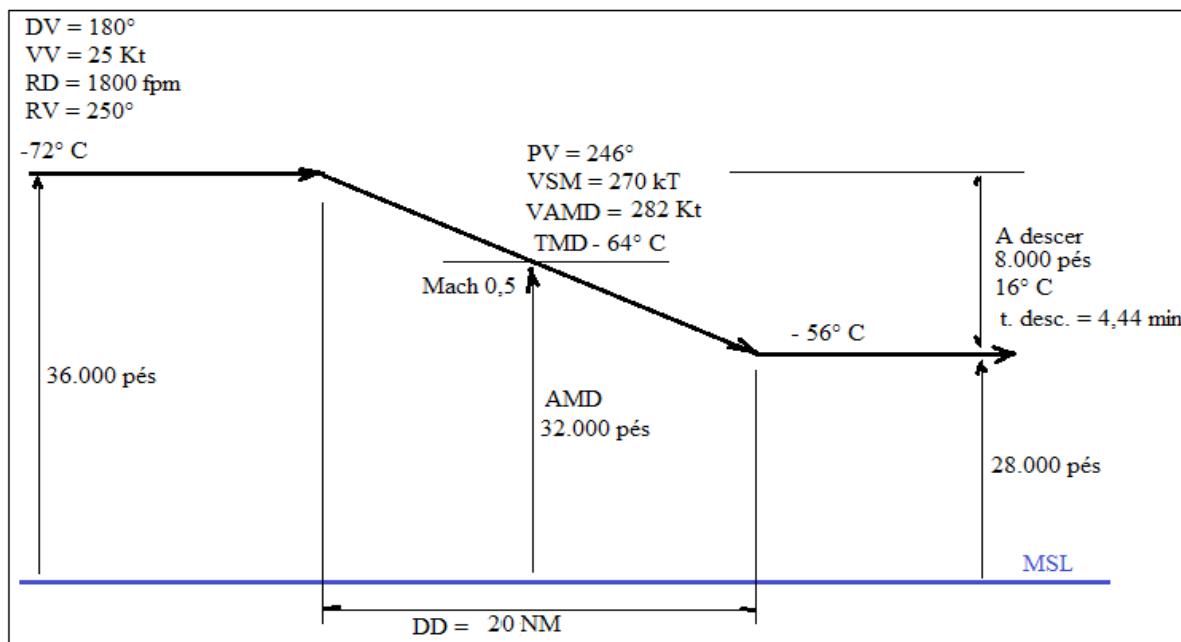
DV = 180°

VV = 25 Kt

RV = 250°

DMG = 19° W

Consumo horário (CH) @ 32.000' / 282 kt = 12 Gal / h.



## CÁLCULOS COM FÓRMULAS

$$4.2.6.1 - \text{A Descer} = \text{altitude FL superior} - \text{altitude FL inferior}$$

$$\text{A Descer} = 36.000 - 28.000 \rightarrow \text{A Descer} = 8.000 \text{ pés}$$

$$4.2.6.2 - \text{Altitude Média de descida (AMD)} = (\text{altitude FL superior} + \text{altitude FL inferior}) / 2$$

$$\text{AMD} = (36.000 + 28.000) / 2 \rightarrow \text{AMD} = 32.000 \text{ pés}$$

$$4.2.6.3 - \text{Dif. Tempt. Descida} = (\text{A Descer} / 1000) * 2$$

$$\text{Dif. Tempt. Descida} = (8.000 / 1.000) * 2 \rightarrow \text{Dif. Tempt. Descida} = 16^\circ\text{C}$$

$$4.2.6.4 - \text{T. FL inferior} = \text{T. FL superior} + \text{Dif. Tempt. Descida}$$

$$\text{T. FL inferior} = -72 + 16 \rightarrow \text{T. FL inferior} = -56^\circ\text{C}$$

$$4.2.6.5 - \text{TMD} = (\text{T. FL superior} + \text{T. FL inferior}) / 2$$

$$\text{TMD} = [(-72) + (-56)] / 2 \rightarrow \text{TMD} = (-128) / 2 \rightarrow \text{TMD} = -64^\circ\text{C}$$

$$4.2.6.6 - \text{Tempo de descida TD (min)} = \text{A Descer} / \text{RD}$$

$TD = 8.000 / 1.800 \rightarrow TD = 4,44$  minutos. Arredondado para 4 min.

$$4.2.6.7 - TD(h) = TD(\text{min}) / 60 \quad TD(h) = 4,44 / 60 \rightarrow TD(h) = 0,074 \text{ h.}$$

$$4.2.6.8 - TD(\text{hh:mm}) = 00:04 \text{ h}$$

$$4.2.6.9 - \text{Hora UTC no FL inf.} = \text{Hora UTC no TOD} + TD(\text{hh:mm})$$

$$\text{Hora UTC no FL inf.} = 15:00 + 00:04 \rightarrow \text{Hora UTC no FL inf.} = 15:04 \text{ Z}$$

## CÁLCULO COM O COMPUTADOR DE VOO

Velocidade Aerodinâmica Média na descida (VAMD) – Conhecendo-se a AMD, a TMD e a VIM ou Mach na descida, teremos:

$$4.2.6.10 - VAMD = 282 \text{ Kt}$$

$$4.2.6.11 - \text{Ângulo de correção de deriva ACD} = -4^\circ$$

$$4.2.6.12 - VSM = 270 \text{ Kt}$$

## CÁLCULOS COM FÓRMULAS

$$4.2.6.13 - PV = RV + CD \rightarrow PV = 250 - 4 \rightarrow PV = 246^\circ$$

$$4.2.6.14 - PM = PV + DMG(W) \rightarrow PM = 246 + 19 \rightarrow PM = 265^\circ$$

$$4.2.6.15 - \text{Distância horizontal na descida: } DD(\text{NM}) = VSM * TD(\text{h})$$

$$DD = 270 * 0,074 \rightarrow DS = 20 \text{ NM}$$

$$4.2.6.16 - \text{Componente do vento} = VS - VA \rightarrow \text{Componente do vento} = 270 - 282$$

$$\text{Componente do vento} = -12 \text{ KT (de proa ou HW)}$$

$$4.2.6.17 - \text{Combustível Gasto} = CH * TD(\text{h})$$

$$\text{Combustível Gasto} = 12 * 0,074 \rightarrow \text{Combustível Gasto} = 0,89 \text{ Gal}$$

## 4.3 - DESCIDA DO TOD PARA AD

DADOS:

Alt. TOD = 28.000 pés

Elevação do AD = 300 pés (arredondar para 500)

T. TOD = -26°C

VI na descida = 230 Kt

DV = 090°

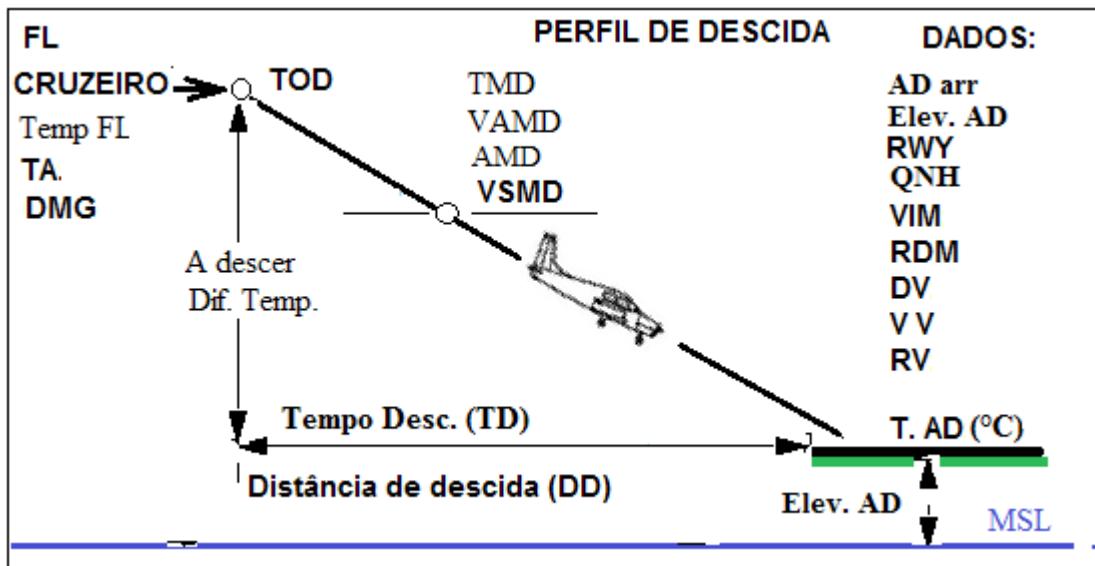
VV = 20 Kt

RV = 250°

DMG = 20° W

Hora UTC no TOD = 09:00 Z

Consumo Horário (CH) médio na descida: 14.000' @ 287 kt = 6 Gal / h



## CÁLCULOS COM FÓRMULAS

4.3.1 -  $A_{Descer} = Altit. TOD - Elev. AD_{arr}$

$$A_{Descer} = 28.000 - 0 \rightarrow A_{Descer} = 28.000 \text{ pés}$$

4.3.2 -  $Dif. Tempt. Descida = (A_{Descer} / 1.000) * 2 \quad Dif. Tempt. Descida = (28.000 / 1.000) * 2$

$$Dif. Tempt. Descida = 56^{\circ}\text{C}$$

4.3.3 - Temperatura no AD de chegada  $T. AD_{arr} = T. TOD + Dif. Tempt. Descida$

$$T. AD = -26 + 56 \rightarrow T. AD_{arr} = 30^{\circ}\text{ C}$$

4.3.4 - Altitude Média de Descida (AMD) =  $(altit. TOD + Elev. AD_{arr}) / 2$

$$AMD = (28.000 + 0) / 2 \rightarrow AMD = 14.000 \text{ pés}$$

4.3.5 - Temperatura Média na Descida (TMD)  $TMD = (T. TOD + T. AD_{arr}) / 2$

$$TMD = (-26 + 30) / 2 \rightarrow TMD = 2^{\circ}\text{C}$$

4.3.6 - Tempo de Descida TD (minutos) =  $A_{Descer} / RD$

$$TD = 26.000 / 1.800 \rightarrow TD = 14,44 \text{ minutos. Arredondado para } 14 \text{ min.}$$

4.3.7 -  $TD(h) = TD(\text{min}) / 60$   $TD(h) = 14,44 / 60 \rightarrow TD(h) = 0,24 \text{ h.}$

$TD(\text{hh:mm}) = 00:14 \text{ h}$

4.3.8 - Hora UTC no AD arr. (Z) = Hora UTC no TOD + T.Descida (hh:mm)  
 Hora UTC no AD arr. = 09:00 + 00:14 → Hora UTC no AD arr. = 09:14 Z

## CÁLCULOS COM O COMPUTADOR DE VOO

Velocidade Aerodinâmica Média na Descida (VAMD) – Conhecendo-se a AMD, a TMD e a VIM na descida, com o Computador teremos:

4.3.9 -  $VAMD = 287 \text{ Kt}$

4.3.10 - Ângulo de Correção de Deriva ACD =  $-2^\circ$

4.3.11 - Velocidade de Solo Média na Descida VSMD = 305 Kt

## CÁLCULOS COM FÓRMULAS

4.3.12 -  $PV = RV + CD \rightarrow PV = 250 - 2 \rightarrow PV = 248^\circ$

4.3.13 -  $PM = PV + DMG(W) \rightarrow PM = 248 + 20 \rightarrow PM = 268^\circ$

4.3.14 - Componente do vento (kt) = VS – VA → Componente do vento = 305 – 287

Componente do vento = 18 KT (de cauda ou TW)

4.3.15 - Distância horizontal na descida:  $DD(\text{NM}) = VSM * TD(h)$

$DD = 305 * 0,24 \rightarrow DD = 73 \text{ NM}$

4.3.16 - Comb. Gasto (Gl) = CH \* T. Descida

Comb. Gasto = 6 Gl / h \* 0,24 h → Comb. Gasto = 1,44 Gal

## 4.4 - AUTONOMIA MÍNIMA (para Avião)

Ninguém pode operar uma aeronave em condições IFR, a menos que ela possua combustível suficiente (considerando informações ou previsões meteorológicas ou qualquer combinação das mesmas) para:

- completar o voo para o primeiro aeródromo onde se pretende pousar;
- voar desse aeródromo para o aeródromo de alternativa; e
- após isso, voar durante 45 minutos em velocidade normal de cruzeiro ou, de helicóptero, 30 minutos, também em velocidade normal de cruzeiro.

Nas provas da ANAC a autonomia mínima regulamentar é calculada pelas distâncias dos trechos a serem voados (NM), considerando o consumo horário (CH) do regime de cruzeiro, haja vista o maior consumo nas subidas ser compensado pelo menor consumo das descidas.

Os dados de abastecimento e consumo horário podem ser fornecidos nas unidades de volume: litro (l) ou galão americano (US Gal). Pode ser dado também em Libra (Pounds), unidade de massa.

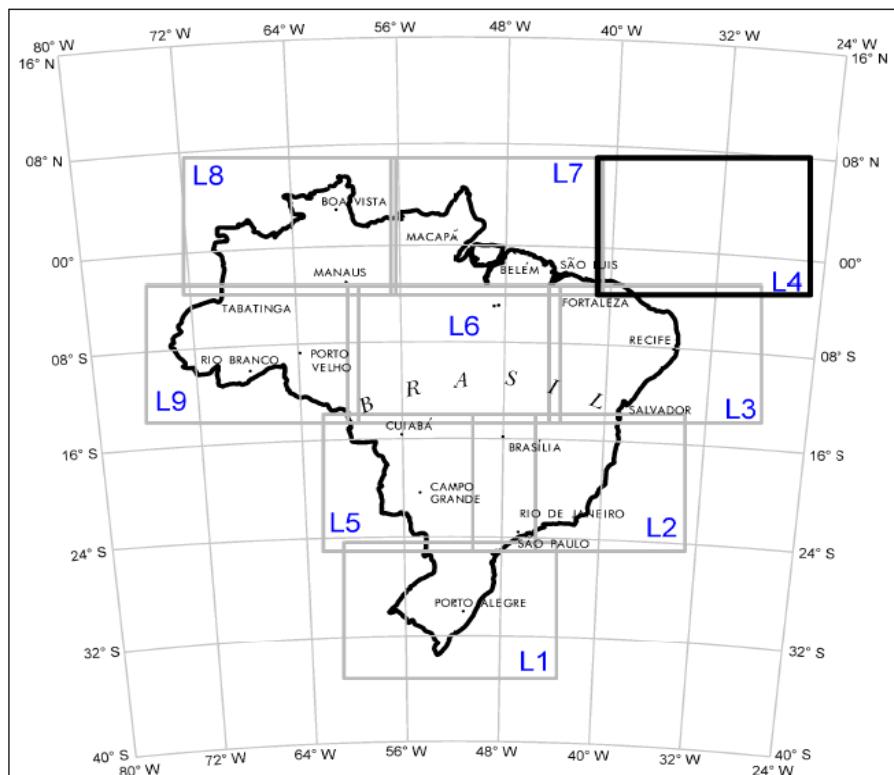
- Abastecimento.
- Consumo horário nas subidas.
- Consumo horário no FL mais baixo.
- Consumo horário no FL mais alto.
- Consumo horário nas descidas.

## 5 – CARTAS AÉREAS <http://www.aisweb.aer.mil.br/?i=cartas>

### 5.1 - CARTAS DE ROTAS (Enroute Charts ENRC)

Cobrem todo o território brasileiro e áreas oceânicas sob responsabilidade do Brasil.

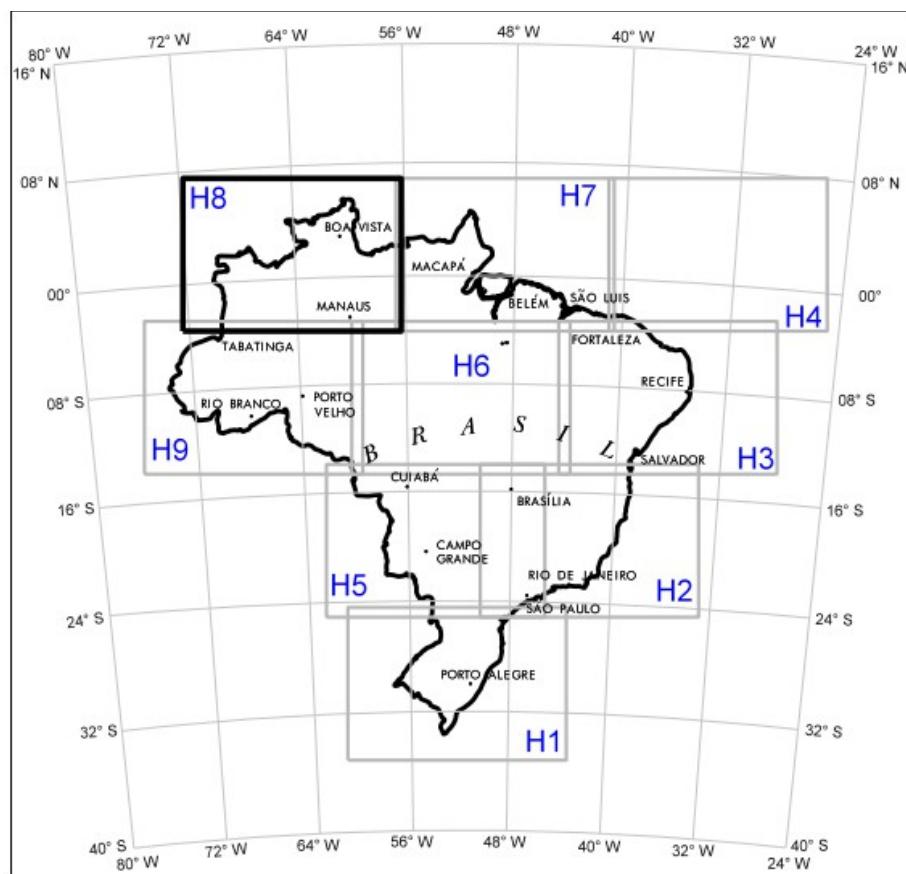
- ENRC H1 até ENRC H9: cartas do espaço aéreo superior (High) que vai do FL 245 exclusive até o ilimitado (UNL);
- ENRC L1 até ENRC L9: cartas do espaço aéreo inferior (Low) que vai do solo ou água até o FL245 inclusive;



As cartas de rotas têm as seguintes características:

- não trazem informações sobre elevações do terreno;
- são apresentadas na escala de 1 : 3.000.000 na projeção cônica secante conforme de Lambert;
- paralelos e meridianos são representados com reticulado de 2° ;
- cada retícula é dividida em 24 grades de 5 minutos (5');
- exibe contornos de massas d'água (lagos, mares e oceanos);
- exibe áreas não controladas na cor branca;
- exibe áreas controladas na cor cinza;
- linhas isogônicas (DMG) com validade anotada no Mapa Índice;
- aerovias com os rumos magnéticos e distâncias em NM;
- pontos de notificação;
- identificação de aeródromos;
- limites de FIR;
- limites de TMA e CTR no espaço aéreo inferior;
- limites de fuso horário;

- setores;
- quadros de frequências;
- quadro de designador de espaço aéreo e coordenadas;
- aeródromos que dispõem do recurso ILS;
- aeródromos exclusivos para operação VFR;
- as coordenadas geográficas serão representadas em graus, minutos e centésimos de minuto;
- os níveis de voo em cruzeiro (FL) indicados nas rotas são os mínimos IFR;
- representação das rotas de navegação de área RNAV;
- simbologia completa;
- tabela de níveis de cruzeiro;



### 5.1.1 – ROTAS ATS

#### DESIGNADORES

- rotas das redes regionais ATS: letras A (amber), B (blue), G (green) e R (red);
- rotas RNAV que fazem parte das redes regionais ATS: letras L, M, N e P;
- Rotas que não fazem parte das redes regionais ATS, e que não são rotas RNAV: letras H, J, V e W (white);
- Rotas RNAV que não fazem parte das redes regionais de rotas ATS: letras Q, T, Y e Z

## PREFIXOS DESIGNADORES SUPLEMENTARES

- K (KOPTER) rota de nível baixo estabelecido para uso de helicópteros.
- U (UPPER) rota (ou porção dela) que está estabelecida no espaço aéreo superior.
- S (SUPERSONIC) rota estabelecida exclusivamente para uso por aeronave supersônica durante aceleração, desaceleração e durante o voo supersônico.

## SUFIXOS DESIGNADORES

- Sufixo D - indica que na rota (ou em uma porção dela) é somente fornecido serviço de assessoramento pelo órgão ATS.
- Sufixo F - indica que na rota (ou em uma porção dela) é somente fornecido serviço de informação de voo pelo órgão ATS.

ROTAS ATS - IDENTIFICAÇÃO / SIMBOLOGIA ATS ROUTES - IDENTIFICATION / SIMBOLOGY								
AWY NACIONAL	W	UW						
AWY INTERNACIONAL	A	UA	B	UB	G	UG	R	UR
RNAV NACIONAL	Z	UZ						
RNAV INTERNACIONAL	L	UL	M	UM	N	UN		
<b>ROTAS SUPERSÔNICAS</b>	SP							

RUMO MAGNÉTICO / Magnetic heading ..... SENTIDO DE VOO / Flight direction  
 NÍVEL MÍNIMO DE VOO / ..... XXX ..... SENTIDO DE VOO / Flight direction  
 Minimum flight level ..... FLXXX ..... XX ..... FLXXX  
 DESIGNADOR DA ROTA ATS / ATS route designator ..... DISTÂNCIA EM NM / Distance in NM

1) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA / Grafic representation :  
 ROTA DE NAVAGAÇÃO DE ÁREA / Area Navigation Route .....   
 ROTA ATS / Ats route .....   
 ROTA DE ASSESSORAMENTO / Advisory route .....   
 ROTA DE INFORMAÇÃO / Information route ..... 

2) SENTIDO DE VOO / Flight direction :  
 DUPLO SENTIDO / Two way .....   
 SENTIDO ÚNICO / One way ..... 

APLICAÇÕES DOS DESIGNADORES - A ICAO recomenda que os designadores de rotas ATS descritos acima devem consistir de um designador alfanumérico básico.

## NOTA: PRONÚNCIAS DOS DESIGNADORES

Com exceção dos descritores "KOPTER", "UPPER" e "SUPersonic", o alfabeto fonético ICAO será usado nas comunicações radiotelefônicas e marcações de rotas.

### 5.1.2 - PONTOS DE NOTIFICAÇÃO

PONTOS DE NOTIFICAÇÃO / REPORTING POINTS															
ROTA ATS CONVENCIONAL ATS Route								ROTA DE NAVEGAÇÃO DE ÁREA - RNAV Air Navigation Route - RNAV							
Compulsório/ Compulsory		A pedido/ On Request		Compulsório/ Compulsory		A pedido/ On Request									
ATS		ATS MET		ATS		ATS MET		ATS		ATS MET		ATS		ATS	
FLY OVER	FLY BY	FLY OVER	FLY BY	FLY OVER	FLY BY	FLY OVER	FLY BY	FLY OVER	FLY BY	FLY OVER	FLY BY	FLY OVER	FLY BY	FLY OVER	FLY BY

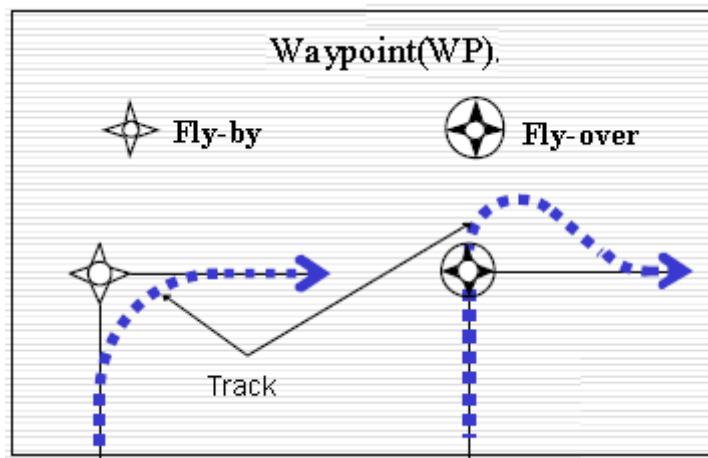
AUXÍLIOS - RÁDIO / RADIO AIDS							
VOR				VOR/DME		NDB	
Compulsório Compulsory		A pedido On Request		Compulsório Compulsory		A pedido On Request	
FLY OVER	FLY BY	FLY OVER	FLY BY	FLY OVER	FLY BY	FLY OVER	FLY BY

### 5.1.3 - WAYPOINT (WP) OU PONTO DE CONTROLE

Posição geográfica pré-determinada, usada para definição de rota e/ou para mensagens de posição, que é definida por latitude e longitude.

**FLY-BY WAYPOINT** - Um Waypoint que requer antecipação da curva para permitir a intercepção tangencial do próximo segmento de uma rota ou procedimento.

**FLY-OVER WAYPOINT** - Um Waypoint no qual uma curva é iniciada para unir o próximo segmento de uma rota ou procedimento.



### 5.2 - CARTAS DE ÁREA (ARC)

- tem por finalidade facilitar a transição do voo em rota para o voo em Terminal;
- usa a mesma simbologia das ENRC, porém, com mais detalhes;

- aerovias superiores e inferiores são representadas conjuntamente;
- podem conter mais de uma área terminal (TMA);
- paralelos e meridianos são apresentados em reticulados de  $1^\circ$ ;
- os reticulados são divididos em 12 grades de 5 minutos ( $5'$ );
- o espaçamento entre as grades de minutos, sobre um meridiano, é equivalente a 5 NM;
- os setores de comunicação na TMA serão representados com suas respectivas frequências;

### 5.3 - CARTAS DE AERÓDROMOS / TMA

- IAC : (Instrument Approach Chart) Carta de aproximação por instrumentos;
- STAR: (Standard Terminal Arrival Route) Carta de chegada normalizada;
- SID: (Standard Instrument Departure) Carta de saída normalizada;

#### 5.3.1 - IAC (Instrument Approach Chart) - Carta de aproximação por instrumentos

#### AIC N 25/2013 - FRASEOLOGIA EMPREGADA NA EXECUÇÃO DE STAR/SID RNAV/RNP OU CONVENCIONAIS

Contém os procedimentos de espera e aproximação, desde um auxílio básico até a aproximação final para pouso ou arremetida. Esses procedimentos são apresentados em “planta” horizontal e em “perfil” vertical.

	Localidade	Tipo	Carta
	SBBE	IAC	<b>RNAV (GNSS) RWY 06</b> 291Kb
	SBBE	IAC	<b>RNAV (GNSS) RWY 20</b> 326Kb
	SBBE	IAC	<b>RNAV (GNSS) RWY 24</b> 322Kb
	SBBE	IAC	<b>VOR/DME RWY 06</b> 242Kb
	SBBE	IAC	<b>VOR/DME Z RWY 02</b> 238Kb
	SBBE	IAC	<b>VOR RWY 06</b> 197Kb
	SBBE	IAC	<b>VOR RWY 20</b> 195Kb
	SBBE	IAC	<b>VOR RWY 24</b> 190Kb
	SBBE	IAC	<b>ILS X RWY 06</b> 251Kb
	SBBE	IAC	<b>ILS/DME Y RWY 06</b> 236Kb
	SBBE	IAC	<b>ILS/DME Z RWY 06</b> 277Kb
	SBBE	IAC	<b>IAC SBBE RNAV (GNSS) RWY 02</b> 490Kb

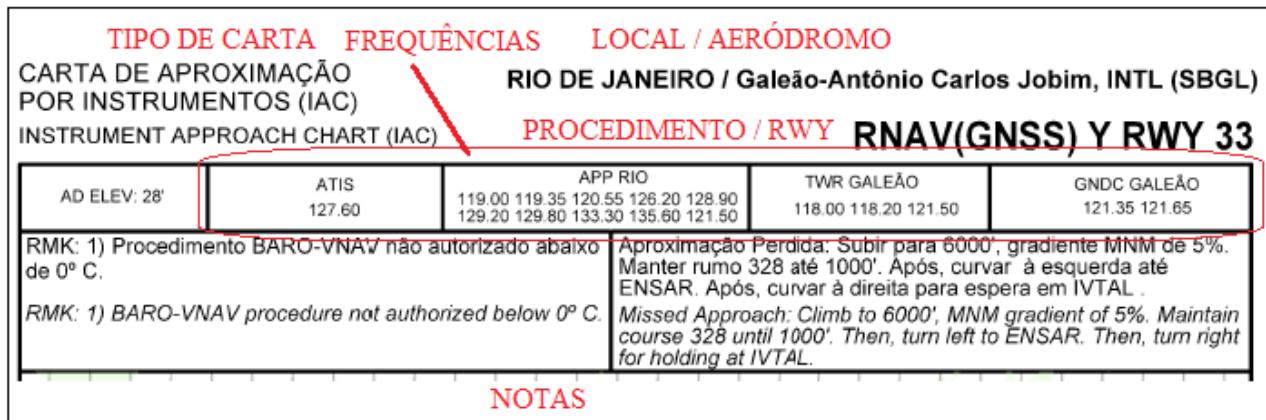
Pelo quadro acima percebe-se que as Cartas IAC contemplam algumas técnicas de aproximação e pouso e as respectivas pistas (RWY), assim como letras “X”, “Y” ou “Z” que se referem a um determinado padrão de entrada:

- RNAV (GNSS)
- VOR
- VOR / DME

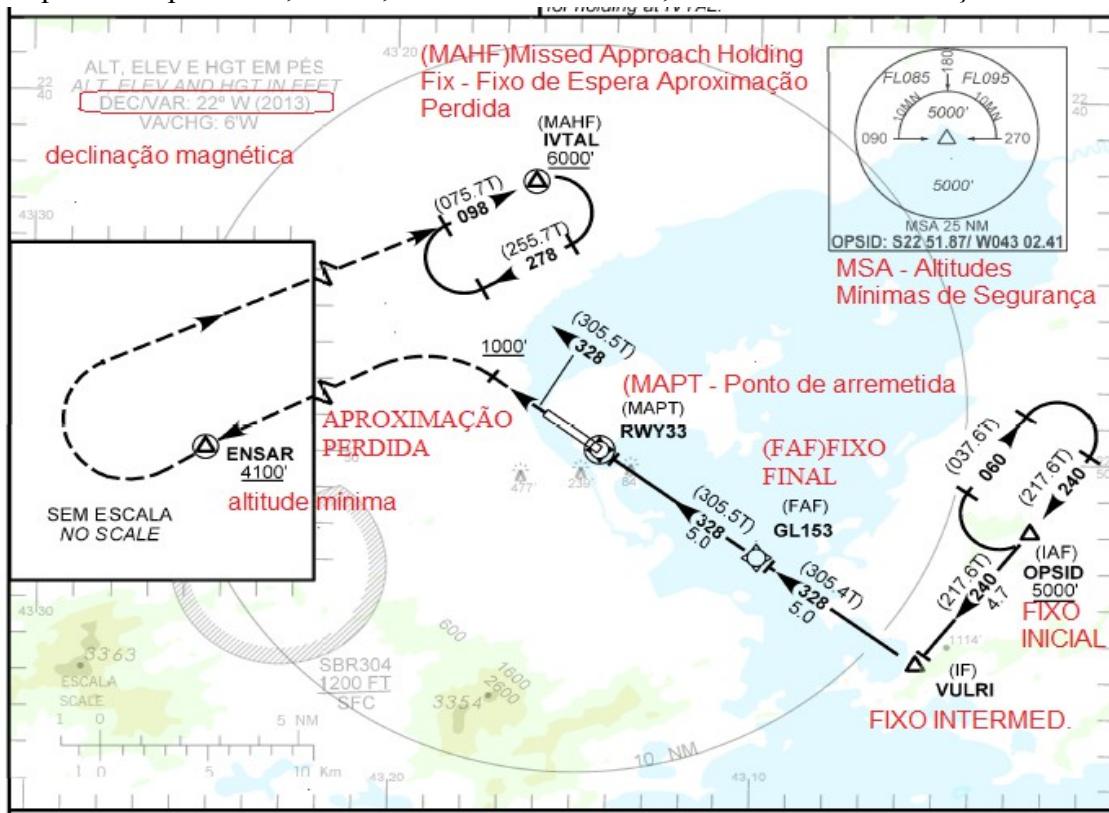
- ILS
  - ILS / DME

As cartas IAC são apresentadas com quatro áreas distintas:

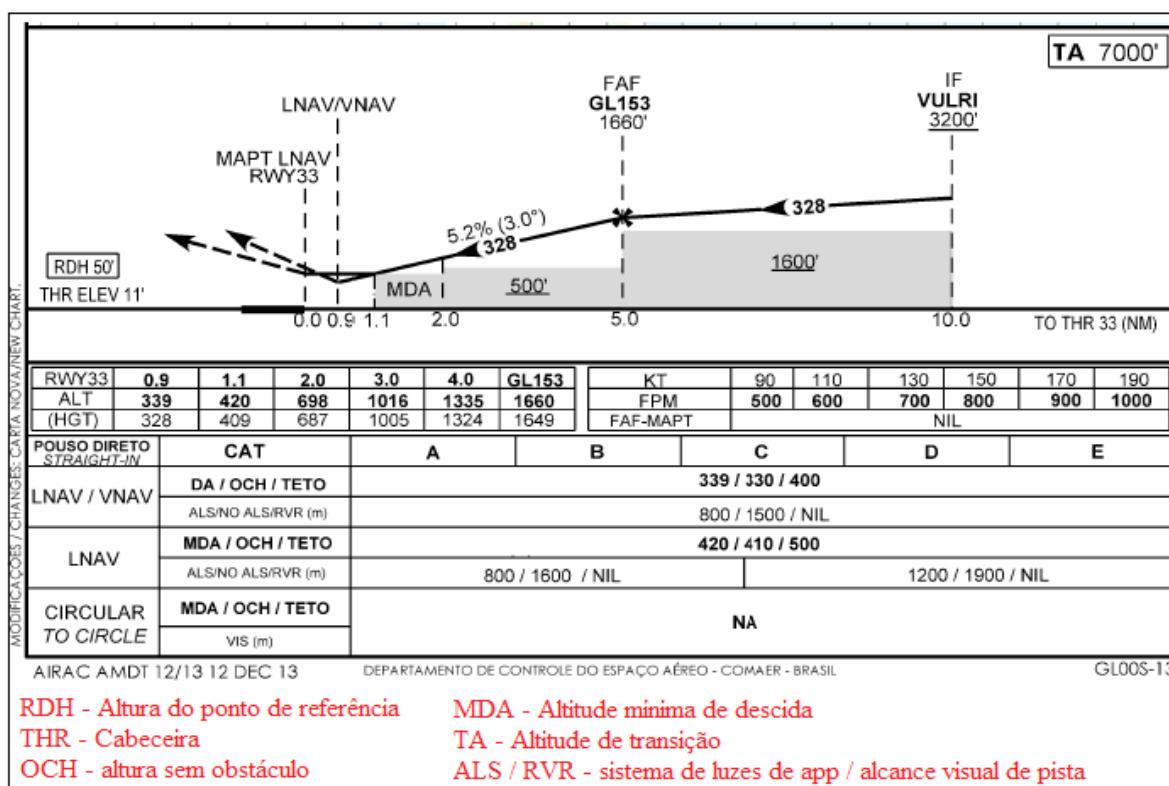
- **Titulo:** onde é mostrado o tipo da carta, a localidade e o aeródromo, a técnica de aproximação e pouso, o tipo do padrão e a pista. Aqui aparecem também as frequências de rádio do aeródromo.



- **Visão em planta do procedimento:** vista horizontal com todos os traçados dos segmentos e pontos importantes, rumos, distâncias e altitudes, auxílios-rádio e anotações dos obstáculos.



- **Visão em perfil do procedimento:** vista vertical com o traçado da descida e aproximação perdida, alturas importantes, distâncias e auxílios-rádio.
  - **Quadro de mínimos.**



## ALTITUDE MÍNIMA DE SEGURANÇA (MSA – Minimum Safe Altitude)

(Altitudes mínimas por setores) - Menor altitude que pode ser praticada, provendo-se uma separação mínima de 300m (1000 pés) acima de todos os obstáculos contidos em um setor circular de 46km (25NM) de raio centrado no auxílio à navegação básico do procedimento ou em um fixo, para o caso dos procedimentos RNAV.

## ALTITUDE DE CHEGADA EM TERMINAL (TAA – Terminal Arrival Altitude)

Menor altitude que provê uma margem mínima de liberação de obstáculo de 300 m (1000 ft) acima de todos os objetos localizados em um arco de círculo definido por um raio de 46 km (25 NM), centrado no fixo de aproximação inicial (IAF), ou onde não exista um IAF, no fixo de aproximação intermediário (IF).

**Fixo inicial da aproximação (IAF – Initial Approach Fix).**

**Fixo intermediário da aproximação (IF – Intermediate Approach Fix).**

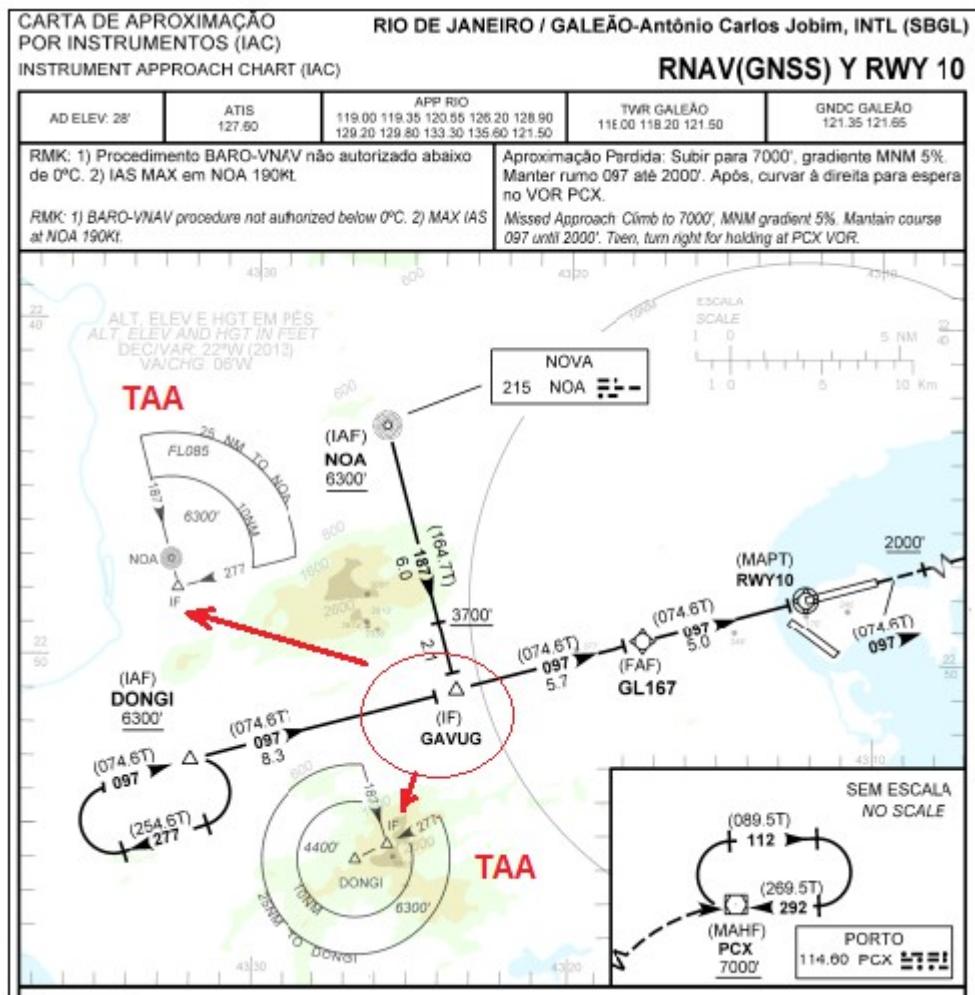
**Fixo final da aproximação (FAF - Final Approach Fix).**

**Ponto final da aproximação (FAP – Final approach Point).**

**GP – Trajetória vertical de planeio (Glide Path)**

NOTA: os dados que aparecem nas cartas IAC RNAV se referem a uma base de dados que está carregada no aparelho GNSS ou RNP, embarcados na aeronave, por isso só são anotados nas cartas, os rumos magnéticos, e acima destes, são anotados os rumos verdadeiros, entre parênteses, seguidos de letra "T" (true) e as distâncias dos trechos que interligam os way-points e respectivas altitudes. Nota-se que os waypoints RNAV, mesmo sendo referenciados a coordenadas geográficas na base de dados, não têm essas coordenadas anotadas nas cartas.

Por outro lado, nos procedimentos que dependem unicamente dos auxílios-rádio, todos os way-



points são anotados com suas respectivas coordenadas geográficas e referenciados a uma LP ou radial de determinado auxílio-rádio.

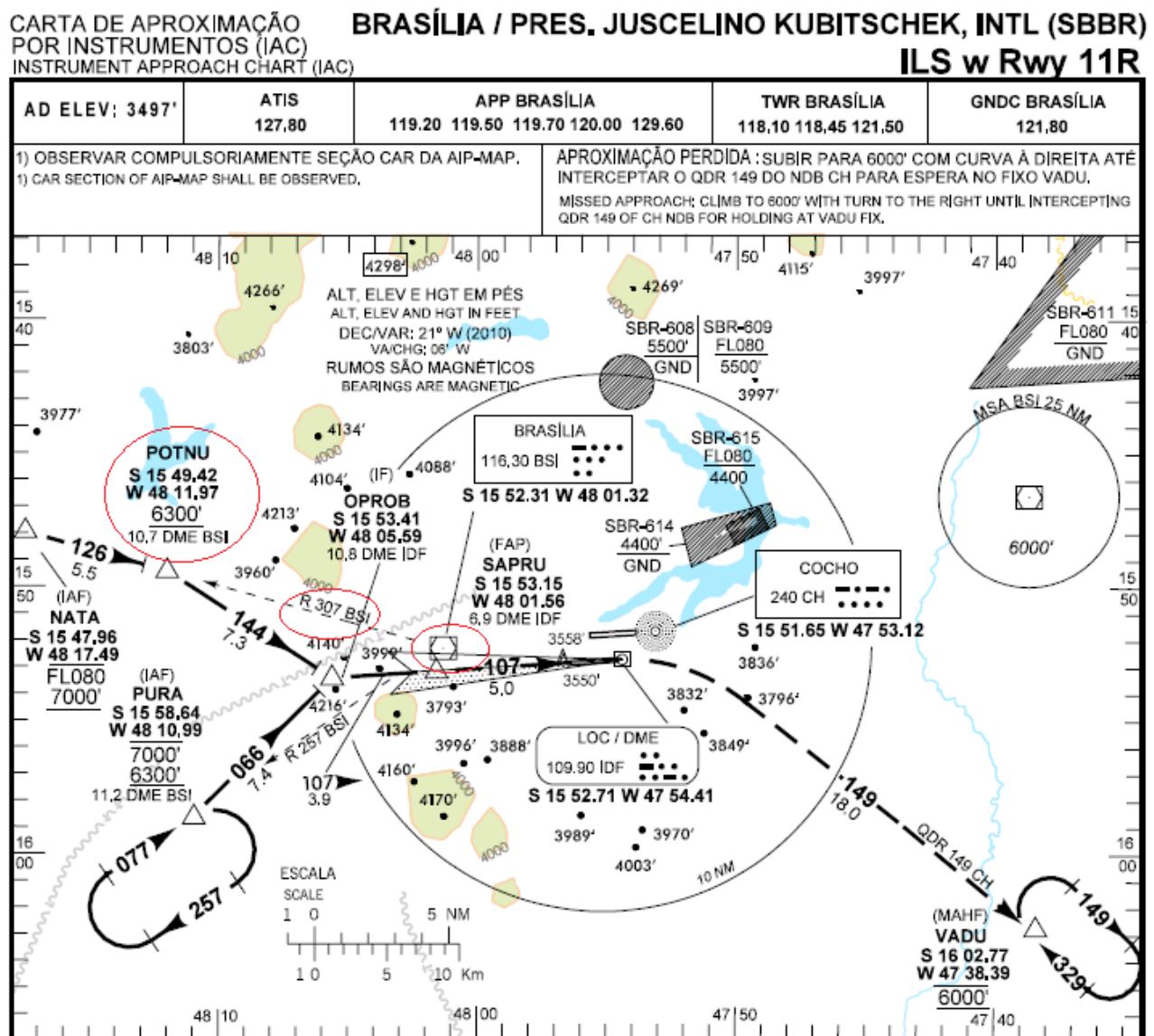
### APROXIMAÇÃO PERDIDA (Missed approach)

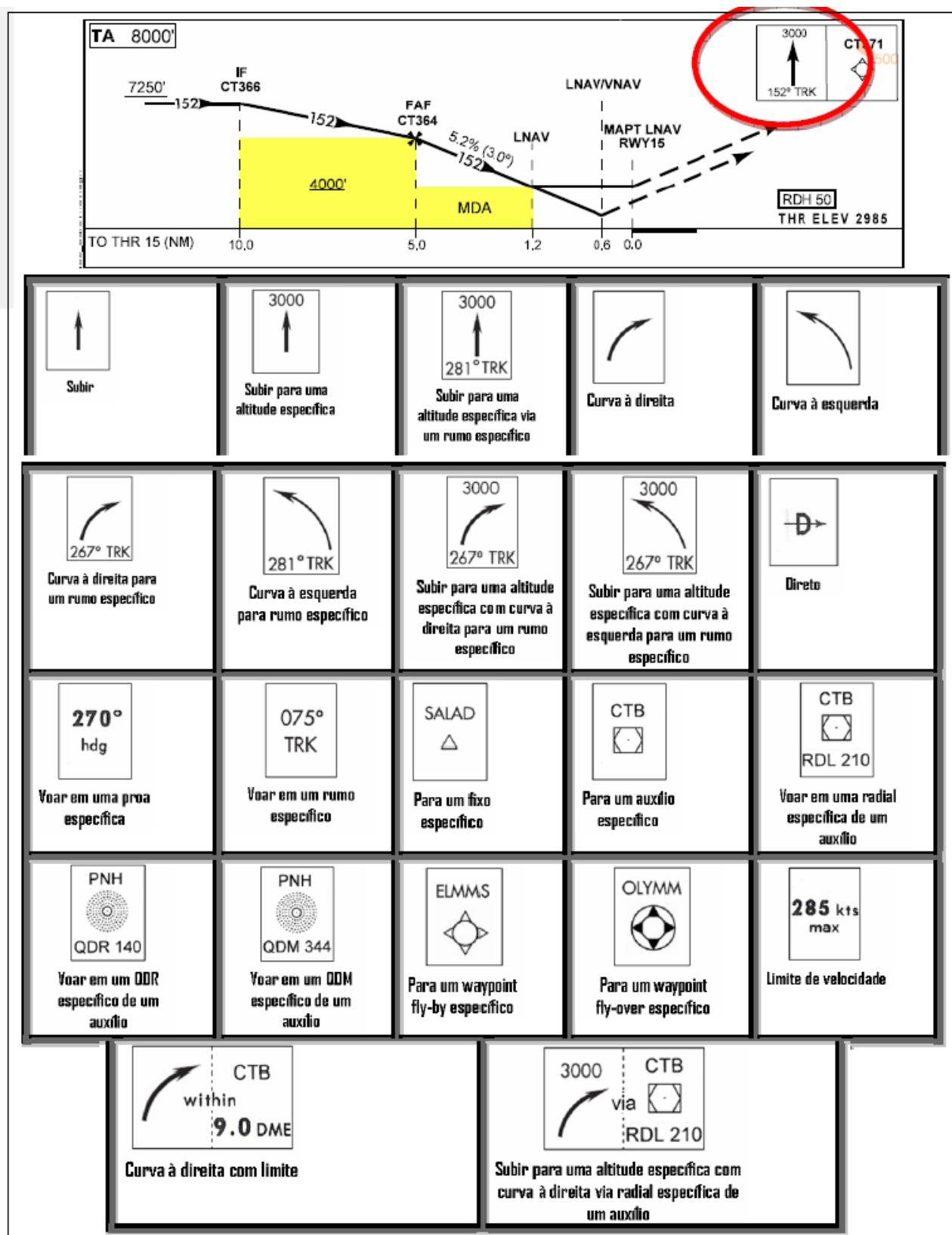
Fase de um procedimento de aproximação por instrumentos que deverá ser executada pela aeronave, caso não seja estabelecida a referência visual para continuar a aproximação e pouso.

**Ponto de aterragem a partir da cabeceira da pista - (LTP – Landing Threshold Point).**

**Fixo de espera para aproximação perdida - (MAHF - Missed Approach Holding Fix).**

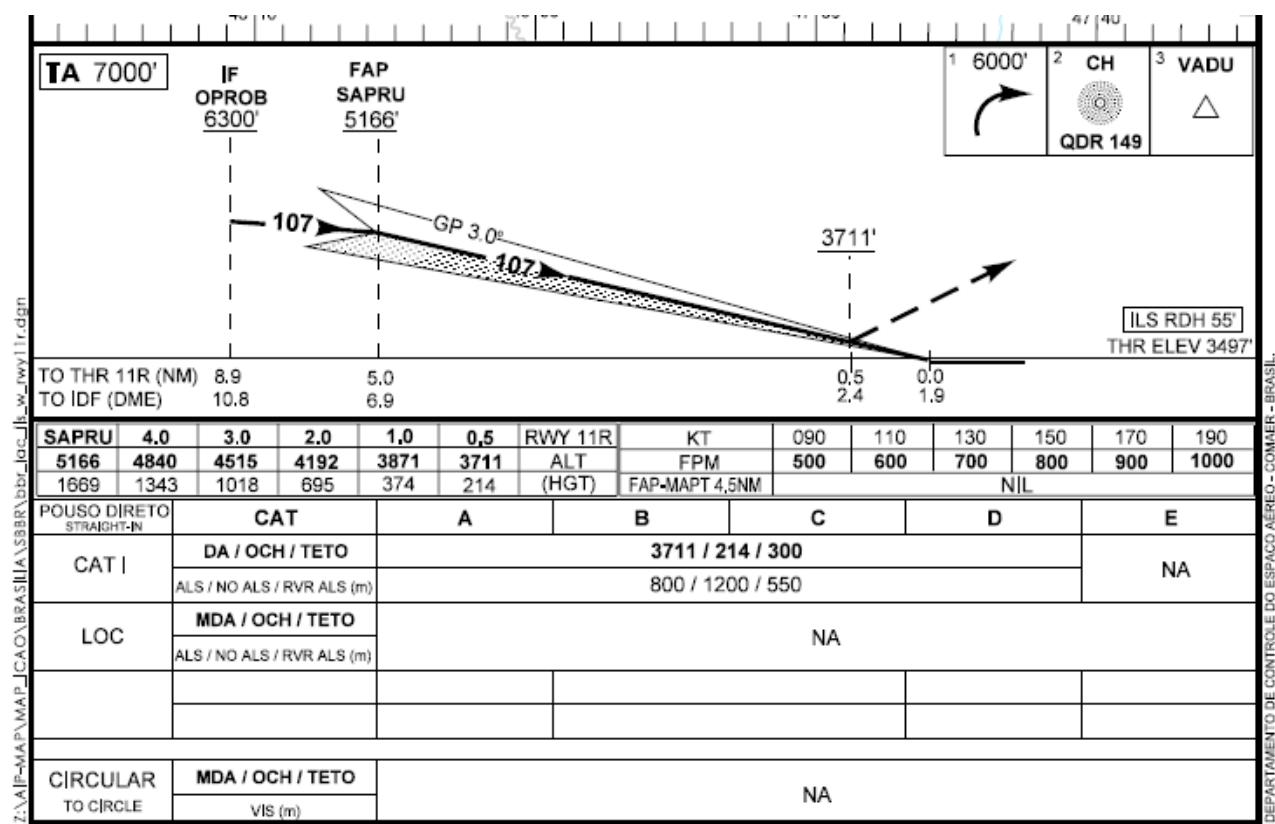
**Ponto de início de aproximação perdida - (MAPT – Missed Approach Start Point).**





# NAVEGAÇÃO AÉREA IFR

Pedro Barros Neto

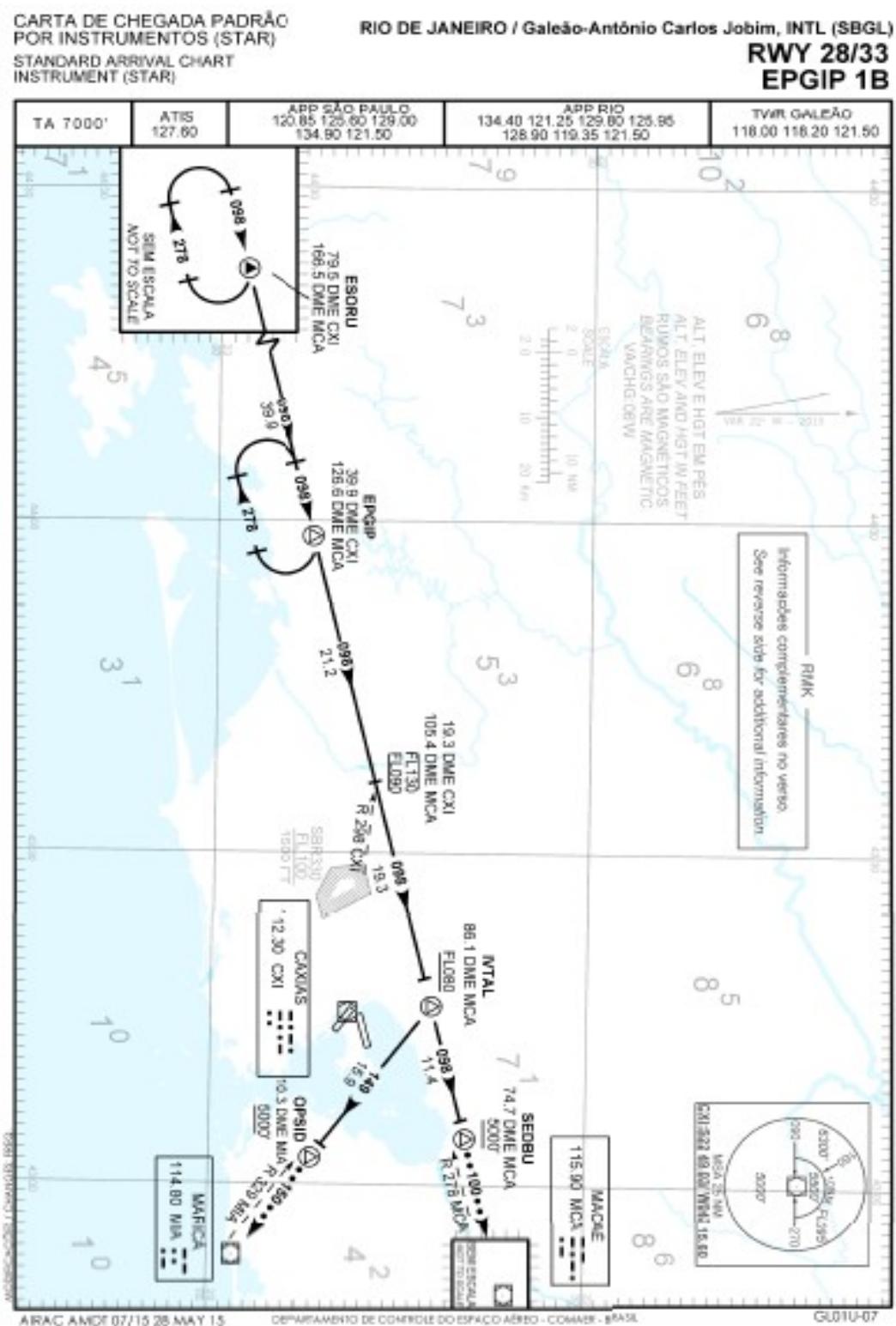


27 JUN 13 AIRAC MODIFICAÇÕES / CHANGES: CARTA NOVA/NEW CHART.

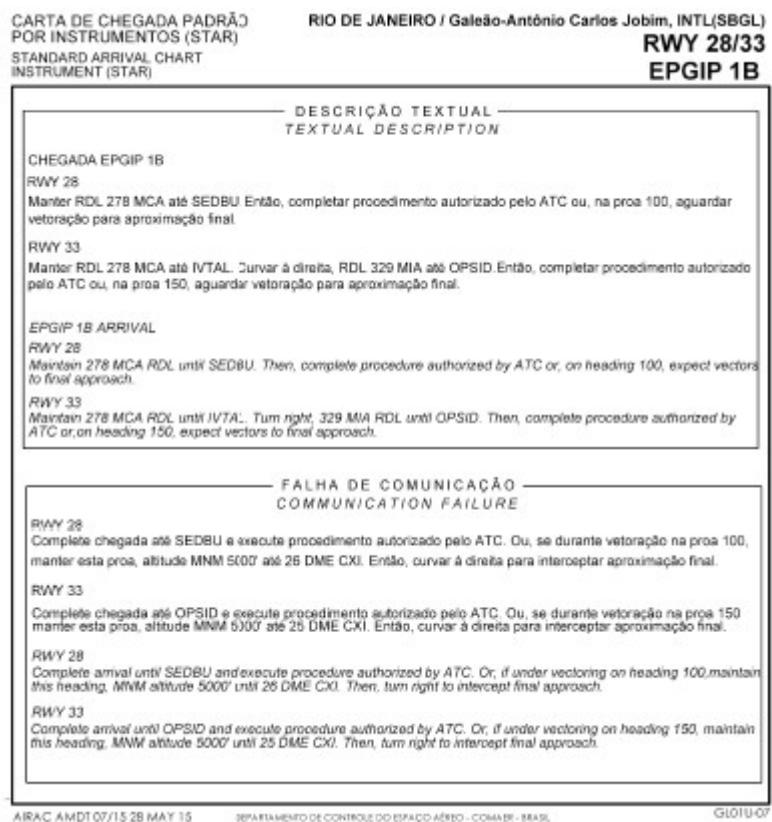
**SBBR**

**ILS w Rwy 11R**

### **5.3.2 - STAR - (Standard Terminal Arrival Route) - Carta de chegada Normalizada**



Permitir a transição entre a fase em rota e a fase de aproximação, ligando um ponto significativo em rota com um ponto onde o procedimento de aproximação possa ser iniciado. Devido às grandes distâncias horizontais que uma STAR pode cobrir, as cartas são publicadas sem escala.



Uma das finalidades de uma STAR é reduzir a necessidade de vetorização radar – podendo um mesmo procedimento de chegada servir para um ou mais aeródromos dentro de uma área de controle terminal. Os segmentos de um procedimento de chegada podem ser estabelecidos por um auxílio à navegação baseado em solo (VOR, NDB, DME), por informação RADAR, ou por meio da navegação de área (RNAV).

As cartas STAR são tanto para procedimentos RNAV, como Convencionais, por auxílios-rádio. Na frente é apresentado a vista em planta dos procedimentos e no verso as instruções e avisos.

## CATEGORIAS DE AERONAVES

As aeronaves são categorizadas conforme a velocidade indicada (VI ou IAS) de cruzamento da cabeceira, de acordo com a tabela abaixo:

<b>Categoría</b>	<b>Vat</b>	
	<b>Kt</b>	<b>Km / h</b>
A	Menor do que 91	Menor do que 169
B	Entre 91 e 120	Entre 169 e 223
C	Entre 121 e 140	Entre 224 e 260
D	Entre 141 e 165	Entre 261 e 306
E	167 acima	307 acima

Vat = Landing speed at runway threshold Flap/Gear down(velocidade de cruzamento sobre a cabeceira durante o pouso com flap/ trem de pouso abaixados).

### **GRADIENTE DE DESCIDA % (GD)**

- indica a altura descendente (pés - ft) em determinada distância horizontal percorrida (milhas náuticas - NM).
- $$\text{GD (\%)} = [\text{Distância vertical (pés)} / \text{Distância horizontal (NM} * 6.000)] *100$$
- 1 NM = 6.000 pés
- é o ângulo (inclinação de descida, em graus) que a aeronave deverá manter com a horizontal, expresso em porcentagem, de forma a permitir uma distância suficiente para facilitar a descida da aeronave até o pouso.

CATEGORIA DA AERONAVE	ÓTIMO	MÁXIMO
A - B	318 ft/NM; 5,24%; ou 3,0°	395 ft/NM; 6,5%; ou 3,7°
C – D - E		370 ft/NM; 6,1%; ou 3,5°

### **ALTURA (Height - H)**

Distância vertical de um nível, ponto ou objeto considerado como ponto e uma determinada referência.

### **ALTURA DE LIBERAÇÃO DE OBSTÁCULO (Obstacle Clearance Height - OCH)**

A menor altura sobre a elevação da cabeceira de pista relevante ou do aeródromo, como aplicável, utilizada em conformidade com o apropriado critério de separação de obstáculo.

### **ALTURA DE DECISÃO (Decision Height - DH)**

Altura especificada para aproximação de precisão.

### **ALTURA MÍNIMA DE DESCIDA (Minimum Descent Height - MDH)**

Altura especificada para aproximação de não-precisão.

### **ALTITUDE (Altitude - A)**

Distância vertical entre um nível, um ponto ou objeto considerado como ponto e o nível médio do mar.

### **ALTITUDE DE DECISÃO (Decision Altitude - DA)**

Altitude especificada em uma aproximação de precisão, na qual deve ser iniciado um procedimento de aproximação perdida, caso não seja estabelecida à referência visual exigida para continuar a aproximação e pouso.

**NOTA:** A referência visual exigida significa parte dos auxílios visuais ou da área de aproximação, que tenha estado à vista durante tempo suficiente para permitir que o piloto faça uma avaliação da posição da aeronave e seu deslocamento, em relação à trajetória de voo desejada.

**ALTITUDE MÍNIMA DE DESCIDA (Minimum Descent Altitude - MDA)**

Altitude especificada em uma aproximação que não seja de precisão ou em uma aproximação para circular, abaixo da qual a descida não pode ser efetuada sem referência visual.

**ALTITUDE DE PROCEDIMENTO (Procedure Altitude - PA)**

Uma altitude especificada acima da altitude mínima do segmento inclusive com a finalidade de permitir uma descida estabilizada em determinado gradiente de descida nos segmentos de aproximação intermediária e final.

**ALTITUDE DE TRANSIÇÃO (Transition Altitude - TA)**

Altitude na qual ou abaixo da qual a posição vertical de uma aeronave é controlada por referência a altitudes.

**NÍVEL DE TRANSIÇÃO (Transition Level - TL)**

Nível de voo mais baixo disponível para uso, acima da altitude de transição.

**NÍVEL MÍNIMO DE ESPERA**

Nível estabelecido em função de fatores topográficos ou operacionais, abaixo do qual não é permitido às aeronaves permanecerem em procedimento de espera.

**PROCEDIMENTO DE APROXIMAÇÃO POR INSTRUMENTOS**

Série de manobras predeterminadas realizadas com o auxílio dos instrumentos de bordo, com proteção específica contra os obstáculos, desde o fixo de aproximação inicial ou, quando aplicável, desde o princípio de uma rota de chegada até um ponto a partir do qual seja possível efetuar o pouso e, caso este não se realize, até uma posição na qual se apliquem os critérios de circuito de espera ou de margem livre de obstáculos em rota.

**PROCEDIMENTO DE APROXIMAÇÃO DE PRECISÃO (PA – Precision Approach)**

Procedimento de aproximação por instrumentos, baseado em dados de azimute e de trajetória de planeio proporcionados pelo ILS ou PAR.

**PAR – Radar de Aproximação de Precisão (Precision Approach Radar)**

Radar primário usado para determinar a posição de uma aeronave durante a aproximação final em azimute e elevação, em relação à trajetória nominal de aproximação, e em distância, em relação ao ponto de toque da aeronave na pista de pouso.

**PROCEDIMENTO DE APROXIMAÇÃO DE NÃO-PRECISÃO (NPA – Non Precision Approach)**

Aproximação por instrumentos terrestres de auxílio à navegação, mas que não possuem indicação eletrônica da trajetória de planeio (NDB, VOR e GNSS bádico).

**APROXIMAÇÃO PARA CIRCULAR:**

- Complemento de um procedimento de aproximação por instrumentos que exige que a aeronave execute uma manobra para circular o aeródromo e poussar com auxílio de referências visuais.
- Aproximação de uma pista em voo por instrumento em que a direção de pouso difere em 30° ou mais com a aproximação final; cada pouso difere do outro pelas condições

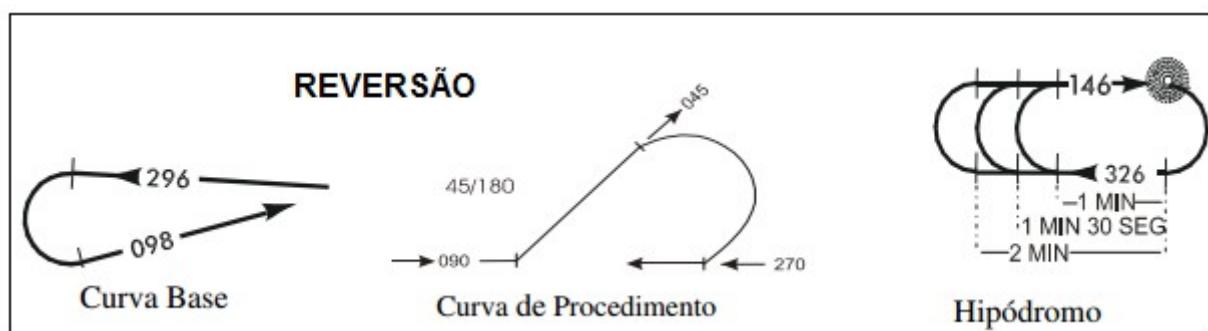
meteorológicas (teto e visibilidade), direção e velocidade do vento, obstruções etc; no momento em que ocorrem estas condições restritivas, não há um procedimento padrão para a aproximação circular, devendo ela ser feita em contato visual da pista pelo piloto após o bloqueio do auxílio à navegação.

### **PROCEDIMENTO DE APROXIMAÇÃO COM GUIA VERTICAL**

Procedimento por instrumento que utiliza guia lateral e vertical, mas não necessita dos requisitos estabelecidos para aproximação de precisão e operações de pouso.

### **PROCEDIMENTO DE REVERSÃO**

Procedimento designado para permitir que uma aeronave reverta 180° no segmento de aproximação inicial de um procedimento de aproximação por instrumentos. Esse procedimento poderá ser curva de procedimento ou curva base.



#### **5.3.3 – Procedimentos de espera (Hipódromos)**

São procedimentos-padrão de espera, com formato oval, que servem para ajudar no sequenciamento de tráfego em aeródromos, ou também para perda de velocidade ou altitude.

*Ver “Procedimentos de espera” em Tráfego aéreo.*

Em áreas aonde não existe cobertura radar, as órbitas são usadas rotineiramente para ajudar os controladores a manejear corretamente o tráfego aéreo nestas regiões. Órbitas também são usadas quando se atinge o limite de autorização de tráfego aéreo ou podem ser utilizadas em um procedimento de aproximação perdida.

#### **ESTRUTURA DE UMA ÓRBITA**

- Fixo de auxílio;
- Perna de Aproximação (inbound curve);
- Curva de Afastamento;
- Perna de Afastamento (outbound curve);
- Curva de aproximação;

A razão de curva das órbitas depende da altitude do procedimento:

- Órbita até o FL 140 (inclusive) usam o padrão (arco / tempo) de 3° por segundo, ou 180° em um minuto.
- Órbita acima do FL 140 usam meio-padrão, ou seja, 1,5° por segundo, ou 180° em dois minutos.

**Todas as características de uma órbita são referenciadas à sua perna de aproximação.** Por isso, para executar uma órbita o piloto deve fazer os seguintes ajustes:

- órbita centrada num NDB: ajustar o limbo para o rumo da perna de aproximação.
- órbita centrada em um VOR: ajustar o curso no rumo da perna de aproximação.

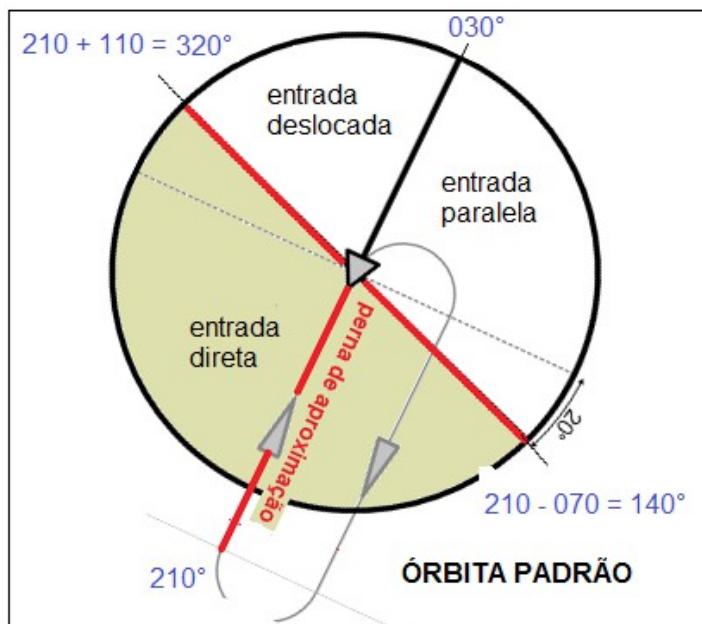
NOTA: a perna de aproximação está na radial oposta ( $180^\circ$ ) ao rumo.

QUANTO AO SENTIDO DAS CURVAS AS ÓRBITAS PODEM SER

- Órbita padrão – as curvas são à direita.
- Órbita não-padrão – as curvas são à esquerda.

### SETORES DE ENTRADA DE UMA ÓRBITA PADRÃO

Uma aeronave para entrar numa órbita deve obrigatoriamente bloquear o fixo do auxílio-rádio, e

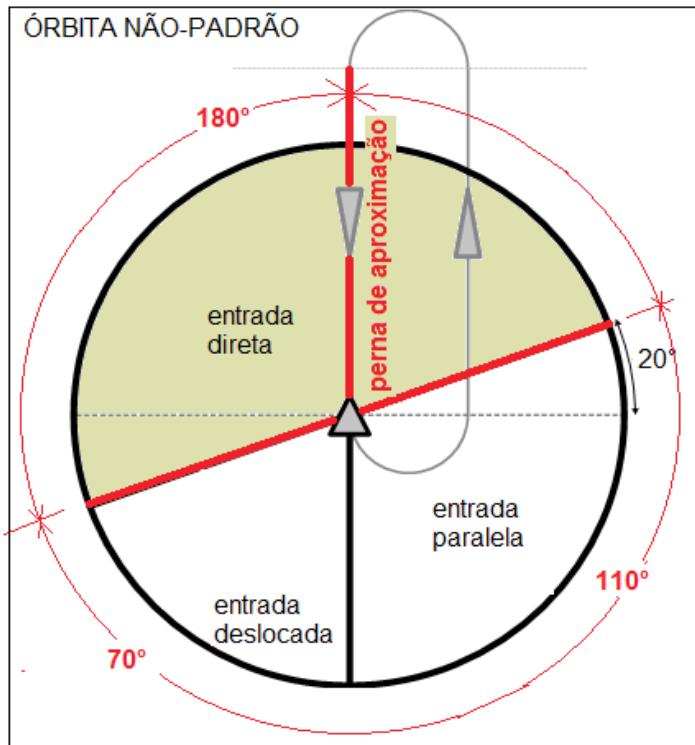


dependendo de onde proceda, em relação ao rumo da perna de entrada da órbita, fará a entrada em uma das três regiões descritas a seguir:

- Entrada Direta (Direct entry) – região com  $180^\circ$ , designada de Setor 3, dividida assimetricamente pela perna de aproximação, com  $110^\circ$  à esquerda e  $70^\circ$  à direita.
  - Se a perna de aproximação for no rumo de  $030^\circ$ , o cálculo dos limites da região da Entrada Direta será feito com referência à radial de  $210^\circ$  (oposta do rumo). Neste caso a região de Entrada Direta será:
    - limitada à esquerda pela radial  $320^\circ = (210^\circ + 110^\circ)$ .
    - limitada à direita pela radial  $140^\circ = (210^\circ - 070^\circ)$ .
- Entrada Paralela (Parallel entry) – região de  $110^\circ$ , designada de setor 1, à direita do prolongamento da perna de aproximação (após o fixo).
  - No exemplo acima, esta região de  $110^\circ$  será limitada pela radial  $140^\circ$  até o prolongamento da perna de aproximação em  $30^\circ$ .
- Entrada Deslocada (offset or Teardrop entry) – região de  $70^\circ$ , designada de setor 2, à esquerda do prolongamento da perna de aproximação (após o fixo).
  - No exemplo acima, esta região de  $70^\circ$  será limitada pelo prolongamento da perna de aproximação em  $30^\circ$  e pela radial  $320^\circ$ .

É permitida uma tolerância de  $\pm 5^\circ$  para as entradas.

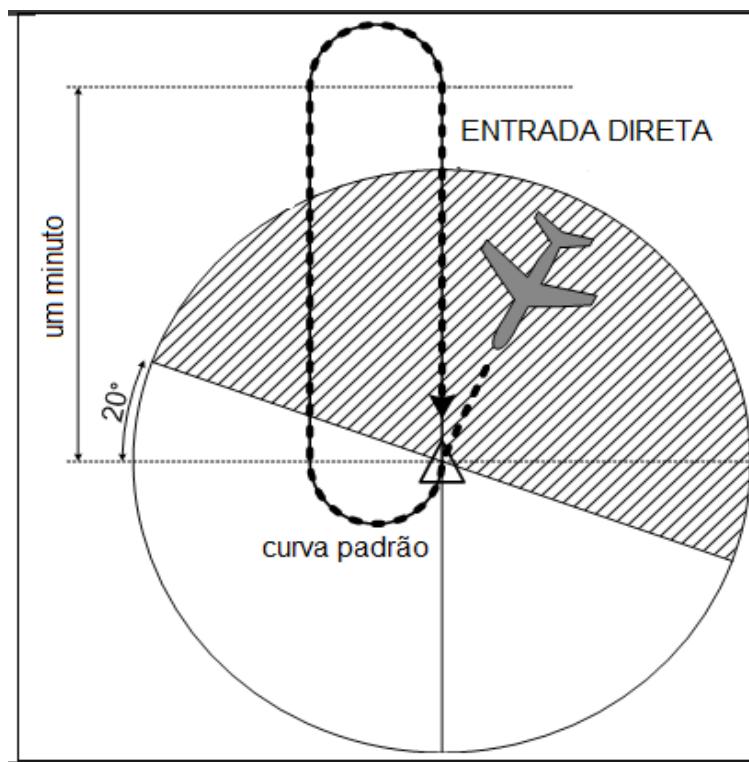
### SETORES DE ENTRADA DE UMA ÓRBITA NÃO-PADRÃO



- Entrada Direta – região assimétrica com  $180^\circ$ , dividida pela perna de aproximação, com  $110^\circ$  à direita e  $70^\circ$  à esquerda.
- Entrada Paralela – região de  $110^\circ$ , ao lado esquerdo do prolongamento da perna de aproximação (após o fixo).
- Entrada Deslocada (offset) – região de  $70^\circ$ , ao lado direito do prolongamento da perna de aproximação (após o fixo).

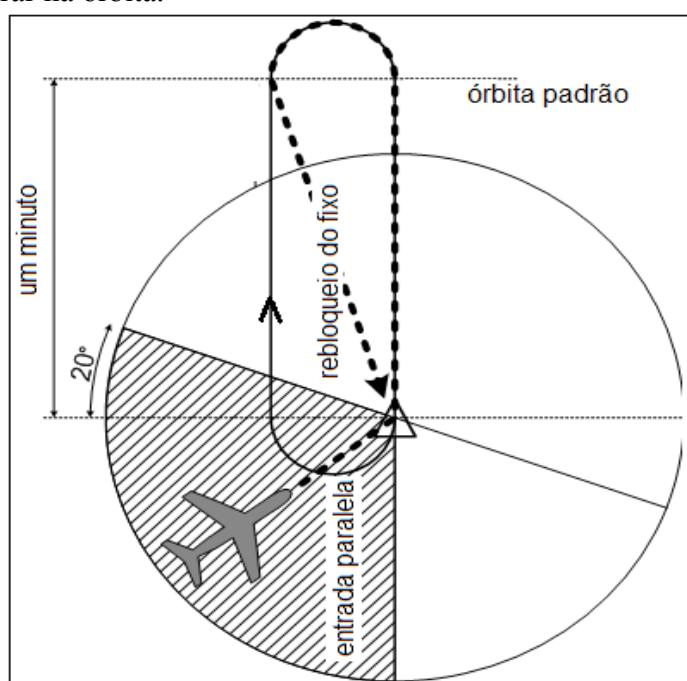
### MÉTODO DE ENTRADA DIRETA:

- ÓRBITA PADRÃO: bloquear o auxílio-rádio e virar **à direita** para alcançar a perna de afastamento e cumprir o traçado da órbita.
- ÓRBITA NÃO-PADRÃO: bloquear o auxílio-rádio e virar **à esquerda** para alcançar a perna de afastamento e cumprir o traçado da



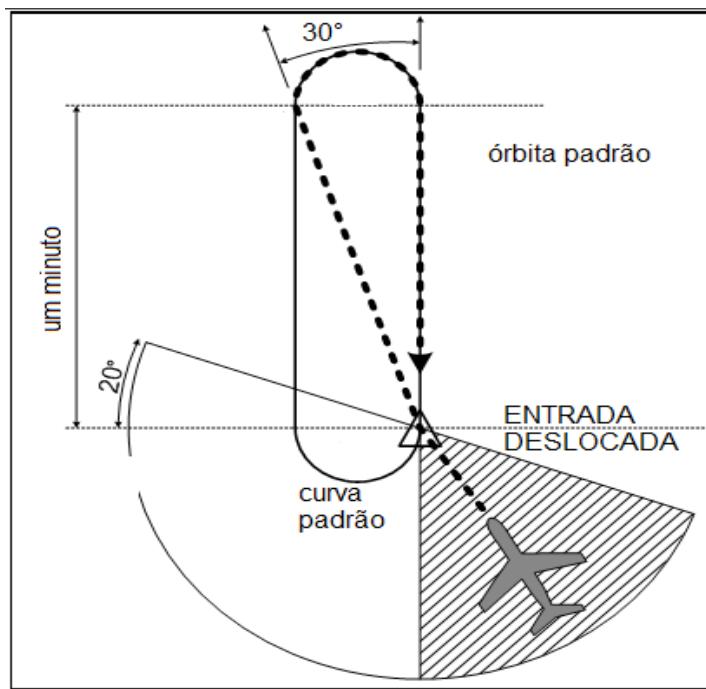
#### MÉTODO DE ENTRADA PARALELA:

- **ÓRBITA PADRÃO:** fazer o bloqueio inicial do fixo, seguir o rumo paralelo e contrário à perna de aproximação, virar à esquerda e aproar o fixo para um rebloqueio, e após, virar à direita para entrar na órbita.



- **ÓRBITA NÃO-PADRÃO:** fazer o bloqueio inicial do fixo, seguir o rumo paralelo e contrário à perna de aproximação, virar à direita e aproar o fixo para um rebloqueio, e após, virar à esquerda para entrar na órbita.

### MÉTODO DE ENTRADA DESLOCADA (Teardrop ou Lágrima):



- **ÓRBITA PADRÃO:** bloquear o fixo e seguir na diagonal para cruzar a perna de afastamento, virar à direita e seguir a órbita.
- **ÓRBITA NÃO-PADRÃO:** bloquear o fixo e seguir na diagonal para cruzar a perna de afastamento, virar à esquerda e seguir a órbita.

### RESTRIÇÕES DE VELOCIDADES NAS ÓRBITAS

Altitude	Velocidade Máxima
Até FL140	230 KT
Entre FL140 e FL200	240 KT
Entre FL200 e FL340	265 KT
Acima do FL 340A	Mach 0.83

### DURAÇÃO DE CADA ETAPA

Cada etapa da órbita deverá ter seu tempo definido conforme a seguinte regra:

- Aeronaves voando até o FL140 (inclusive) deverão efetuar cada perna com duração de 1 minuto;
- Aeronaves voando acima do FL140 deverão efetuar cada perna com duração de 1 minuto e 30 segundos;

### SEGMENTO DE APROXIMAÇÃO FINAL

Fase de um procedimento de aproximação por instrumentos, durante o qual são executados o alinhamento e descida para pousar.

### SEGMENTO DE APROXIMAÇÃO INICIAL

Fase de um procedimento de aproximação por instrumentos, entre o fixo de aproximação inicial e o

fixo de aproximação final.

### SEGMENTO DE APROXIMAÇÃO INTERMEDIÁRIA

Fase de um procedimento de aproximação por instrumentos, entre o fixo de aproximação intermediária e o fixo de aproximação final ou, entre o final de um procedimento de reversão ou procedimento tipo hipódromo e o fixo de aproximação final, segundo o caso.

#### 5.3.4 - Arco DME

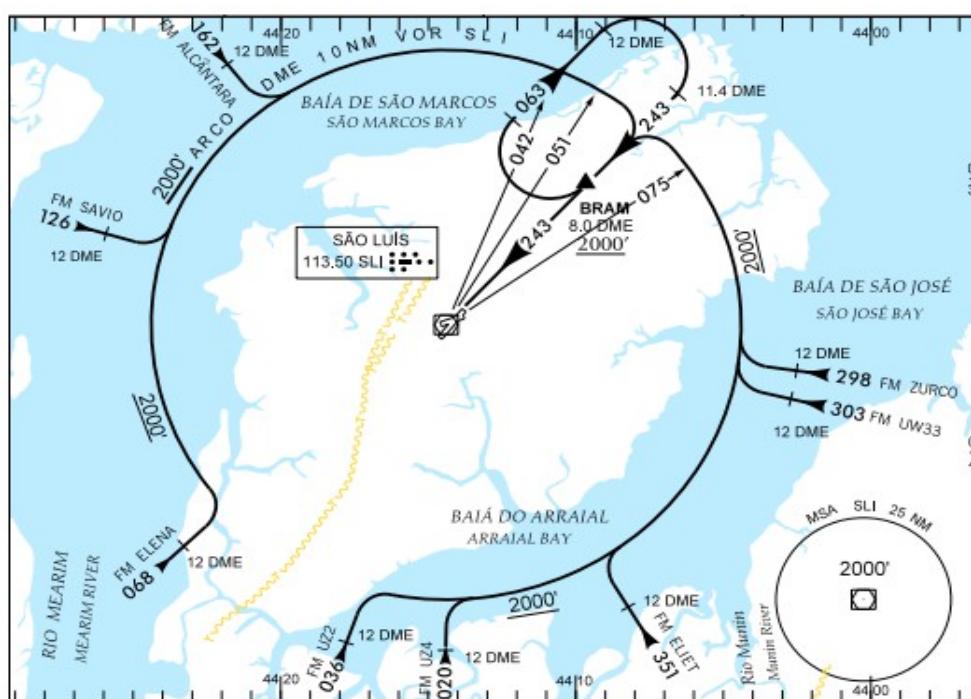
É um procedimento de transição do ambiente de rota para o ambiente de aproximação por instrumentos. São segmentos de circunferências que aparecem na carta de aproximação e que têm um VOR / DME como centro.

Sua finalidade é distribuir o tráfego de forma ordenada, de maneira que as aeronaves procedentes dos diversos pontos de entrada contornem o aeródromo a uma distância constante até interceptarem a radial da aproximação final para o pouso.

O procedimento pode variar em relação a distância do auxílio de referência, e não necessariamente terá seu centro no VOR instalado no aeródromo de destino.

**Lead Points:** São os pontos onde a aeronave em rota deve realizar a curva de 90° para iniciar o procedimento de arco DME.

**Ponto de Abandono:** É o ponto onde a aeronave abandona o arco DME e inicia a aproximação final do procedimento de pouso.



**Marcação da curva de entrada:** estabelecendo que o diâmetro da curva é 1% da TAS, se a aeronave estiver com uma TAS de 200 KT, a curva se inicia 2 NM antes do arco. No arco de 10

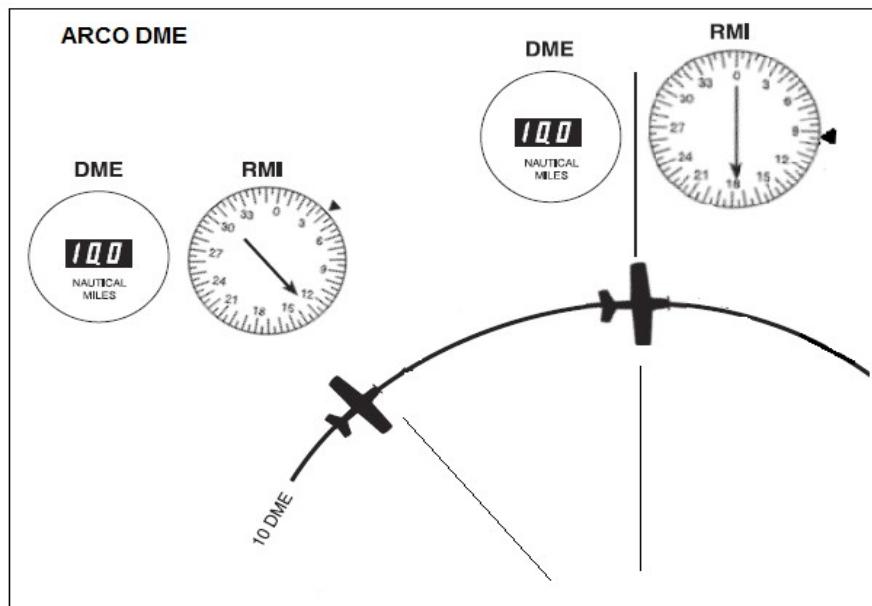
NM de raio, a curva se iniciará a 12 NM do DME de referência.

**Altitudes indicadas:** o piloto deve observar a MSA, assim como outra indicação de altitude anotada na própria trajetória do segmento do arco. A execução do arco DME é feita com o auxílio dos instrumentos de bordo DME e RMI.

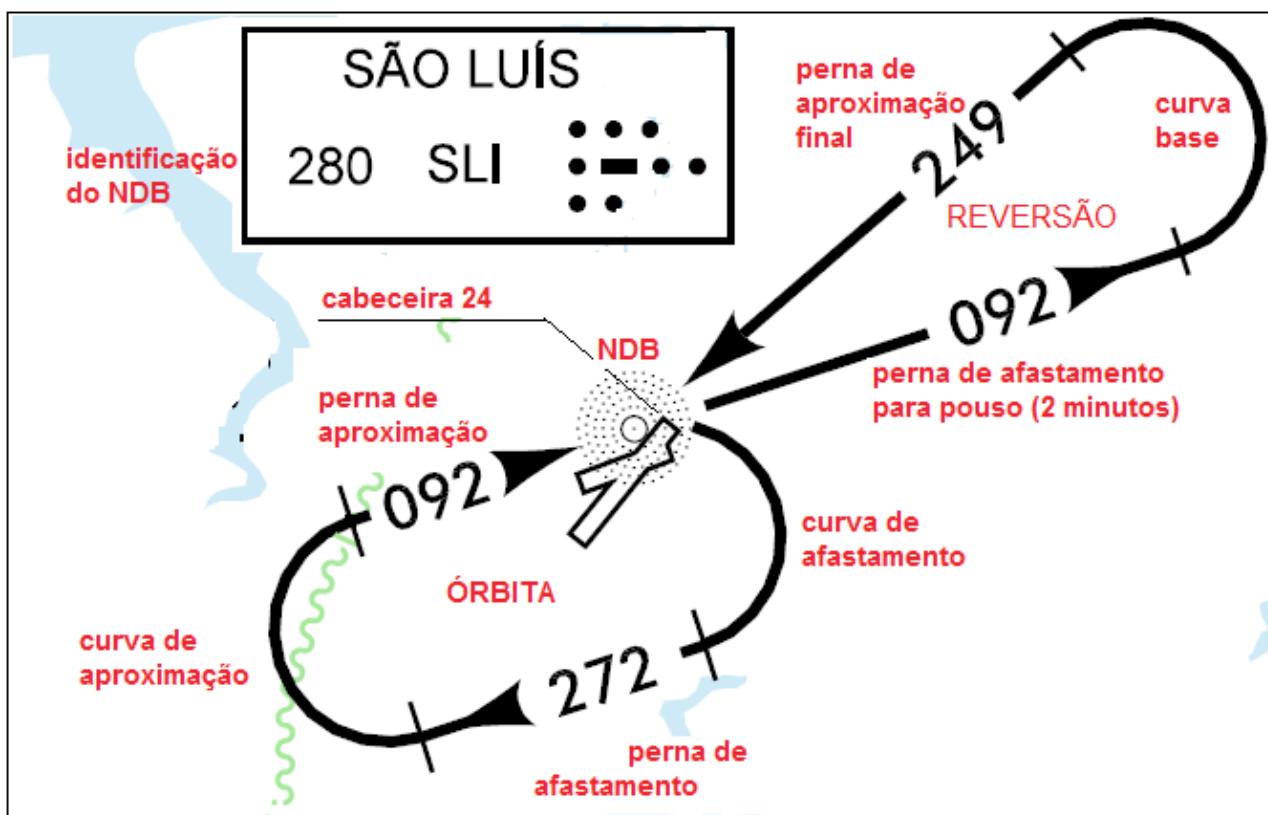
**Como manter o perfil do Arco DME** - manter o ponteiro do RMI na posição de través ( $90^\circ$  da proa). Para isso é necessário a alteração contínua e homogênea do HDG (heading). Se a velocidade for de 200 KT, deve ser feito um acréscimo de  $1^\circ$  a cada 3 segundos. Claro que deve-se considerar o vento para fazer as correções necessárias.

**Exemplo de segmento de arco de 10 NM com giro à direita:**

Se a indicação do DME estiver a menos, corrigir *levemente* a proa para a esquerda até voltar para a distância correta. Se a indicação estiver a mais, corrigir *mais acentuadamente* a proa para a direita, até a marcação de 10 NM, em seguida fazer a concordância gradualmente.



## EXEMPLO DE ÓRBITA ACOPLADA A UMA CURVA BASE DE REVERSÃO

**TRAJETÓRIA DE PLANEIO**

Perfil de descida determinado para orientação vertical durante uma aproximação final.

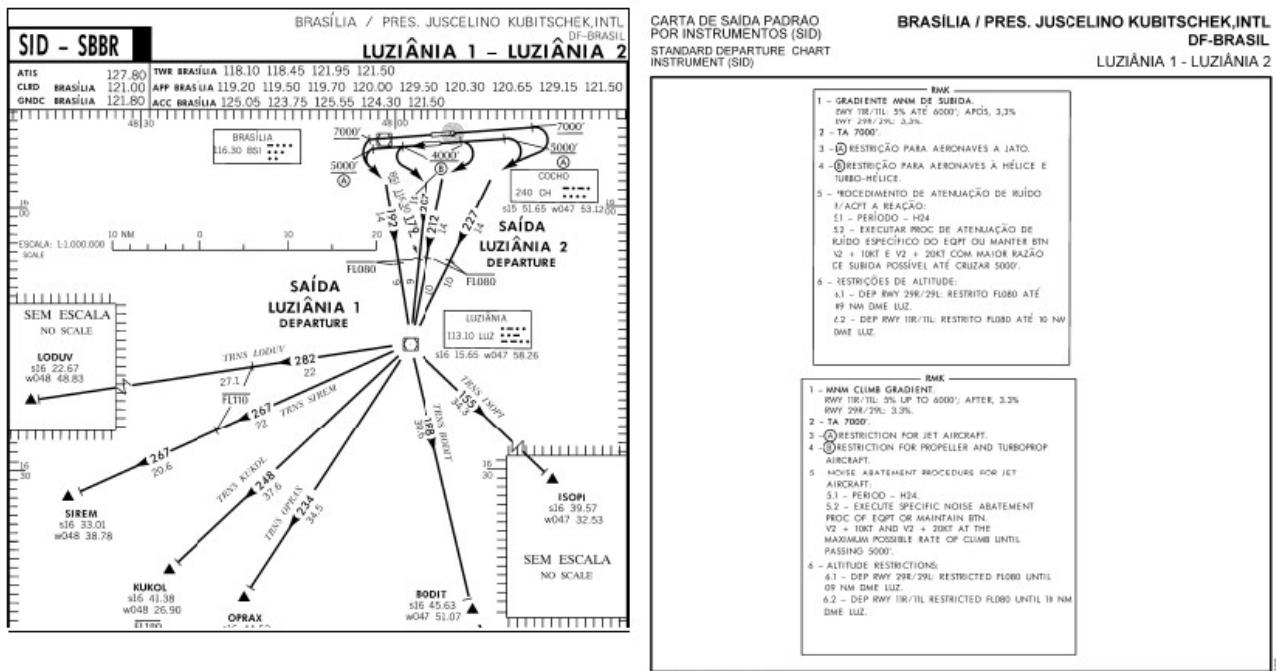
**Cabeceira - (THR - Threshold)****Altura de cruzamento da cabeceira da pista (THR - Threshold Crossing Height)****Ponto de curva – (TP – Turn Point)****VISIBILIDADE - (Visibility)**

Capacidade de se avistar e identificar, de dia, objetos proeminentes não iluminados e, à noite, objetos proeminentes iluminados, de acordo com as condições atmosféricas e expressa em unidades de distância.

**RVR – Runway Visual Range:** distância a que o piloto de uma aeronave consegue ver e identificar as marcas existentes na linhacentral da pista.

**5.3.5 - SID (Standard Instrument Departure) - Carta de saída normalizada**

Ela tem a função de levar a aeronave até o fixo inicial da aerovia ou o mais próximo dele, provendo uma rota segura, principalmente em locais com relevo nas proximidades do aeródromo, diminuindo a vetoração radar, e consequentemente, a sobrecarga dos órgãos ATC. A base de interpretação é a mesma da IAC.



### Principais características:

- Os rumos serão magnéticos nas cartas por auxílio-rádio e nos procedimentos RNAV são dados também os rumos verdadeiros, entre parênteses seguidos de letra “T” (true), e acima dos rumos magnéticos.
- Segmento com a indicação “sob referência visual”, significa que a separação vertical com os obstáculos é de responsabilidade do piloto;
- Segmento em curva (geralmente após a decolagem) não apresenta informação de rumo e distância;
- A expressão “subida em rota”, autorizada pelo órgão de controle, significa que a aeronave após a decolagem interceptará uma LP do auxílio-rádio, e seguirá essa LP até alcançar um ponto ou a rota programada, no limite da TMA.
- Via de regra, a aeronave receberá autorização para cumprir determinado procedimento explicitado na carta, o qual deverá ser cumprido integralmente. Qualquer anomalia ou impedimento para cumprimento do procedimento autorizado, deve ser informado imediatamente ao controle.
- O gradiente mínimo de subida garante a separação vertical com obstáculos, e é calculado em função da velocidade indicada (VI) e da Razão de subida (RS).

### Gradiente de Subida – GS (%) :

- indica a altura alcançada (pés - ft) em determinada distância horizontal percorrida (milhas náuticas - NM).

$$GS (\%) = [\text{Distância vertical (pés)} / \text{Distância horizontal (NM} * 6.000)] * 100$$

1 NM = 6.000 pés

- é o ângulo (inclinação de subida) que a aeronave deverá manter com a horizontal, a partir da decolagem, expresso em porcentagem, para que seja obtida a altura mínima de segurança sobre os obstáculos durante o procedimento de saída.
- será publicado na carta SID quando superior ao valor padrão de 3,3%. Caso não conste na carta, será cumprido esse valor padrão.

Num procedimento de subida IFR o piloto terá a indicação da Rasão de Subida (RS) no instrumento indicador de Velocidade Vertical (Vertical Speed) e para cumprir o gradiente de subida indicado na carta, deverá fazer o seguinte cálculo:

$$RS \text{ (fpm)} = GS \text{ (\%)} * VI \text{ (kt)}$$

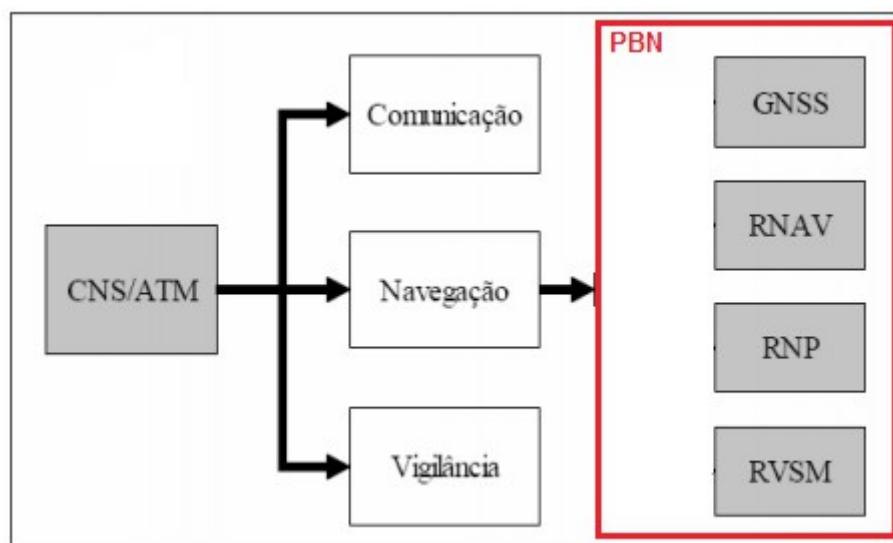
### **GRADIENTE ATC**

é o ângulo que a aeronave deverá manter com a horizontal, a partir da decolagem, expresso em porcentagem, para que seja obtida a altitude ATC durante o procedimento de saída.

É utilizado em espaço aéreo definido, com o objetivo de garantir segurança e fluidez à circulação aérea. O gradiente ATC sempre será publicado na carta.

## 6 - CNS / ATM – Communications, Navigation and Surveillance / Air Traffic Management

Trata-se de um conceito que se fundamenta na integração de tecnologias, processos e recursos humanos, destinados a suportar a evolução do transporte aéreo mundial de forma segura e eficiente, aplicando em grande escala a tecnologia satelital, a comunicação digital e a gestão estratégica do tráfego aéreo.



A expressão CNS/ATM reúne quatro termos:

- Communications (Comunicações Aeronáuticas);
- Navigation (Navegação Aérea);
- Surveillance (Vigilância Radar);
- ATM - Air Traffic Management (Gerenciamento de Tráfego Aéreo);

Comunicações Aeronáuticas – o uso da tecnologia digital e dos comandos de dados (CPDLC) passam a ser adotados nas comunicações aeronáuticas em substituição ou complemento às comunicações por voz.

Navegação Aeronáutica - Navegação baseada em satélites (GNSS - Global Navigation Satellite Systems) em substituição progressiva de sistemas terrestres para navegação em rota e aproximações. Utilização do conceito de Navegação Baseada em Performance (PBN - Performance Based Navigation).

Vigilância Aérea - Adoção da tecnologia de Vigilância Dependente Automática (ADS – Automatic Dependent Surveillance) em substituição e/ou complemento ao sistema radar.

O recurso MLAT (Multilateração) também passa a ser empregado em substituição e/ou complemento do sistema Radar e ADS em ambiente operacional específico.

Controle/Gerenciamento de Tráfego Aéreo - Alteração do conceito convencional de Controle de Tráfego Aéreo (ATC), essencialmente tático, para outro mais abrangente que pressupõe uma gestão estratégica do tráfego aéreo e de todos os recursos, iniciativas, softwares e tecnologias inteligentes que dele advém.

A implementação dos Sistemas CNS/ATM no Brasil obedece a um planejamento modular composto por três fases de acordo a requisitos técnicos e operacionais identificados no cenário Nacional.

Fase 1 – implantada em 2010.

Fase 2 - Médio Prazo - de 2011 até 2015.

Fase 3 - Longo Prazo - de 2016 até 2020.

## 6.1 - TELECOMUNICAÇÕES AERONÁUTICAS

### 6.1.1 – Estrutura e finalidade

O DECEA é o órgão responsável pela implantação, operação e manutenção da infraestrutura do Serviço Móvel Aeronáutico e do Serviço Fixo Aeronáutico - ambos de enorme alcance e cobertura em todo o território nacional.

Serviço Móvel Aeronáutico - SMA. Entre os controladores de tráfego aéreo e os pilotos.

Serviço Fixo Aeronáutico - SFA. Entre os diferentes órgãos de controle.

Aeronautical Fixed Telecommunications Network - AFTN. Rede internacional para comunicação.

Compõem a infraestrutura de telecomunicações aeronáuticas do DECEA:

- equipamentos de telefonia;
- equipamentos de comunicação via rádio, satélite e fibras ópticas;
- roteadores e redes de computadores;
- canais de comunicação alugados junto a concessionárias de telecomunicações e mais um universo de recursos espalhados por todo o território nacional, inclusive nas localidades mais remotas.

A finalidade desse serviço é:

- Conceder autorizações - Quanto à realização de procedimentos em todas as fases de voo.
- Realizar a vigilância aérea - Quando os controladores acompanham o desenvolvimento de cada voo.
- Fornecer informações de apoio ao voo - Tais como condições meteorológicas, condições dos aeródromos, etc.
- Comunicação entre os próprios órgãos de controle.

### 6.1.2 - A Telecomunicação Aeronáutica no conceito CNS/ATM

#### CPDLC (Comunicações entre Piloto e Controlador via Enlace de Dados)

O CPDLC é a ferramenta utilizada para a comunicação de dados entre piloto e controlador. Por meio de sua interface, pilotos passam a fazer requisições de informações, por exemplo, através de comandos de texto correspondentes a fraseologia convencional, que ficam já dispostos numa tela como palavras-chave. O mesmo ocorre com as orientações, liberações e informações emitidas pelo controlador na tela da interface do CPDLC à sua frente.

#### VDL - VHF Data Link

Os rádios VHF convencionais disponíveis hoje em dia não são compatíveis com as necessidades do

VHF Data Link, que requer um rádio VHF digital, e, por isso, demanda aprimoramentos na infraestrutura de rede para se utilizado. O VDL é essencial para a consolidação da comunicação por enlace de dados e, mesmo, da própria rede ATN. Ele especifica um protocolo de entrega de pacote de dados entre os equipamentos de aeronave e os sistemas de solo, de forma similar à realizada pelo sistema de comunicação digital ACARS. Há, no entanto, uma diferença: a capacidade de fornecimento de informação do VDL chega a ser dez vezes maior que a do VHF convencional.

Há diversos tipos de VDL em operação e testes no mundo. A princípio, o adotado pelo Brasil é o VDL Modo 2. Uma versão aprimorada do primeiro modo, que emprega um canal dedicado para a transmissão de dados com disponibilização limitada para serviços comerciais.

### **ATN – Rede de Telecomunicações Aeronáuticas (Aeronautical Telecommunications Network)**

É uma nova arquitetura de sistemas de comunicação desenvolvida pela OACI – Organização de Aviação Civil Internacional, com o objetivo de oferecer maior capacidade para satisfazer as necessidades de comunicações do setor aéreo.

Vários enlaces de dados aeroterrestres serão integrados através da ATN, com base na arquitetura de interconexão de sistemas abertos (OSI – Open System Interconnection). Em seu estágio avançado, a ATN proverá conectividade global e qualidade requerida de serviços para transmissão e recepção de todas as mensagens aeronáuticas, inclusive as comunicações de passageiros a bordo das aeronaves.

Conceitualmente, a ATN é composto por dois setores: aplicativos e infraestrutura de rede.

#### **APLICATIVOS**

São programas de computador que utilizam o conceito cliente/servidor (onde computadores e clientes se comunicam com outros computadores para se servirem de seus dados e recursos).

No caso de comunicação ar-terra, por exemplo, em um terminal de computador a bordo de uma aeronave, o piloto poderá estabelecer contato para uma série de procedimentos operacionais, antes irrealizáveis. Conheça os aplicativos:

**Aplicativo FIS** - “Flight Information Service”. O piloto pode consultar informações importantes relativas à segurança de voo.

**Aplicativo CPDLC** - “Controller Pilot Data-Link Communication”. O piloto comunica-se com os controladores por meio de dados por computador, e não através da voz. Esse método apresenta a excepcional vantagem de tornar a comunicação entre independente do idioma e da pronúncia.

**Aplicativo ADS** - “Automatic Dependent Surveillance”. Os órgãos de controle recebem das aeronaves, automaticamente, informações de posicionamento, que permitirão a visualização gráfica do movimento de aeronaves em regiões onde não há cobertura radar, como nas áreas oceânicas.

Para comunicações entre órgãos de controle (terra-terra), há dois aplicativos:

**ATSMHS** - “Air Traffic Services Message Handling System”. Um moderno e potente sistema de correio eletrônico, em substituição aos atuais recursos oferecidos pela rede AFTN.

AIDC - “ATS Inter-Facility Data Communications”. Um sistema de troca rápida de mensagens, que permite que se estabeleçam diálogos de forma instantânea entre controladores de diferentes órgãos.

### 5.1.2.5 - ACARS - Sistema de Comunicações e Relatórios de Aeronaves (Aircraft Communications Addressing and Reporting System)



### HF Data Link (HFDL)

O HF Data Link é um excelente substituto em caso da falha ou emergência por parte do Serviço Móvel Aeronáutico por Satélite (AMSS) nas travessias oceânicas ou de áreas remotas, onde o VHF Data Link não alcança. Tal como a transmissão de voz por meio de HF, o HFDL usa sua frequência também para a transmissão de dados.

A viabilidade da utilização de links de comunicação de dados por HF tem sido continuamente ratificada. Apesar da conhecida precariedade na qualidade de sinal, a propagação de anomalias de sinal raramente afetam toda a faixa de frequências do HF Data Link.

Assim, com estações em terra eficientemente conectadas à banda disponível, o ajuste da melhor frequência para o intercâmbio de pacotes de dados propicia a sua transmissão de qualquer lugar e a qualquer hora.

**MODE-S Data Link:**

De certo modo, podemos dizer que o MODE-S Data Link, o modo estendido, é uma evolução da troca de informações que já ocorria entre uma aeronave e um radar secundário. Nele, no entanto, o pulso é aumentado, ou em outras palavras, estendido, dando margem à troca de muito mais informações na mesma frequência, sem a necessidade de arcar com altos custos de um radar. Ao contrário, pequenas antenas, de custos bem inferior, podem ser instaladas no solo para atender a frequência do MODE-S e receber os dados emitidos – com informações diversas como posição de voo, localizado, estimativas, etc. – provenientes dos respectivos transponders das aeronaves em contato. O MODE-S é particularmente indicado para áreas de alta densidade de tráfego aéreo.

**AMSS – (Aeronautical Mobile-Satellite Service) Serviço Móvel Aeronáutico por Satélite**  
Apesar da eficácia, o sistema de vigilância por radar e os equipamentos de comunicação VDL são recursos de alcance restritos a um determinado espaço geográfico. Não alcançam áreas remotas como as oceânicas, por exemplo, e dependem também de uma grande infraestrutura de apoio.

A comunicação por HF, por outro lado, não é tão clara como a VHF, dada a sua precariedade e a baixa qualidade de seu sinal. Independentemente do tipo de espaço aéreo envolvido, os satélites, a um só tempo, provêem uma cobertura extremamente ampla e de alta qualidade. Assim, o AMSS fornece serviços de comunicação através de satélites geoestacionários para os usuários do transporte aéreo numa cobertura global, tanto para voz, como para canais de dados.

Operando nas partes móveis do serviço de satélites, funciona como mais uma sub-rede ATN, e também dá suporte a mensagens ACARS – utilizadas no sistema atual.

**6.2 - RVSM – (Reduced Vertical Separation Minimum) Redução dos mínimos de separação Vertical**

Na década de 60 foi estabelecido que a partir do nível de voo FL 290 os mínimos de separação vertical entre as aeronaves seria de 2000 pés, devido à diminuição de precisão dos altímetros de pressão devido à altitude e a escolha do nível FL 290 foi devido ao teto operacional das aeronaves da época.

Em 1990 a ICAO reconheceu que esta redução de espaçamento era segura e rentável e passou a adotar a separação vertical de 1000 pés entre os níveis FL 290 e FL 410 inclusive. Com isto foram incluídos seis novos níveis de voo de acordo com as normas internacionais que controlam a prática da RVSM.

A partir de 20/01/2005 a RVSM foi implantada em todo espaço aéreo brasileiro (ver tabela de níveis de voo IFR).

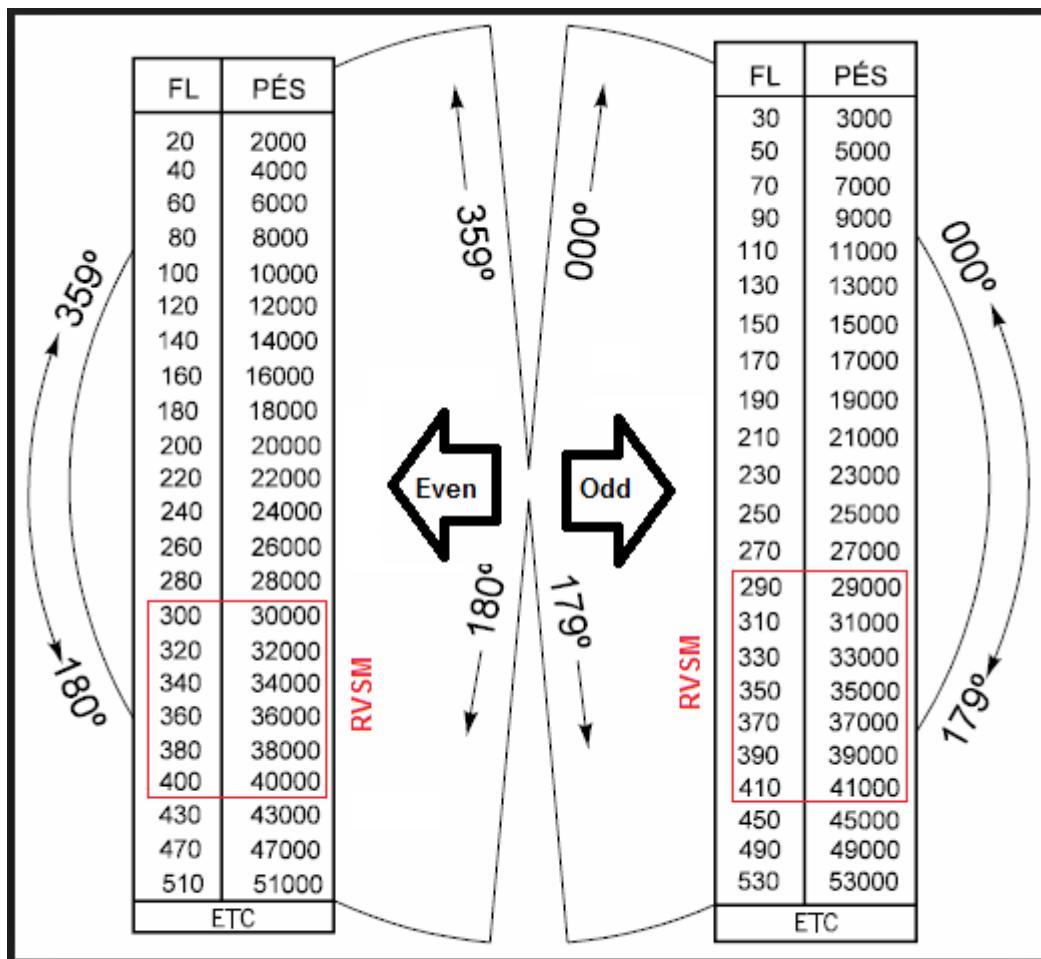
**Equipamentos RVSM:**

- Dois Altímetros independentes;
- Sistema de alerta de altitude;
- Sistema de controle automático de altitude;
- Transponder de radar secundário com reporte de altitude;

Também é necessária uma adequada inspeção ou modificação do tubo de Pitot e da superfície da

fuselagem onde é tomada a pressão estática, aferição precisa dos instrumentos, entre outras, dependendo do tipo da aeronave.

Mesmo a utilização do TCAS não ser mandatório para a RVSM, em alguns países, como no Brasil, o uso é obrigatório em aeronaves comerciais de grande porte, neste caso deve ser utilizado o TCAS II o qual já está atualizado com os mínimos de separação de 1000 pés.



Eastbound ou oeste>leste - Proa de 000° a 179° Nível ímpar (ODD)

Westbound ou leste<oeste - Proa de 180° a 359° Nível par (Even)

### 6.2.1 - TCAS - (Traffic Alert and Collision Avoidance System) Sistema de Alerta de Trafego e Anticolisão

Tem seu uso obrigatório em todas as aeronaves configuradas para transportar mais de 19 passageiros ou que tenham peso de decolagem superior a 5,7 toneladas.

A aeronave equipada com TCAS monitora autonomamente, por radar, o espaço aéreo ao seu redor, independentemente do controle de tráfego aéreo, e alerta o piloto da presença de outra aeronave em sua área e que possa apresentar ameaça de colisão.

**O TCAS II é a segunda geração desse tipo de instrumento e atualmente é usado na maioria dos equipamentos da aviação comercial.**

O TCAS II oferece ao piloto instruções fonéticas para que o perigo seja evitado. Os avisos podem ser do tipo corretivos, que sugerem ao piloto mudanças de altitude através de alertas do tipo "descend, descend" ou "climb, climb" (desça, desça, suba, suba), ou preventivos que sugerem ações como "Monitor Vertical Speed", que sugere ao piloto que monitore sua ascensão vertical.

O sistema TCAS II opera de forma sincronizada entre todos os aviões de uma mesma vizinhança. Se em um deles o TCAS II alerta o piloto a descer, na outra aeronave o sistema informa para o piloto subir, garantindo a separação entre duas aeronaves.

## 7 - RNAV (Navegação de área)

Um método de navegação que permite a operação de uma aeronave em qualquer trajetória de voo desejada, dentro da área de cobertura dos auxílios à navegação, ou dentro da capacidade da avionica embarcada, ou uma combinação de ambos os recursos.

- A posição da aeronave é estimada usando GNSS (GPS), IRS, DME ou VOR.
- A Gestão de voo é feita pelo Sistema de Gerenciamento de Voo (FMS - Flight Management System) carregado com uma Base de Dados atualizada da área de operação.
- A posição é atualizada pela combinação de vários tipos de sensores.
- O sistema é operado sob Normas de aprovação operacionais, onde são estabelecidos os desempenhos da aeronave, dos sensores e da tripulação.
- Rotas RNAV são estabelecidas como Rotas ATS, dentro da cobertura Radar.

### 7.1 - NAVEGAÇÃO AÉREA BASEADA EM PERFORMANCE (PBN) Performance-Based Navigation

O Conceito de Navegação Aérea Baseada em Performance especifica os requisitos de desempenho do sistema RNAV/RNP para as aeronaves que operam em uma rota ATS, em um procedimento de aproximação por instrumentos ou em um espaço aéreo.

Os requisitos de performance são definidos em termos de precisão, integridade, continuidade, disponibilidade e funcionalidades necessárias à operação proposta por um conceito de espaço aéreo. Os requisitos de performance estão identificados nas especificações de navegação, as quais identificam os sensores e equipamentos que podem ser empregados para satisfazer tais requisitos.

#### Requisitos para operação PBN

- Instalação da avionica RNAV, que será aprovada para atender aos requisitos funcionais e de performance de navegação especificada para as operações RNAV e/ou RNP em um determinado espaço aéreo;
- Cumprimento, por parte da tripulação de voo, dos requisitos operacionais estabelecidos pela entidade reguladora para as operações RNAV;
- Conceito definido de espaço aéreo que inclua a aplicabilidade das operações RNAV e/ou RNP;
- Disponibilidade de uma infraestrutura de auxílios à navegação aérea adequada.

#### Principais benefícios do PBN

- Aumento da segurança do espaço aéreo, por meio da implantação de procedimentos com descida contínua e estabilizada, com guia vertical, possibilitando uma redução significativa dos eventos de CFIT;
- Redução da distância e tempo de voo das aeronaves, a partir da implantação de trajetórias ótimas de voo, independentes de auxílio à navegação aérea no solo, gerando economia de combustível;
- Aproveitamento da capacidade RNAV e/ou RNP já instaladas a bordo de um significativo percentual da frota de aeronaves que voa no espaço aéreo sob jurisdição do Brasil;
- Otimização das trajetórias de chegada aos aeroportos e ao espaço aéreo, em qualquer condição meteorológica, possibilitando evitar condições críticas de relevo, por meio da utilização de trajetórias RNAV e/ou RNP, e consequente redução de mínimos operacionais

- de teto e visibilidade;
- Implementação de trajetórias de aproximação, saída e chegada mais precisas, que reduzem a dispersão e propiciam fluxos de tráfego mais previsíveis para o ATC;
  - Redução dos atrasos nos espaços aéreos e aeroportos com alta densidade de tráfego aéreo, a partir de um aumento na capacidade ATC e aeroportuária, propiciado pela implantação de rotas paralelas, novos pontos de chegada e saída nas TMA e de procedimentos de aproximação com mínimos operacionais mais baixos;
  - Aumento da capacidade ATC, com a potencial redução na separação entre rotas paralelas para acomodar maior quantidade de tráfego aéreo no mesmo fluxo;
  - Redução da carga de trabalho do controlador de tráfego aéreo e do piloto, considerando que o emprego de trajetórias RNAV e/ou RNP reduzirá a necessidade de vetoração radar e, em consequência, o tempo empregado nas comunicações piloto/controlador;
  - Menor impacto ao meio ambiente, reduzindo as emissões de CO<sub>2</sub> por meio de procedimentos com menor distância voada e reduzindo as emissões de ruídos por meio de trajetórias de aeronaves em perfil ótimo de descida/subida e concepção de procedimentos sobre áreas despovoadas.

**IAC 3512 de 26/04/2010**

ORIENTAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM) EM OPERAÇÕES IFR EM ROTA, EM TERMINAIS E EM PROCEDIMENTOS DE APROXIMAÇÃO DE NÃO-PRECISÃO POR INSTRUMENTOS NO ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO

**AIC N 24/13 de 12 DEZ 2013**

IMPLEMENTAÇÃO OPERACIONAL DO CONCEITO DE NAVEGAÇÃO BASEADA EM PERFORMANCE (PBN) NO ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO

**IS Nº 91-001 Revisão C** - Aprovação de aeronaves e operadores para condução de operações PBN.  
8 de fevereiro de 2013

**7.2 – O conceito RNAV**

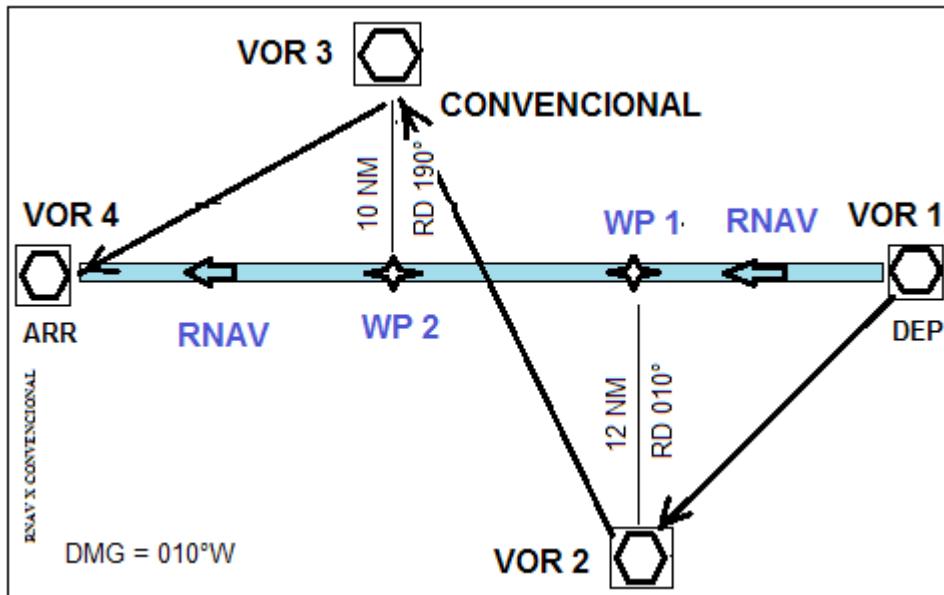
Permite rotas mais diretas e eficientes pois a trajetória da aeronave é definida por pernas (legs) projetadas entre WAYPOINTS (definidos por coordenadas geográficas), não necessariamente locados com auxílio-rádio terrestre, e a aeronave equipada com Computadores de navegação RNAV é capaz de navegar efetivamente entre esses waypoints.

A posição da aeronave é calculada pelos Computadores RNAV usando informações de navegação fornecidas por sensores que utilizam da infraestrutura de solo (auxílios-rádio) ou espaço (satélites de posicionamento).

É possível determinar a posição geográfica de uma aeronave através das combinações de sensores:

- DME/DME (Radio Posição)
- VOR/DME (Radio Posição)
- IRU (Inertial Reference Unit)- Computador de processamento das informações dos sensores iniciais
  - INS (Inertial Navigation System) sensor inercial com Giroscópico mecânico ou eletromecânico.

- IRS (Inertial Reference System) sensor inercial de estado sólido, com Giroscópico a Laser e acelerômetros.
- GNSS (rede de satélites orbitais).



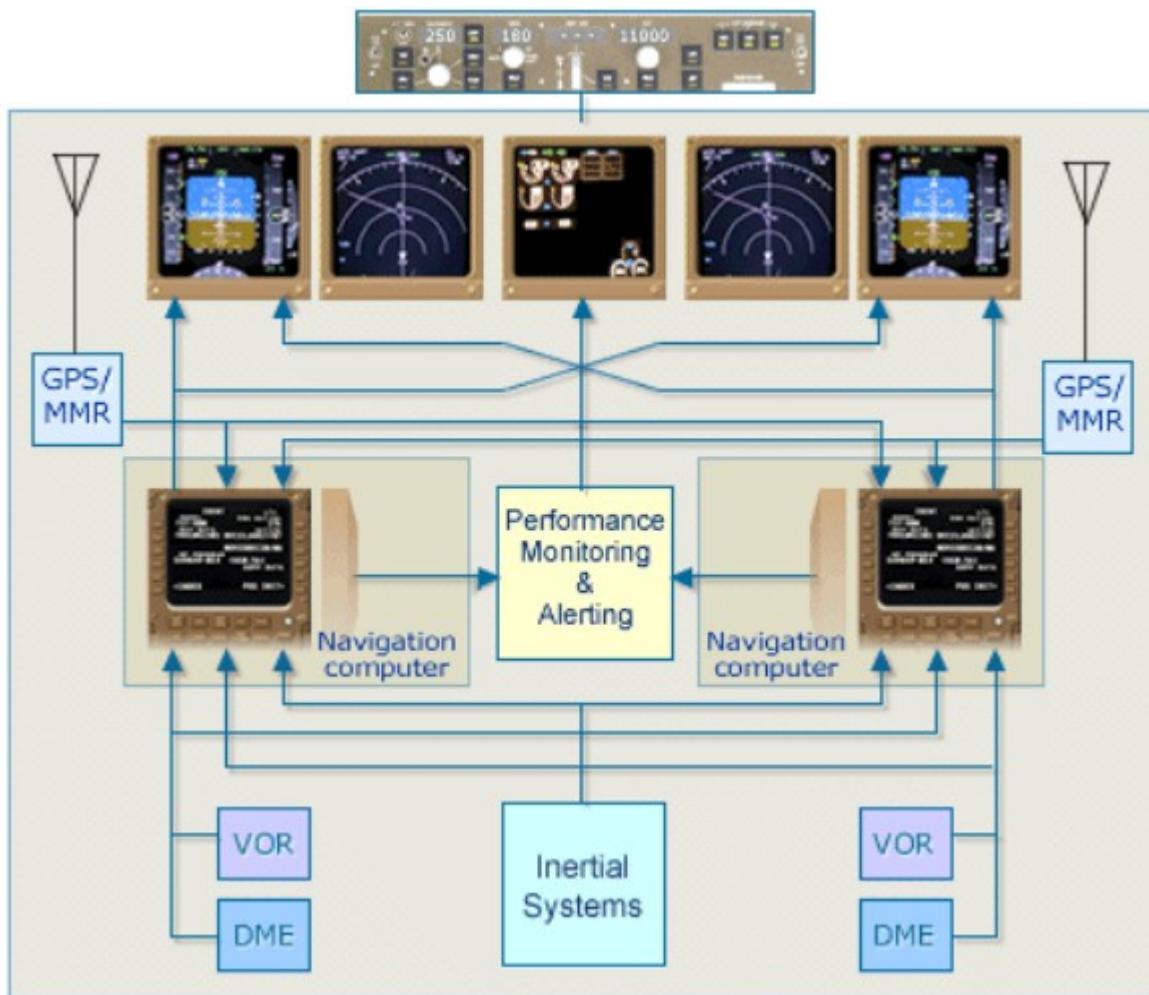
O sistema embarcado RNAV integra as informações recebidas pelos sensores e dos dados de entrada inseridos pela tripulação, de acordo com o plano de voo, e os compara com o banco de dados embarcado, para fornecer:

- Gerenciamento da trajetória Vertical e Horizontal.
- Entradas para o Piloto Automático.
- Saídas para os Displays.

#### Sistemas de Navegação Multisensor (*Multi-Sensor Navigation System*)

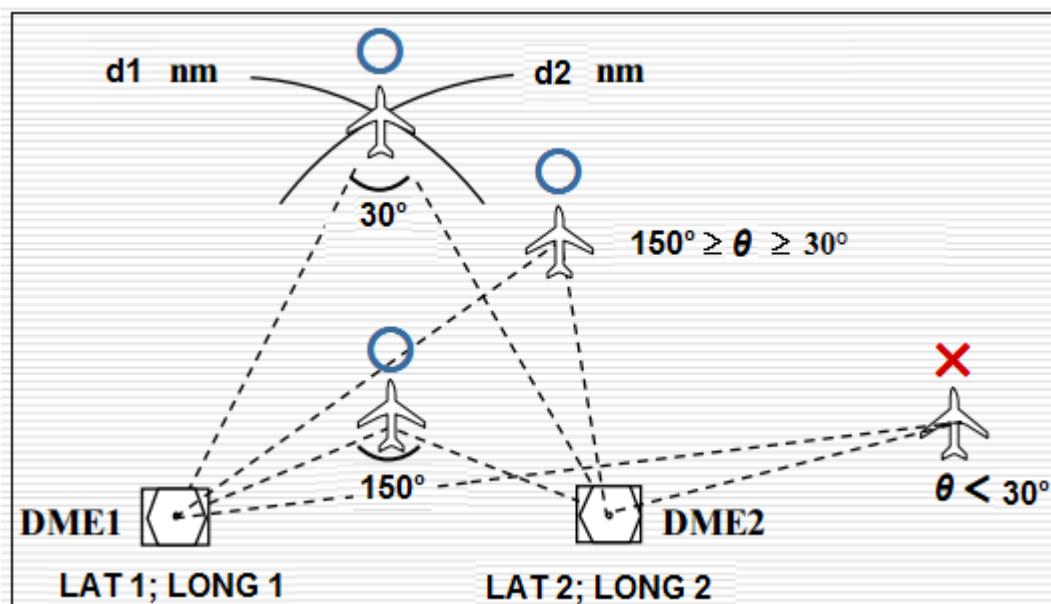
Este

tipo de sistema de navegação calcula e exibe uma posição oriunda de uma única ou várias fontes de navegação como, por exemplo, GNSS ou GNSS-WAAS (*Wide Area Augmentation System*), Loran-C (*Long Range Navigation*), VOR/DME (*VHF Omnidirectional Range / Distance Measuring Equipment*), DME/DME, ou sistemas inerciais (INS (*Inertial Navigation System*) / IRS (*Inertial Reference System*) / IRU (*Inertial Reference Unit*)).



**SISTEMA TERRESTRE DME / DME** - Solução de menor precisão pois depende da aeronave receber sinais de duas estações DME, das suas coordenadas geográfica para dar entrada no sistema embarcado. e da posição relativa da aeronave, teremos:

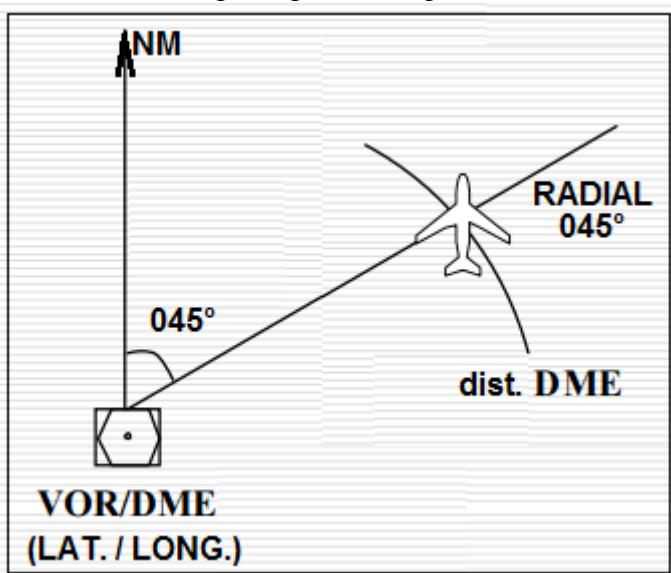
- são selecionadas automaticamente as estações que tiverem seus sinais defasados entre  $30^\circ$  e  $150^\circ$  no ponto de convergência onde se encontra a aeronave em voo.



- Fora dessa faixa há erro de posicionamento horizontal, ou se a aeronave, em altitude, está muito próximo (acima) de um das estações, pelo erro da altura entre a estação e a aeronave.

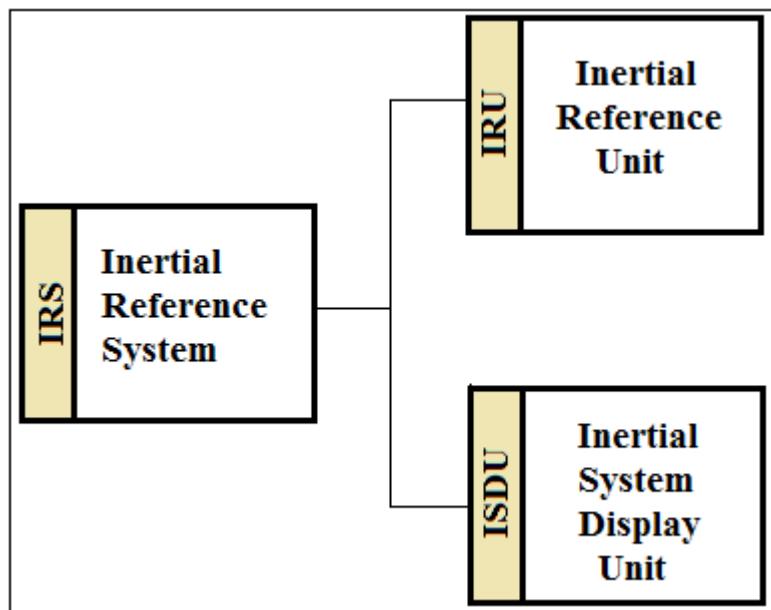
**SISTEMA TERRESTRE VOR / DME** – depende da entrada das coordenadas geográficas da estação, do sinal DME (distância diagonal em NM), do sinal do VOR (radiais com rumos magnéticos) e da DMG local.

Neste caso, há uma melhora na precisão no plano horizontal, em função do sinal do VOR (radiais), mas permanece o erro vertical do DME, principalmente quando a aeronave se aproxima da estação.



NOTA: Não utilizado no espaço aéreo brasileiro.

**SISTEMA EMBARCADO IRS (Inertial Reference System)** - Composto por sensores (IRU) e interface homem-máquina (ISDU). Os sensores são implementados pela associação de dispositivos inerciais como giroscópicos e acelerômetros, com as seguintes tecnologias:



- Giroscópico mecânico (Micro Electrical-mechanical Gyros)
- Giroscópico a Laser (Ring Laser Gyros)
- Acelerômetros de estado sólido

Dados de entrada na inicialização em solo:

- coordenadas geográficas da posição inicial da aeronave (graus e minutos);
- HDG (graus);
- Atitude ;

Dados recebidos do ADC (Air Data Computer) durante o voo:

- Altitude Pressão;
- Velocidade Aerodinâmica;
- Temperatura do ar;
- Razão de subida / descida;

Dados de saída durante o voo:

- posição geográfica atual;
- proa da aeronave;
- Atitude da aeronave;
- Track atual;
- Velocidade de solo;
- Vento presente;
- Deriva;

Como todo equipamento inercial é sujeito a erros de precessão, o erro acumulado de curso pode chegar a 15° por hora, mas pode ser corrigido continuamente pelo GNSS.

### 7.3 - GNSS – *Global Navigation Satellite Systems* (Sistema Global de Navegação por Satélite)

O GNSS é um sistema global de determinação de posição e tempo (sincronismo), que inclui uma ou mais constelações de satélites, receptores de bordo e monitores de integridade, bem como os

sistemas de aprimoramento de sinal necessários à adequação aos requisitos de desempenho de navegação para cada tipo de operação. Alguns dos sistemas GNSS conhecidos são o norte-americano GPS, o europeu Galileu, o russo GLONASS, entre outros.

Atualmente o sistema em uso no Brasil é o GPS Americano.

### REQUISITOS GNSS

**Precisão:** É o grau de conformidade entre a informação sobre posição e hora que proporciona o sistema de navegação e a posição e hora verdadeiras.

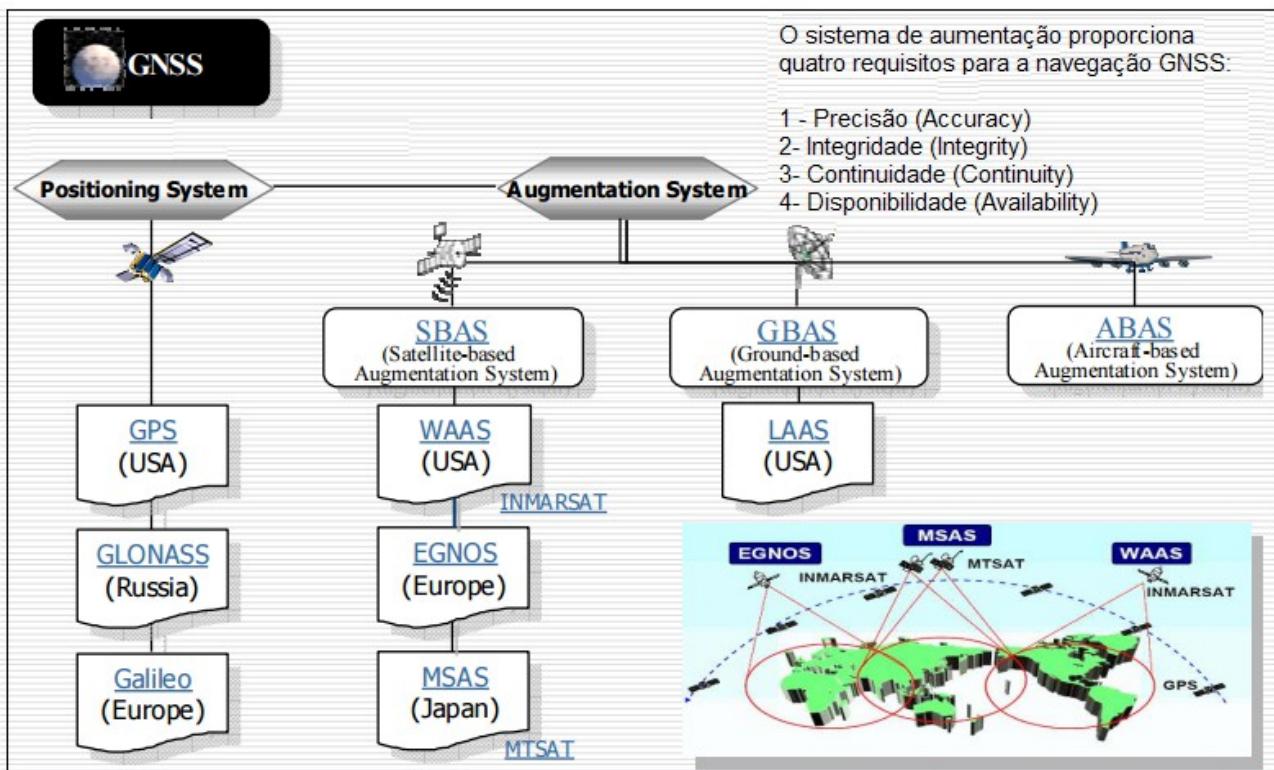
**Integridade:** É a garantia de que todas as funções do sistema de navegação estão dentro dos limites de desempenho operacional. É a capacidade do sistema de navegação aérea de proporcionar aos usuários avisos oportunos nos casos em que o mesmo não deva ser utilizado.

**Disponibilidade:** É o percentual de tempo em que são utilizáveis as informações providas por um sistema de navegação. É uma indicação da capacidade desse sistema em proporcionar informações utilizáveis dentro de uma determinada zona de cobertura, bem como do percentual de tempo em que se transmitem sinais de navegação, a partir de fontes externas.

A disponibilidade é função das características físicas do entorno e da capacidade técnica das instalações dos transmissores.

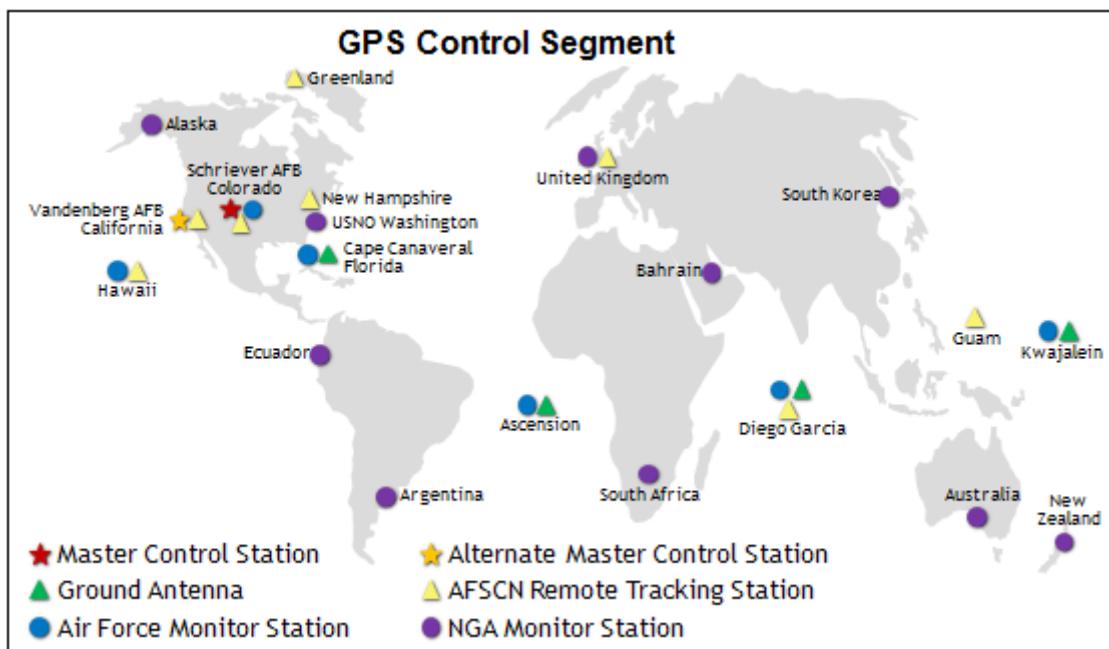
**Continuidade:** É a capacidade do sistema em proporcionar informações válidas de navegação para a operação pretendida, sem a ocorrência de interrupções não programadas.

**Funcionalidade:** É o conjunto de funções específicas necessárias para cada tipo de operação PBN.



**Segmento de controle GPS** - consiste de uma rede global de instalações terrestres que rastreiam os satélites GPS para monitorar suas transmissões, realizar análises e enviar comandos e dados para a constelação.

Essa rede é composta por uma estação de controle mestre (Master Control Station) principal e uma alternativa, doze antenas de comando e controle, e dezesseis locais de monitoramento. Os locais dessas instalações são mostrados no mapa acima.



## Equipamentos GNSS

São equipamentos de navegação por satélite, destinados a satisfazer os requisitos de aviação civil:

- precisão;
- disponibilidade;
- continuidade;
- integridade.

Equipamentos GNSS podem utilizar ou exigir a presença de altímetro e podem fornecer informações de navegação para vários instrumentos compatíveis, tais como CDI (Course Deviation Indicator), HSI (Horizontal Situation Indicator) ou EHSI (Electronic Horizontal Situation Indicator), display multifunção (MFD – Multi Function Display) e Diretor de Voo (FD) e/ou piloto automático (AP).

## Equipamentos GNSS stand alone

IS N° 21-013 – ANAC - Revisão A

Esta Instrução Suplementar tem como objetivo servir de guia para obtenção da aprovação, por meio de Certificado de Tipo – CT, Certificado Suplementar de Tipo – CST ou Formulário SEGVOO 001, de instalações ou modificações de instalações de equipamentos GNSS (Global Navigation Satellite

Systems) stand alone para operações VFR (Visual Flight Rules) e IFR (Instrument Flight Rules) PBN (Performance-Based Navigation).

São equipamentos GNSS que podem estar em interface com sensores de altitude barométrica ou altímetros compatíveis, para correção ou compensação, ou para auxiliar na orientação de navegação vertical.

Equipamentos GNSS stand alone podem estar em interface com CDI, EHSI, HSI, MFD, DV, PA, sistema de alerta de terreno/obstáculos (TAWS – Terrain Awareness Warning System), ou sistemas ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast).

Os sensores GNSS stand alone não são integrados com outras fontes de navegação ou com um computador de navegação do tipo FMS (Flight Management System) para geração de um curso que utiliza mais de uma fonte de navegação.

### **RAIM -Receiver Autonomous Integrity Monitoring**

A funcionalidade RAIM é uma técnica de monitoramento da integridade do sinal de posicionamento proveniente das constelações de satélites GNSS. A determinação da integridade do sinal de posicionamento é obtida por meio de cheques de consistência das informações provenientes de medições redundantes dos sinais dos satélites.

Existem dois eventos distintos que podem resultar em um alerta de RAIM:

- O primeiro ocorre quando não é possível obter o sinal de um número suficiente de satélites em geometria adequada. Nestas condições, é possível que a informação de posição continue sendo estimada com precisão, contudo, a função de verificação de integridade do receptor (isto é, a habilidade em detectar um satélite falhado) é perdida.
- O segundo evento ocorre quando o receptor detecta um satélite falhado sendo que, nestes casos, um alerta resulta em perda da capacidade de navegação GNSS.

### **AIC-N 13/15 SERVIÇO DE PREDIÇÃO RAIM**

Esta Circular de Informação Aeronáutica (AIC) tem por finalidade divulgar o uso operacional do SATDIS SAM, ferramenta para previsão da disponibilidade RAIM (Receiver Autonomous Integrity Monitoring) na Região SAM (\*), cujas informações são indispensáveis para o planejamento dos usuários ou operadores de aeronaves que tenham a intenção de realizar operações de aproximação baseadas em performance – PBN nos aeródromos brasileiros que possuem procedimento com especificação de navegação do tipo "RNP approach". Em vigor desde 15 de Julho de 2015

(\*) Região SAM - South American

O serviço de predição de RAIM se diferencia do sistema monitoramento de integridade de bordo da aeronave, pois, enquanto este último é inerente à aviônica da aeronave e se destina a indicar a integridade, em tempo real, no momento em que a aeronave executa a operação, aquele provido pelo SATDIS refere-se a um prognóstico da arquitetura dos satélites com 72 horas de antecipação.

A atenção às informações de disponibilidade e integridade oriundas dessa ferramenta permite que

usuário planeje seus voos e, dependendo do “status” de degradação dos sinais, replaneje a rota, em termos de aerovia ou horários, ou ainda, cancele a operação em determinada localidade.

Os algoritmos de RAIM requerem um mínimo de cinco satélites visíveis ao receptor para realizar a detecção de falha e, consecutivamente, detectar a presença de erros excessivos da informação de posicionamento para uma determinada fase de voo.

### Fault Detection and Exclusion (FDE)

É uma função desempenhada por alguns receptores GNSS que possuem a capacidade de detectar um sinal de um satélite defeituoso e automaticamente excluí-lo do cálculo da solução de posição.

Para operações baseadas em áreas oceânicas ou áreas continentais remotas as aeronaves aprovadas para uso do GNSS como meio primário de navegação devem não só possuir a capacidade de detectar um satélite defeituoso (como por exemplo, através da função RAIM) como também devem possuir a capacidade de determinar qual o satélite defeituoso e excluir as informações por ele fornecidas do cômputo para a determinação da solução de posicionamento. Ou seja, os receptores GNSS das referidas aeronaves devem ser capazes de realizar o Fault Detection and Exclusion (FDE).

Os algoritmos FDE demandam um mínimo de seis satélites não apenas para detectar a presença de um satélite defeituoso, mas também para excluí-lo do cálculo de posicionamento, de forma que a solução de navegação possa ser realizada de forma contínua.

## A FERRAMENTA SATDIS SAM

As informações sobre disponibilidade e integridade a serem fornecidas pelo DECEA serão obtidas por meio do aplicativo SATDIS SAM (disponível em [www.satdis.aero](http://www.satdis.aero)) para o serviço de predição RAIM, na América do Sul.

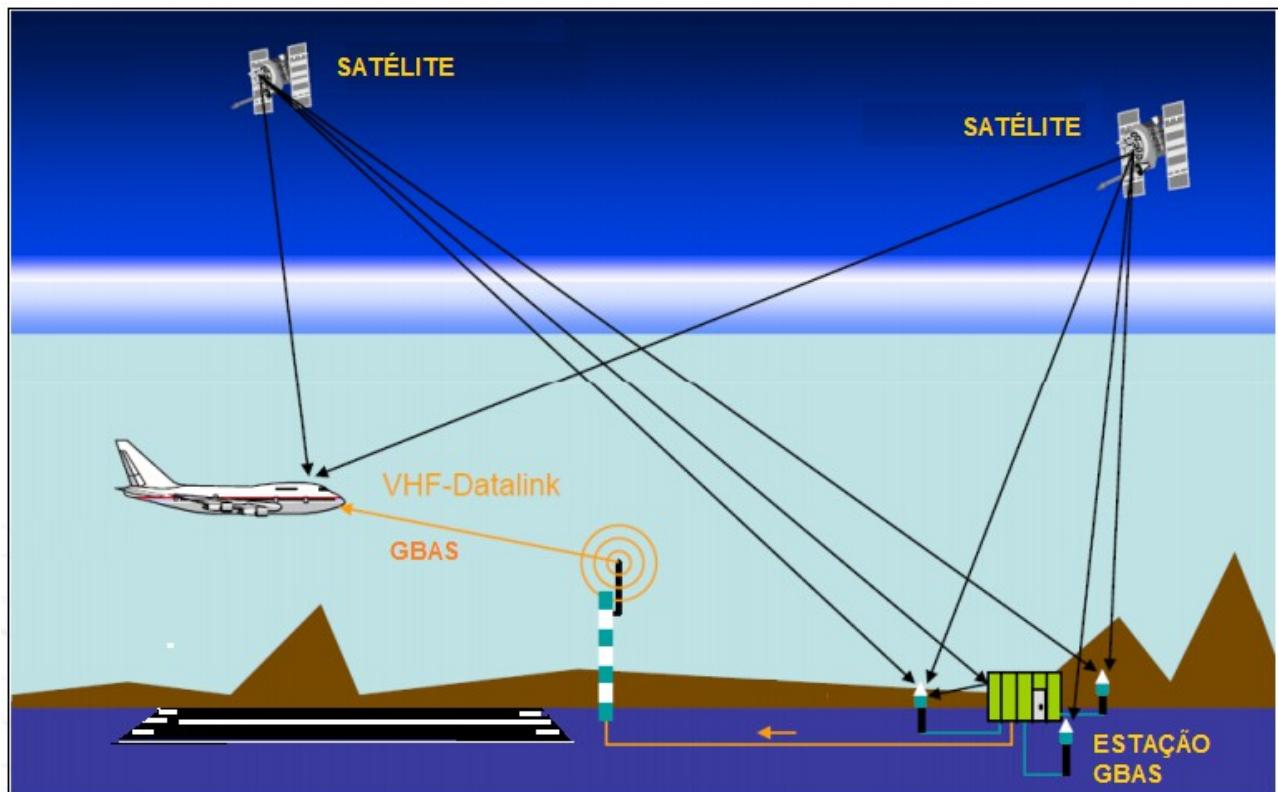
The screenshot shows the SATDIS SAM web application interface. At the top, there's a header with links to 'Publicações DECEA > AIC', 'servicos.decea.gov.br/arq...', 'SATDIS - Início', and a search bar. Below the header, the URL is https://www.satdis.aero/satdis/home.html?3. The main content area has a title 'Previsão de Disponibilidade de Serviço SAM RAIM'. On the left, there's a logo with the text 'SATDIS' and a globe icon. On the right, there are links to 'Ir para o Índice Português' and 'Início de sessão'. A navigation bar at the bottom of this section includes 'Início', 'Ferramentas', 'Conta', 'Informações', and 'Mapa da página'. The main content area is titled 'PREVISÃO DE DISPONIBILIDADE DE SERVIÇO SAM RAIM'. It contains several sections: 'Em rota' (Flight route), 'Terminal' (Terminal), 'Abordagem' (Approach), and 'Aeródromos' (Airports). Each section includes descriptive text and corresponding images. For example, the 'Em rota' section shows a large airplane in flight and a map of a route with green dots indicating satellite visibility along the path. The 'Aeródromos' section shows a map of an airport with green dots. The 'Abordagem' section shows a satellite in space and a circular radar-like diagram labeled 'GPS Satellite Visibility'. The 'Terminal' section also includes some text and a small image.

## AUMENTAÇÃO DOS SINAIS DOS SATÉLITES (Augmentation System)

As constelações de satélites para provimento de informação de posicionamento global não foram desenvolvidas de forma a satisfazer os estritos requisitos da navegação IFR. Dessa maneira, os sistemas aviônicos baseados em GNSS, que são utilizados em operações IFR, devem aprimorar os sinais recebidos dos satélites de modo a garantir, entre outras coisas, a sua integridade.

Sistemas de aprimoramento de sinal:

- SBAS- Satellite Based Augmentation System: Sistema de Aprimoramento de Sinal Baseado em Satélite.
- GBAS - Ground Based Augmentation System: Sistema de Aprimoramento de Sinal Baseado no Solo.
- ABAS - Aircraft Based Augmentation System: Sistema de Aprimoramento de Sinal a Bordo de Aeronave.



Tais sistemas minimizaram as limitações de precisão, integridade, disponibilidade e continuidade das informações provenientes das constelações básicas de satélites, permitindo operações de navegação mais precisas, que podem incluir aproximações de precisão.

ABAS (Aircraft-Based Augmentation System) - melhoram e/ou integram a informação proveniente da constelação de satélites com outras informações disponíveis a bordo da aeronave de forma a aprimorar o desempenho do sistema GNSS.

A técnica ABAS mais comumente empregada é denominada RAIM (Receiver Autonomous Integrity Monitoring System). Outro exemplo de técnica ABAS envolve a integração do GNSS com outros sensores de navegação embarcados, tais como os sistemas de navegação inerciais.

Sistemas de aumentação diferencial podem ser usados para melhorar a precisão lateral para mínimos CAT I / II / III. A Aumentação é obtida através do uso de Satélites geoestacionários (SBAS), estações Terrestres (GBAS) e Sistema embarcado nas aeronaves (ABAS).

- Recebendo o sinal de quatro satélites 5° acima do horizonte, a posição da aeronave já pode ser calculada.
- Recebendo o sinal de cinco satélites já pode definir se o sinal está confiável, pelo algoritmo de integridade (RAIM - Receiver Autonomous Integrity Monitoring ) necessário a alguns tipos de certificação.
- Recebendo sinal de seis ou mais satélites, já pode ser feito qual satélite está causando erro: função FDE - (fault detection and exclusion).

No Brasil já é utilizado o sistema GBAS no Aeroporto do Galeão-RJ. É um sistema crítico de segurança da aviação civil, proporcionando a qualidade local dos sinais oriundos dos satélites da constelação primária GNSS, e com isso proporcionando segurança nas fases de aproximação, pouso, decolagem e manobras de superfície baseados em satélites.

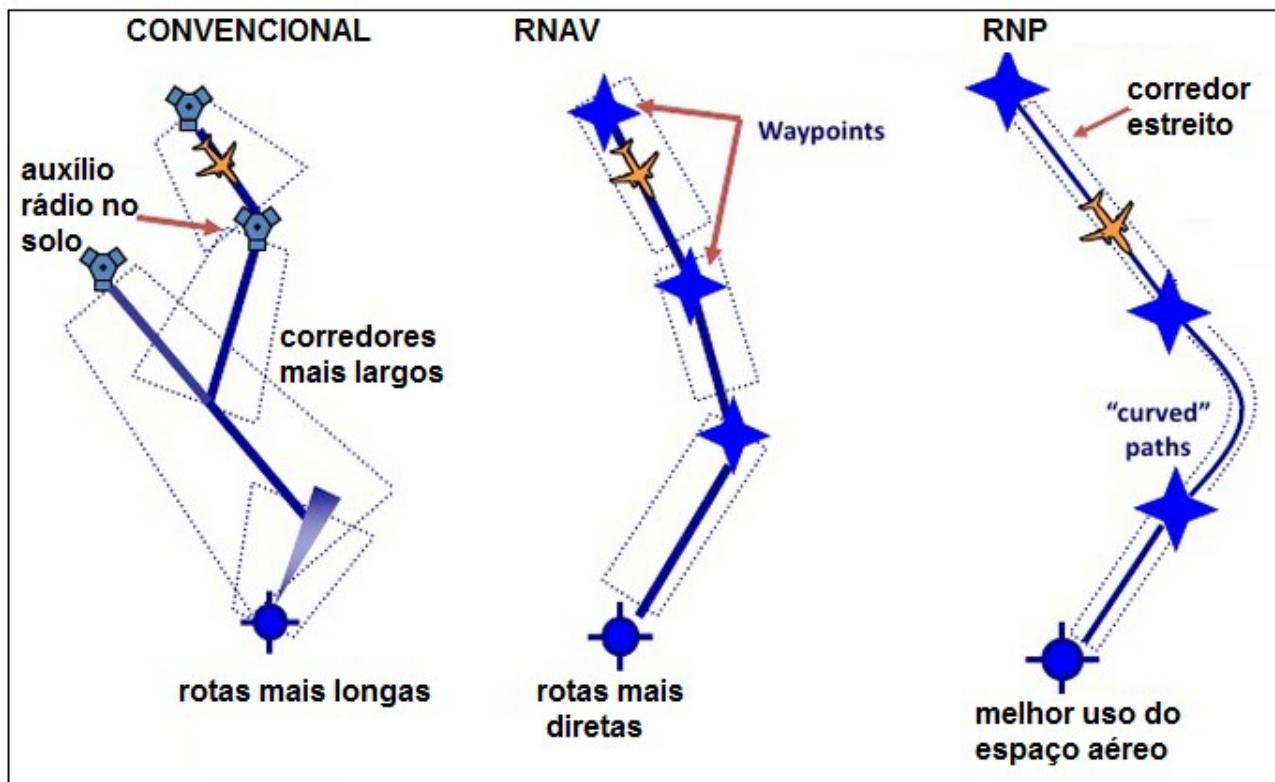
#### 7.4 - ESPECIFICAÇÕES PBN

- Especificação RNAV - não prevê os requisitos de monitoração e alerta de performance a bordo da aeronave e está designada como RNAV “X”, onde “X” é o valor de precisão associado à performance de navegação.
- Especificação RNP (Required Navigation Performance ) - compreende o requisito de contar com monitoração e alerta de performance a bordo da aeronave, e está designada como um RNP “X”, onde “X” é o valor de precisão associado à performance de navegação.

#### RNP (Required Navigation Performance)

É a navegação RNAV acrescida de monitoramento e alerta ao piloto. Surgiu no início dos anos 2000 para permitir melhor aproveitamento das trajetórias e corresponde ao desempenho de navegação para a operação em um determinado espaço aéreo, expandindo o conceito precisão de navegação RNAV. É a base para a construção do conceito PBN.

RNAV	RNP
<b>Necessita vigilância ATS. (com radar de vigilância ou sistemas ADS-B)</b>	<b>NA</b>
<b>NA</b>	<b>Exigem alarmes a bordo para erro lateral</b>
<b>Curvas são executadas pelos padrões que atendam ao desempenho ótimo da aeronave.</b>	<b>Curvas podem ser executadas por padrão estabelecido pela autoridade aeronáutica para evitar alteração na separação lateral entre aeronaves que voem em rotas próximas.</b>
<b>Pernas de navegação sempre retilíneas</b>	<b>Executa pernas de navegação em trajetórias curvas ( Radius to Fix - RF ).</b>
<b>Rotas continentais</b>	<b>Rotas remotas ou oceânicas</b>



## Erros no contexto PBN

Os três principais erros no contexto PBN são:

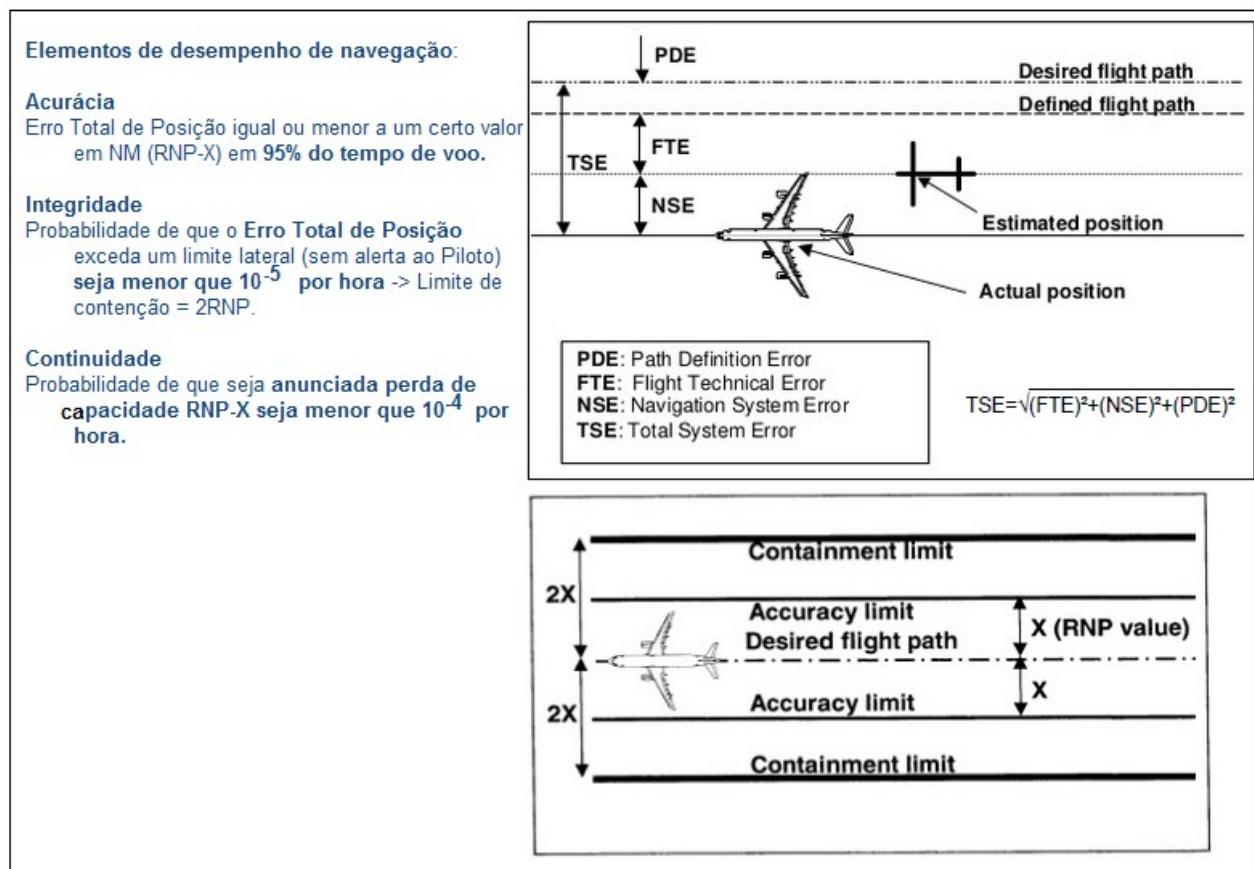
1. PDE – Path (\*) Definiton Error: Esse erro ocorre quando a trajetória definida no sistema RNAV não corresponde à trajetória desejada que deveria ser voada sobre o solo.
2. FTE – Flight Technical Error: Esse erro está relacionado à habilidade do piloto ou da qualidade do Piloto Automático (AP) em seguir a trajetória definida, incluindo os erros do instrumento de navegação (displays, HSI, EHSI, entre outros).
3. NSE – Navigation System Error: Esse erro refere-se à diferença entre a posição estimada da aeronave e a posição real da aeronave.

TSE – Total System Error: O TSE é igual à raiz quadrada da soma do quadrado de cada um dos três erros apontados (PDE, FTE e NSE).

Nota: O TSE depende da interface entre o sistema, a aeronave e a tripulação, e só pode ser avaliado com o sistema integrado à aeronave.

A distribuição destes erros é assumida como sendo independente, de média zero e Gaussiana. Portanto, a distribuição do erro total do sistema, Total System Error (TSE), é também gaussiana, com desvio padrão igual à raiz quadrada da soma do quadrado dos desvios padrão destes três erros.

(\*) Path = caminho



## ANP - Actual Navigational Performance

Incerteza da Posição presente da aeronave PPOS (Present POSition) é calculada pelo FMS com 95% de probabilidade.

A ANP deve ser sempre inferior ao RNP provido pelo DB (Data Base) do sistema de navegação. Quando o ANP excede o RNP, a PPOS da aeronave não apresenta a acurácia adequada e um alerta aos pilotos é provido, O piloto então, deverá tomar as seguintes atitudes:

- Verificar a sua Posição Presente usando meios convencionais de navegação;
- Notificar o ATC imediatamente “NEGATIVE RNAV/RNP”;
- Solicitar nova autorização para navegação convencional;
- NO SOLO: Reinicialização dos sensores;
- Aproximação RNP: arremetida imediata;

## Certificação no contexto PBN

### RNAV 10

A certificação RNAV 10 foi desenvolvida para autorizar operações no espaço aéreo oceânico e remoto e não considera qualquer auxílio no solo.

O termo RNP 10 surgiu (na mesma época) com os mesmos critérios de certificação do RNAV 10.

Como o conceito atual de RNP requer o monitoramento e alerta por equipamento de bordo e isto não foi requerido do RNP 10 (na época), a certificação do RNP 10 é, de fato, RNAV 10.

As Empresas certificadas com o RNP 10 mantém esta nomenclatura devido aos custos para sua modificação/atualização.

#### RNAV 5

A ICAO definiu que os termos B-RNAV e RNP 5 devem ser entendidos como RNAV 5.

#### RNP 4

Os requisitos para certificação RNP 4 são recentes e estão de acordo com os conceitos atuais de RNP. Seguindo o plano da ICAO para a navegação aérea global (CNS/ATM), a separação lateral e longitudinal começou a ser reduzida nas regiões oceânicas. Em 2005, o FAA publicou a primeira orientação relativas ao RNP 4 (para o região do Pacífico).

O RNP 4 foi inicialmente criado para assegurar separação mínima sobre o oceano (30 NM lateral e 30 NM longitudinal) e em regiões remotas. Por esta razão ele foi baseado somente no uso do GPS/GNSS, não requerendo qualquer infraestrutura de auxílio à navegação em solo.

Para atender a essa certificação, a aeronave deve ser capaz de manter comunicação o tempo todo via datalink entre o controlador e o piloto (CPDLC), ou comunicação de voz. Além disso, é requerida capacidade de vigilância através do sistema ADS-C, onde o avião fornece ao ATC informações de posição e de desvio lateral.

#### RNAV 1, RNAV 2

As especificações RNAV 1 e RNAV 2 foram primariamente desenvolvidas para operação em áreas com cobertura radar.

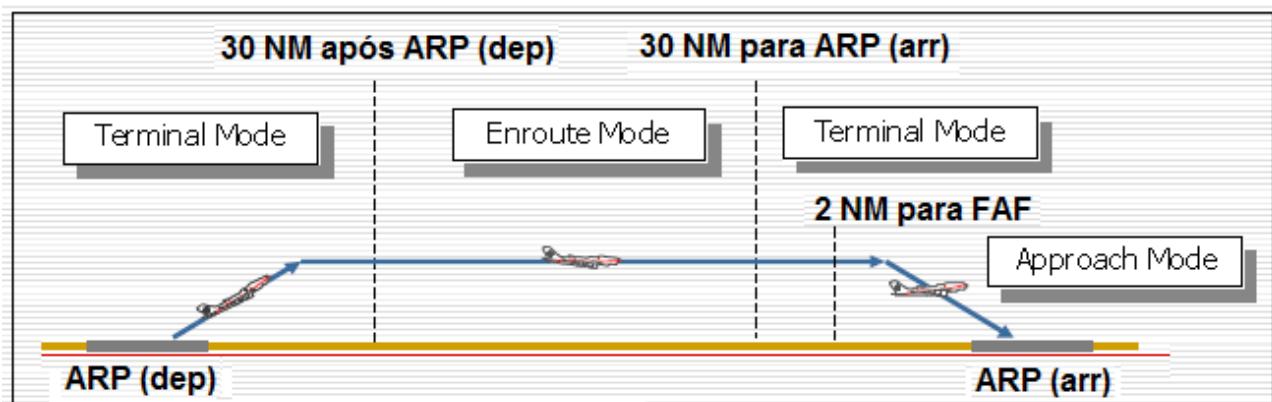
#### RNP 1 e RNP 2

Enquanto que o conceito de RNAV 1 / 2 requer cobertura radar, o conceito de RNP requer que a aeronave seja capaz de monitorar sua precisão e que o sistema emita alertas caso a precisão definida não seja cumprida. O RNP 1 / 2 é requerido para operação em áreas geográficas com pouca ou nenhuma infraestrutura de solo, pouca ou nenhuma vigilância e com uma densidade de tráfego de baixa para média.

Uma aeronave operando com navegação de área tem seu equipamento de navegação setado automaticamente para cada fase do voo, conforme Plano de Voo cadastrado:

- Terminal Mode: dentro da faixa de até 30NM distante do ARP (dep).
- Enroute Mode: a partir de 30NM from ARP(dep) até 30 NM do ARP (arr).
- Approach Mode: 2NM antes do FAF (Final Approach Fix).

ARP (Aerodrome Reference Point) – coordenadas geográficas do ponto central de um aeródromo.



Especificações para cada modo de operação:

Flight Phase	Navigation Specification	Required Accuracy (TSE)	Enabling System
EN - ROUTE	Oceanic /Remote	RNAV 10 RNP4	GPS/INS GPS
	Continental	RNAV 5 RNAV 2 RNAV 1	± 5 NM (95%) ± 2 NM (95%) ± 1 NM (95%) VOR/DME /GPS /INS
TERMINAL	Arrival/ Departure	RNAV 2 RNAV 1 Basic - RNP 1	± 2 NM (95%) ± 1 NM (95%) ± 1 NM (95%) DME/GPS DME/GPS GPS
	Approach /Landing	RNP APCH	Down to 0.3 NM in final approach phase (95%) GPS
		RNP AR APCH	Down to 0.1NM in final approach phase (95%) GPS

Departure	Take off & Climb	Continental	Oceanic/ Remote	Continental	Arrival	Approach	Landing
TERMINAL		EN - ROUTE			TERMINAL		

- Enroute Mode:
  - RAIM Alert Limit (IMAL) = 2.0 NM
  - CDI Sensitivity = 5.0 NM
- Terminal Mode:
  - RAIM Alert Limit (IMAL) = 1.0 NM

- CDI Sensitivity = 1.0 NM
- Approach Mode:
  - RAIM Alert Limit (IMAL) = 0.3 NM
  - CDI Sensitivity = 0.5 NM

CDI – Course Deviation Indicator

### **Requisitos para uma Base de Dados embarcada (NDB – Navigation Data Base)**

Para conduzir operações usando GPS para navegar no espaço aéreo brasileiro e espaço aéreo oceânico, o equipamento GPS da aeronave deve incluir uma base de dados de navegação atualizável.

Esta base de dados deve prover suporte para operações em rota e em terminais ou em rota, em terminais e em aproximações de não-precisão por instrumentos, exceto LDA (Localizer Direcional Aid) SDF (Simplified Directional Facility).

#### **Componentes da base de dados:**

- Waypoints.
- Aerovias superiores (ENRH) e inferiores (ENRL).
- Auxílios-rádio terrestres (DME, VOR, NDB e ILS).
- Aeródromos.
- Cartas normatizadas de partida (Standard Instrument Departure – SID).
- Cartas normatizadas em terminais (Standard Terminal Arrival – STAR).
- Cartas de aproximação por Instrumentos (IAC).
- Padrões de espera (Holding Patterns).

#### **Área Geográfica Contida na Base de Dados.**

A base de dados de bordo deve conter dados cobrindo as áreas geográficas onde sistemas de navegação GPS foram aprovados para utilização IFR. Os dados podem cobrir grandes áreas geográficas ou pequenas áreas, definidas pelo usuário, dentro do espaço aéreo brasileiro e áreas oceânicas correlacionadas.

#### **Descrição da Base de Dados.**

As bases de dados de navegação de bordo são providas inicialmente pelo fabricante do receptor e atualizadas pelo fabricante ou por agência de dados por ele designada. A base de dados contém registros de informação de localização, por latitude e longitude com uma resolução mínima de 0,01 minuto, para as áreas onde operações IFR foram aprovadas.

A base de dados é selecionável pelo usuário, permitindo ao piloto fazer seleções específicas durante as operações de voo em apoio às necessidades da navegação. A base de dados pode, ainda, ser definida pelo usuário de modo que as informações sejam ajustadas aos requisitos de um certo usuário.

#### **Atualização de Dados.**

As informações sobre pontos de controle (waypoint) são providas e mantidas pelo “National Flight Data Center” dos Estados Unidos. No Brasil cabe à Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Voo

prover e manter tais informações. Os dados são atualizados, tipicamente, a intervalos regulares, tais como o ciclo de cada 28 dias como internacionalmente acordado na “Aeronautical Information Regulation and Control” (AIRAC).

**Nota:** Não pode ser possível fazer entradas manuais de dados ou de atualizações na base de dados (este requisito não impede a colocação de dados definidos pelo usuário dentro do equipamento).

### Ponto de Referência Geodésico.

O equipamento GPS fornece informações de posição referenciadas ao Sistema Geodésico Mundial de 1984 (World Geodetic System of 1984 - WGS-84).

### DEFINIÇÕES:

ADIRS - Air Data Inertial Reference System

ATS – Autothrottle System

MAG VAR – Magnetic Variation. (o mesmo que DMG – Declinação Magnética)

FMS – Flight Management System

FMC – Flight Management Computer

CDU – Control Display Unit

NDB – Navigation Data Base

EFIS – Electronic Flight Instrument System

ECAM - Electronic Centralised Aircraft Monitor

EICAS – Engine Indicating and Crew Alerting System

PFD – Primary Flight Display

ND – Navigation Display

MFD – Multi-function Display

MCP – Model Control Panel

DSP – Display Select Panel

## 7.5 - PROCEDIMENTOS RNAV

### PROCEDIMENTOS DE ROTA

- Considerando as características do tráfego aéreo da Região Sul-Americana, para operações em rota continental, e considerando os requisitos de aprovação de aeronaves e operadores, todas as rotas RNAV das FIR Amazônica, Brasília, Curitiba e Recife são RNAV 5.
- Todas as rotas oceânicas RNAV implantadas no corredor EURO/SAM, situadas na FIR Atlântico, são RNAV 10.
- Somente aeronaves e operadores aprovados RNAV 5 ou RNAV 10 (aeronavegabilidade e operações) serão autorizados a operar nas rotas RNAV em Espaço Aéreo Brasileiro continental ou oceânico, respectivamente.

### PROCEDIMENTOS STAR RNAV E SID RNAV

- As STAR RNAV e SID RNAV poderão ser executadas por aeronaves e operadores que sejam aprovados para uma ou mais das seguintes especificações de navegação: RNAV1 e RNP1.
- No caso de aeronaves não equipadas com GNSS, alguns procedimentos poderão ser

executados com o emprego de DME/DME ou DME/DME/IRU. Quando autorizado o emprego desses sistemas de navegação, os sensores estarão descritos em carta.

- Em situações específicas, poderá não ocorrer cobertura DME suficiente para atender aos requisitos previstos para RNAV1 ou RNP1, com o emprego do sistema de navegação baseado em DME/DME. Nesse caso, os operadores que pretendam utilizar as STAR RNAV e SID RNAV, com a aplicação da especificação de navegação RNAV1 ou RNP1, deverão, obrigatoriamente, empregar o GNSS.
- A operação de aeronaves na STAR RNAV e SID RNAV, baseada na especificação de navegação RNAV 1, estará condicionada ao emprego de Sistema de Vigilância ATS pelos órgãos ATC envolvidos.
- Com a implantação do Conceito PBN, as STAR foram elaboradas de acordo o conceito de STAR ABERTA e/ou STAR FECHADA.
  - STAR ABERTA é o procedimento de chegada por instrumentos que, no último waypoint/fixo, apresenta uma trajetória definida, normalmente paralela à pista e contrária ao sentido de pouso, a partir da qual a aeronave aguardará vetação pelo órgão ATC para interceptar a aproximação final.
  - STAR FECHADA é o procedimento de chegada por instrumentos que não apresenta a trajetória definida citada no item a) anterior. O último waypoint/fixo da STAR coincide com o Fixo de Aproximação Inicial ou Intermediário (IAF ou IF), assim, a aeronave após o procedimento de chegada iniciará o procedimento de aproximação.

Na execução de SID RNAV (GNSS) não é permitida:

- A criação manual de “way-points”, não previstos na base de dados, por meio da inserção de coordenadas geográficas ou quaisquer outros meios.
- A modificação do tipo de “way-point”, de “fly-over” para “fly-by” e viceversa.

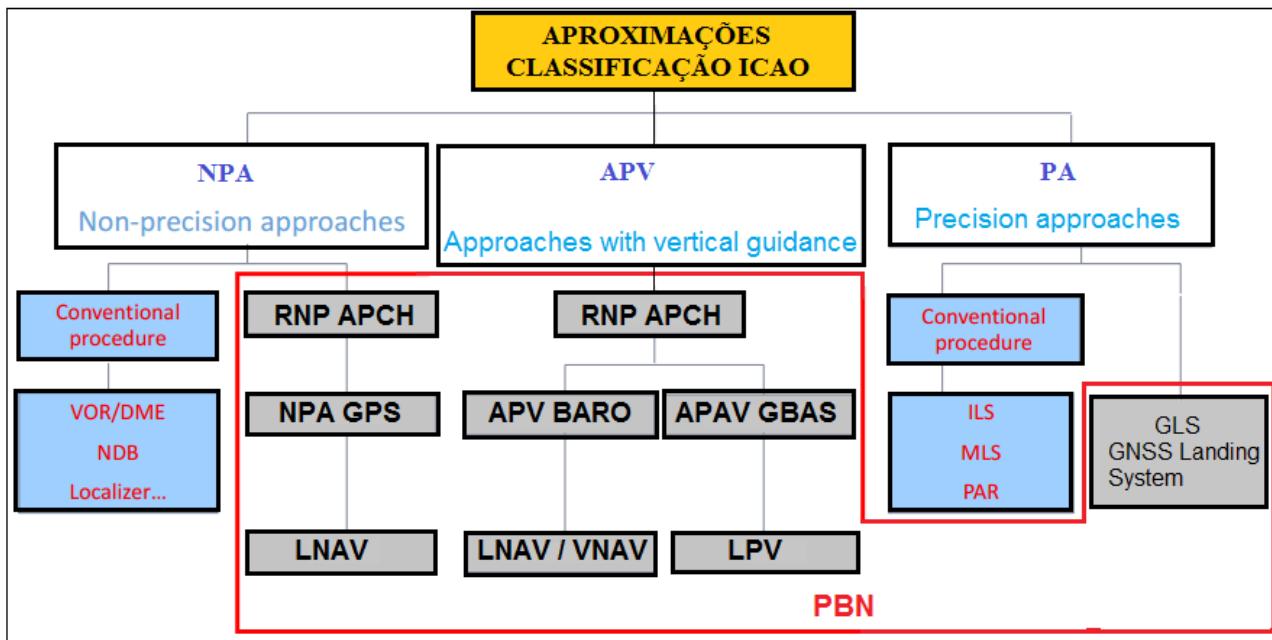
## PROCEDIMENTOS DE APROXIMAÇÃO (APCH)

- Os procedimentos de aproximação designados como RNAV (GNSS) somente podem ser executados por aeronaves e operadores que sejam aprovados para a Especificação de Navegação RNP -APCH com LNAV (Navegação Lateral) /VNAV (Navegação Vertical) ou somente LNAV.
- Alguns aeroportos brasileiros são dotados de procedimentos ILS, nos quais os segmentos inicial e intermediário são baseados em RNP- APCH. A execução desses procedimentos também requer aprovação para RNP- APCH.

Termos empregados na aproximação e pouso por instrumentos, tanto convencional (auxílios-rádio em solo) como por performance:

- NPA - Non-Precision Approach: uma aproximação por instrumentos que utiliza somente a guia lateral, com a guia vertical (glide) desabilitada ou inoperante.
- APV - Approach Procedure with Vertical guidance: uma aproximação por instrumentos que utiliza tanto a guia vertical como a guia horizontal, mas não atende aos mínimos requerimentos de precisão para aproximação e pouso.
- APV Baro - uma aproximação por instrumentos que utiliza a guia horizontal, e a vertical é feita a partir de reerência barométrica (\*).
- PA - Precision Approach : uma aproximação por instrumentos que utiliza tanto a guia vertical como a guia horizontal e que está atendendo aos mínimos de precisão da categoriaria da operação.

- LPV - Localizer Performance with Vertical guidance: uma aproximação por instrumentos que utiliza tanto a guia vertical como a guia horizontal e que está atendendo aos mínimos de precisão da categoriaria da operação.



### APROXIMAÇÃO COM GUIA VERTICAL BAROMÉTRICO (APV BARO-VNAV)

O sistema de navegação vertical barométrica (Baro-VNAV) apresenta ao piloto um guia vertical calculado com referência a um ângulo de trajetória vertical especificado (VPA), normalmente de 3°. O guia vertical, calculado pelo computador, é baseado na altitude barométrica e especifica um ângulo de trajetória vertical a partir do ponto de início da rampa de planeio (FAP) até a altura do ponto de referência (RDH – Reference Datum Height).

Os procedimentos Baro-VNAV são classificados como procedimentos de aproximação com guia vertical (APV). Esses procedimentos se baseiam no GNSS para navegação lateral (LNAV) e em dados baroaltimétricos como guia para navegação vertical (VNAV).

**NOTA 1:** Os mínimos operacionais aplicáveis aos procedimentos APV/Baro-VNAV são identificados pela sigla “LNAV/VNAV”.

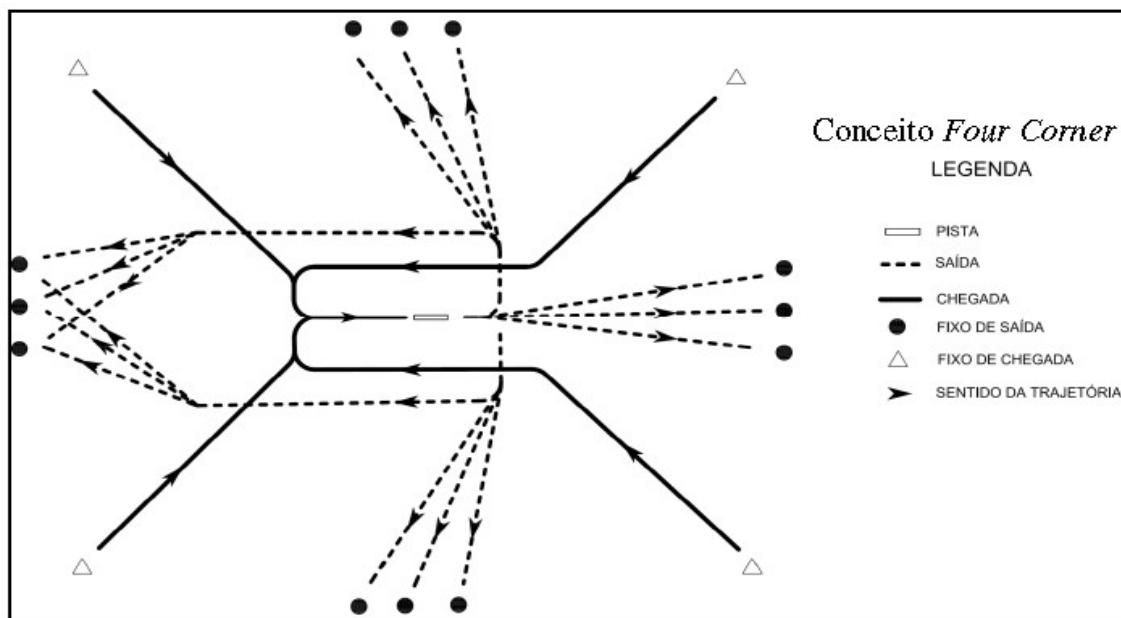
**NOTA 2:** Os mínimos operacionais aplicáveis aos procedimentos RNAV, navegação lateral baseada no GNSS, são identificados pela sigla “LNAV”.

Os pilotos são responsáveis por verificar a temperatura mínima para execução de um procedimento APV/Baro-VNAV.

Os procedimentos APV/Baro-VNAV devem ser executados somente se uma fonte local de ajuste do altímetro estiver disponível e os ajustes sejam corretamente inseridos no altímetro da aeronave.

Os limites de temperatura, condição para operação Baro-VNAV, serão publicados na Carta do procedimento de aproximação APV/Baro-VNAV.

## REESTRUTURAÇÃO DA CIRCULAÇÃO AÉREA EM TMA



- A reestruturação da circulação aérea em TMA, com base em procedimentos de saídas e chegadas, foi estabelecida por meio do conceito de concepção de espaço aéreo denominado *Four Corner*.
- A circulação aérea baseada no Conceito *Four Corner* é estabelecida com base em um quadrilátero fictício, com centro no aeródromo, orientado de acordo com a posição das pistas do aeródromo. A partir deste quadrilátero, é elaborado um sistema de rotas e procedimentos de chegadas e saídas.
- Para as aeronaves que chegam, o ingresso no espaço aéreo é realizado por qualquer um dos vértices do quadrilátero. Para as aeronaves que partem, a saída é por qualquer um dos lados do quadrilátero (figura).
- Esta nova estrutura de procedimentos aumenta a eficiência dos fluxos de tráfego no espaço aéreo da TMA, e os cruzamentos acontecem próximo do aeródromo e de forma bem definida, facilitando o emprego das técnicas de CCO e CDO.

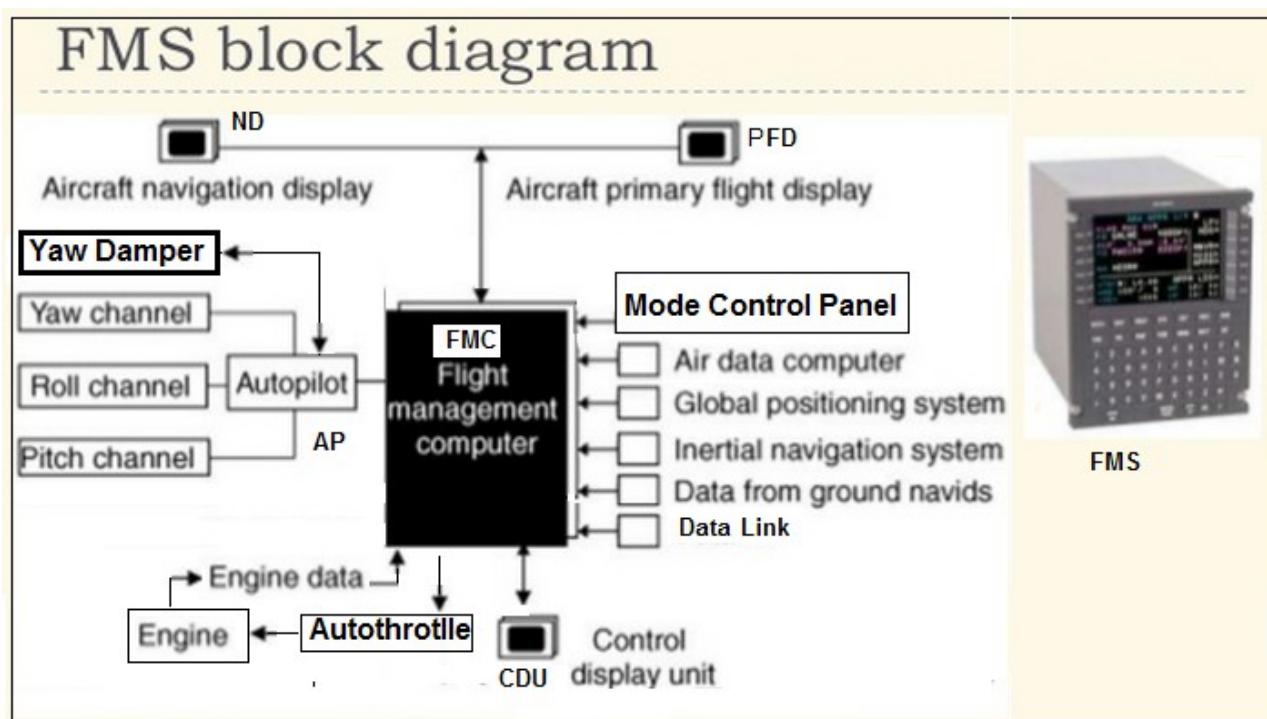
CCO – (Continuous Climb Operation) Operação de Subida Contínua

CDO - (Continuous Descent Operation) Operação de Descida Contínua

## 8 - Sistema de Gerenciamento do Voo (FMS – Flight Management System)

O Sistema integrado de gerenciamento do voo é um conjunto de equipamentos, softwares e base de dados embarcados, composto por computadores, dispositivos iniciais, receptores/transmissores de sinais de rádio, transponders e painéis de interface homem-máquina (chaves elétricas, botões transmissores de valores e displays).

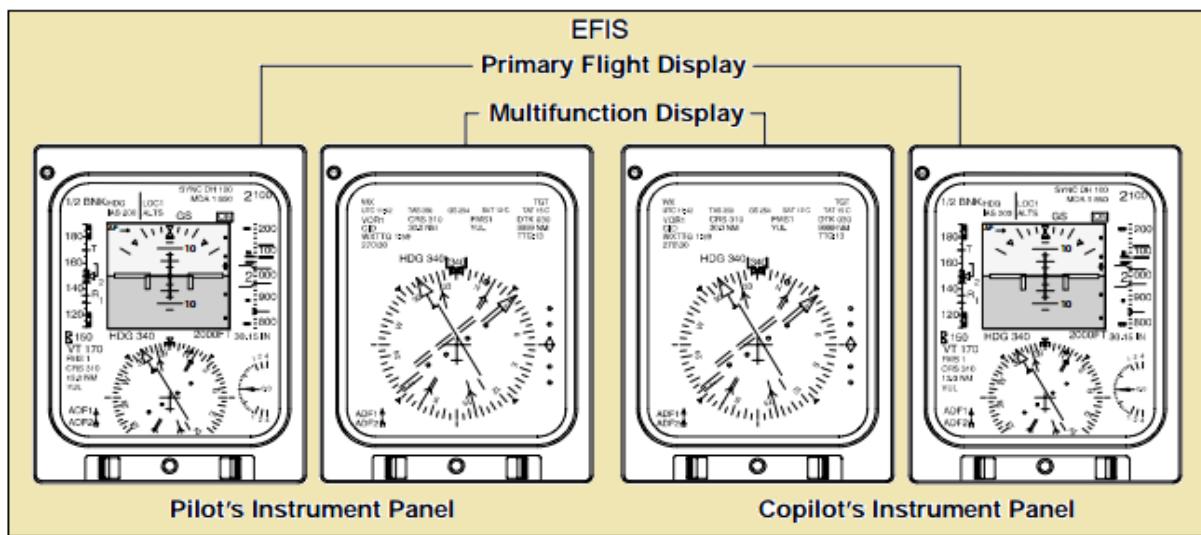
São utilizados desde o pré-voo, onde são colocados todos os dados da aeronave (distribuição de cargas e combustível) e os dados do voo (regime de decolagem, procedimento de saída, rotas, regime de cruzeiro, regime de descida, procedimento de aproximação e procedimento de pouso), e também na navegação, através do Diretor de voo(FD), Piloto Automático (AP) e auto-throttler (ATH).



### 8.1 - Sistema de instrumentos eletrônicos de voo (Electronic Flight Instruments System - EFIS)

É a parte do FMS responsável pela exibição das informações de navegação, voo e operação dos motores. Os displays (instrumentos) usam tecnologia eletrônica, e são denominados de:

- ND – Mostrador de Navegação (Navigation Display) individual ou incorporado ao PFD.
- PFD - Mostrador primário de voo (primary flight display);
- MFD - Mostrador multifunções (multi-function display);
- EICAS – Indicações do motor com sistema de alerta à tripulação (engine indicating and crew alerting system);



### O PFD pode ser integrado com as seguintes funções:

- Indicador de altitude (ADI - Attitude Director Indicator);
- Indicador de Velocidade do ar (Air Speed / Mach);
- Indicador do ângulo de ataque (AOA – Angle of attack);
- Indicador de altitude;
- Indicador da razão de subida (VS-Vertical Speed);
- Anunciador do modo de voo (FMA-Flight mode annunciator);
- Indicador de desvio lateral (Lateral Deviation Indicator);
- Mostrador de Navegação (ND – Navigation Display);

### 8.2- Sistema de controle de voo automatizado (Automated Flight Control Systems - AFCS)

É um conjunto de dispositivos, capaz de controlar o voo e a navegação de uma aeronave, dispensando o piloto de tarefas manuais intensivas e permitindo que o mesmo se mantenha focado no monitoramento dos sistemas da aeronave e no estado da navegação atual em relação à navegação programada.

Nas aeronaves com aviação mais simples existe apenas o Piloto Automático, com as funções de controlar o voo, mantendo a aeronave nivelada (ALT) e com a proa desejada (HDG), além de alterar o nível de voo, conforme programado pelo piloto. Para navegação (NAV), a aeronave vai seguir uma radial de VOR, conforme um curso (CRS) programado pelo piloto.

Nas avionaves mais elaboradas, e auxiliadas por computadores, esse sistema pode ser composto por outros sub-sistemas:

- Piloto Automático (Autopilot - AP), responsável pela atuação dos servo-mecanismos que controlam os três eixos da aeronave;
- Diretor de Voo (Flight Director - FD);
- Estabilizador de guinada (Yaw Damper), atua no leme da aeronave. (\*)
- Controlador automático do empuxo (Autothrottle - ATH), atuando na potência dos motores;

(\*) Assunto estudado em Teoria do voo.

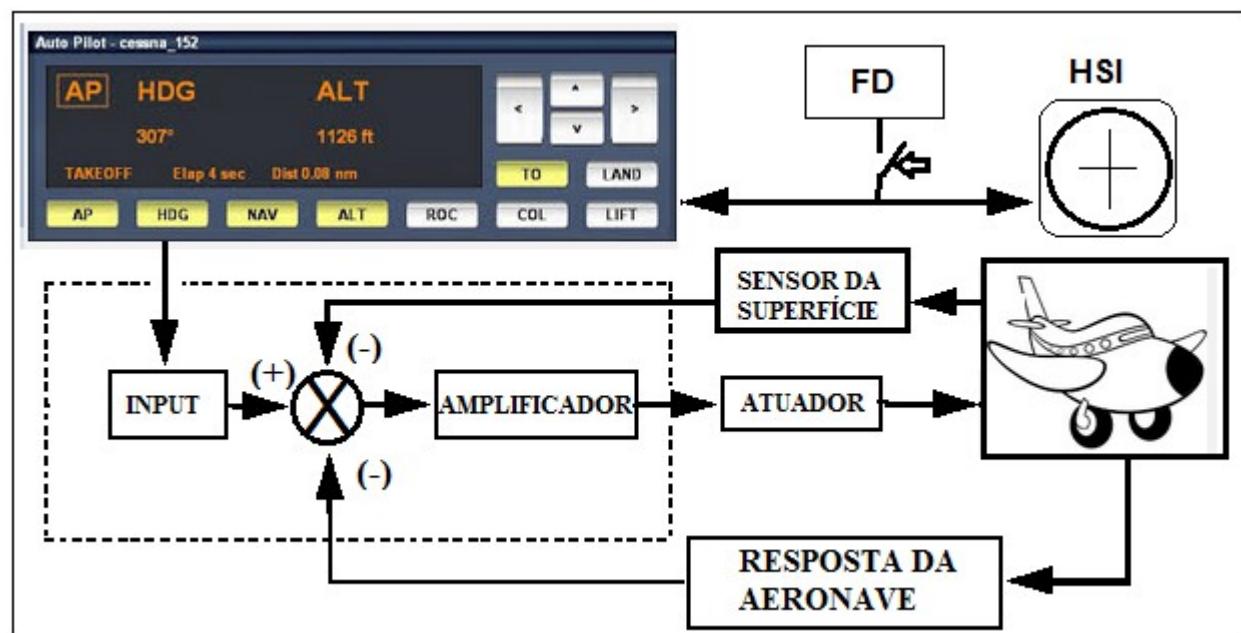
As principais funções do AFCS:

- manutenção da altitude programada;
- manutenção da velocidade programada;
- Estabilidade longitudinal(Yaw Damper);
- Incremento da potência dos motores se a aeronave se aproxima do ângulo crítico ( $\alpha$ );
- mudança de nível de voo;
- Interceptação de curso;
- navegação entre waypoints numa rota programada;
- execução de procedimentos nas aproximações;

**Piloto Automático (Autopilot - AP)** – é um servo-sistema composto por cinco partes:

1. entrada dos valores desejados de voo e navegação;
2. saídas para controle das superfícies de comando da aeronave, através de placas eletrônicas que acionam os servo-atuadores elétricos ou eletro-hidráulicos;
3. sensores de posição das superfícies de comando;
4. sensores iniciais de posição da aeronave em relação aos três eixos;
5. sensores de navegação;

Nota: C/D (Course Datum) – bússola utilizada pelo piloto automático para referenciar o rumo magnético determinado por um sensor de navegação.



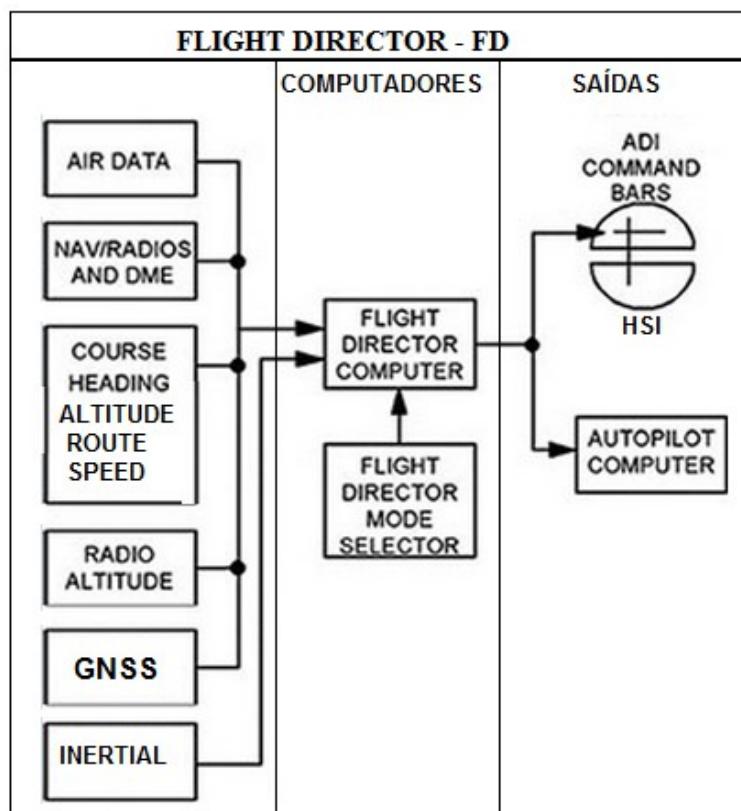
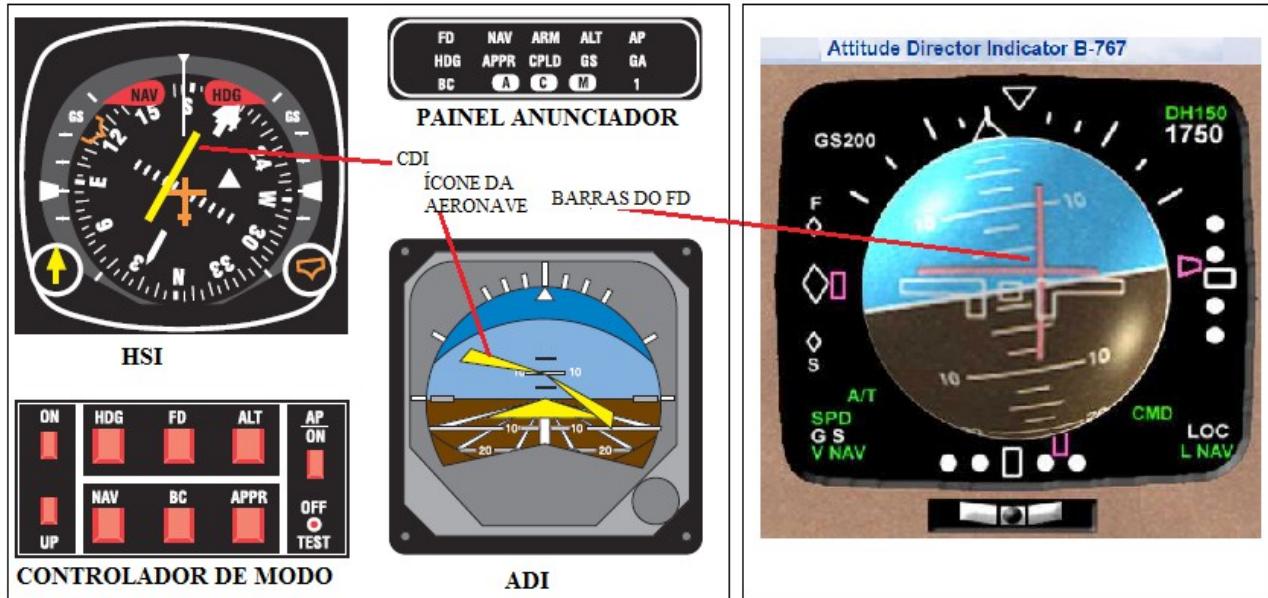
**Diretor de Voo (FD)** - fornece os parâmetros para o dispositivo Piloto Automático e também exibe a situação da altitude da aeronave no instrumento HSI.

Muitos pilotos profissionais usam o diretor de voo na pilotagem manual (PA desabilitado) por terem a informação de ADI (Attitude Director Indication) mostradas no HSI através de barras horizontais e verticais de comando, ou por ícone da aeronave, conforme o modelo do instrumento.

Com o PA desabilitado, essas barras de comando (ou ícone da aeronave) se deslocarão para indicar a correção necessária para retomar, manualmente, o voo reto e nivelado, tendo como referência o

ponto de cruzamento das duas barras de comando (cross point) ou a proa do ícone da aeronave. Com o PA engajado, o Diretor de Voo passa a ser o cérebro do piloto automático, fazendo cálculos e fornecendo dados para o PA fazer as devidas correções, tanto na atitude do voo como na navegação lateral e vertical.

Recebe informações do ADC e do FMS para manter a trajetória do voo dentro da rota e altitude programadas.



### **Amortecedor de Guinada (Yaw Damper - YD)**

NOTA: Ver “Teoria do voo”

É um servo-mecanismo automático, com controle eletrônico “sintonizado” com as características de estabilidade de cada modelo de aeronave. Atua diretamente na compensação do leme com a função de cancelar as oscilações direcionais que possam levar a aeronave a entrar em “dutch roll”.

Dutch roll: é uma oscilação combinada nos eixos vertical e longitudinal, e que ocorre quando a aeronave sofre uma guinada (yaw), acidental ou comandada. A rotação em torno do eixo vertical produz um avanço maior da asa do lado oposto ao movimento da proa, e essa asa, ao avançar mais do que a outra, produz mais sustentação e sobe, inclinando (roll) a aeronave em torno de seu eixo longitudinal, inclusive provocando uma “derrapagem” lateral (skid) e iniciando um ciclo de oscilações amortecidas.

Ao iniciar a inclinação para o lado da guinada, o vento relativo atinge a asa mais baixa com ângulo de ataque maior, aumentando a sustentação e o arrasto, ocasionando uma rolagem e uma guinada para o lado oposto (rebatida).

Esse fenômeno é mais importante em aeronaves com asas enflechadas, e tende a ocorrer mais a grandes velocidades e em altitudes elevadas.

O uso do Yaw Damper pode variar de aeronave para aeronave. Nos jatos comerciais, de maneira geral, ele está sempre ligado em função do conforto para os passageiros. Nas aeronaves turbo-hélice ele normalmente é ligado somente após uma certa altitude, e desligado antes do pouso.

### **Controle Automático de Potência (Autothrottle System - ATH)**

Ele controla a velocidade da aeronave, ajustando automaticamente os aceleradores, além de garantir a máxima eficiência do combustível em todas as fases de voo.

O computador de gestão de potência (Thrust Management Computer - TMC) recebe os dados dos motores, do Air Data Computer (ADC), dos sensores iniciais da aeronave, da posição das manetas de aceleração e do painel de seleção modo de operação. Com essas informações ele envia ordens para os atuadores dos motores.

Há dois modos de operação no sistema autothrottle:

- Modo de velocidade: que controla a velocidade da aeronave. Este é o modo é usado durante a subida, cruzeiro e pouso.
- Modo EPR: controla a razão de pressão do motor (Engine Pressure Ratio - EPR) durante a fase de decolagem da aeronave.

### **THRUST MODE**

TO – Take-Off

ASYM – Assimmetric

A.FLOOR – Alpha Floor (\*)

CLB - Climb

FLEX – Flexível TO

GA – Go Around

LK – Locking

LVR – Levers

MAN – Manual Thrust

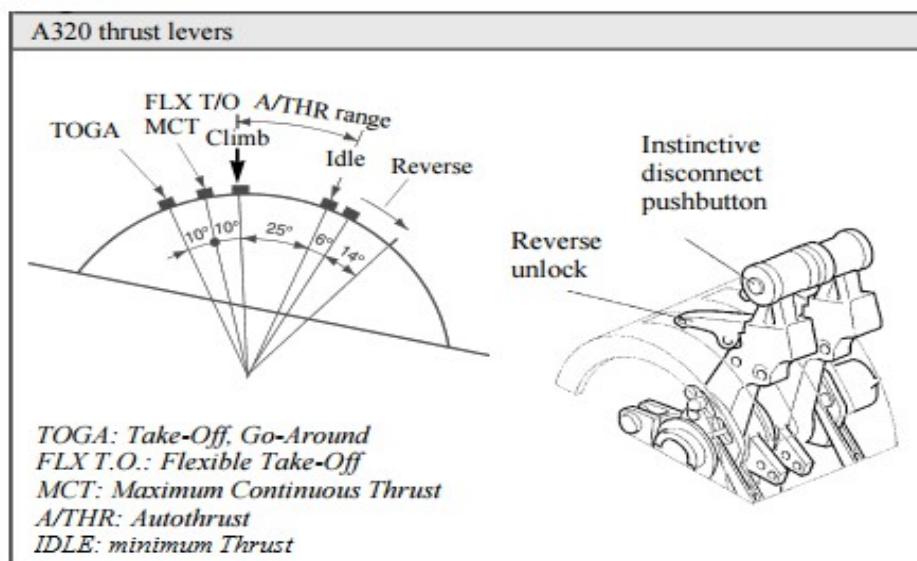
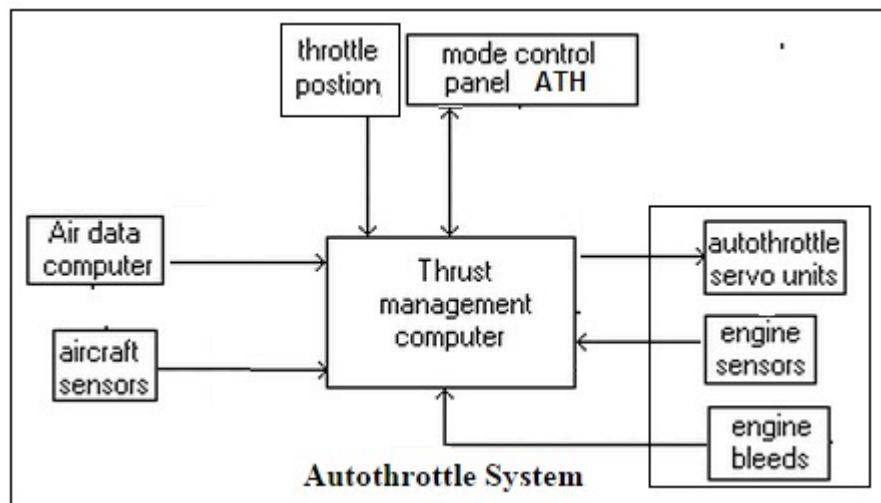
THR - Thrust

TLP -Thrust Lever Position

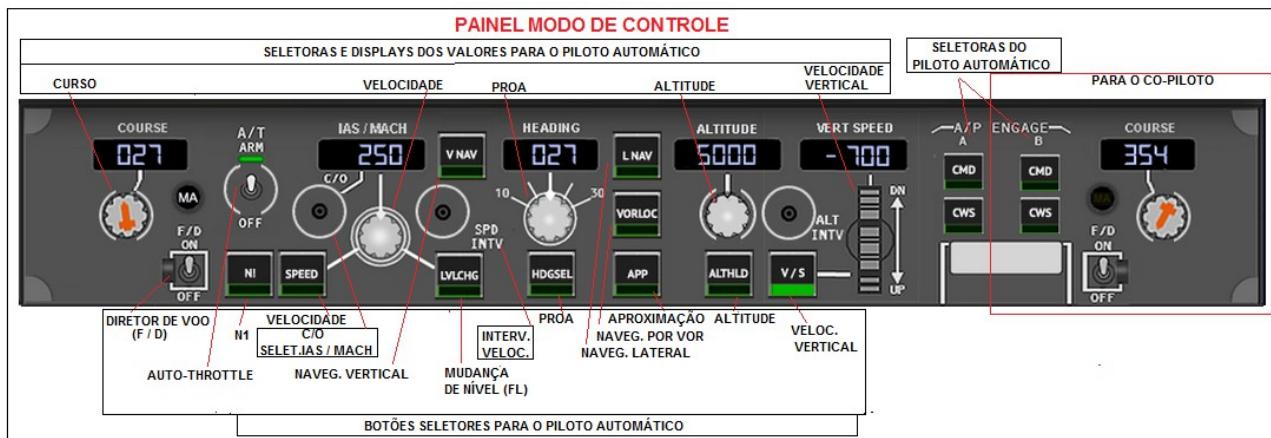
SPEED – Speed mode (Knots)

MACH – Mach mod

(\*) A.Floor – Piso do ângulo alfa, ou ângulo de ataque: Um sistema concebido para aumentar automaticamente a potência dos motores quando a aeronave estiver próxima de atingir ou exceder o ângulo de ataque crítico.



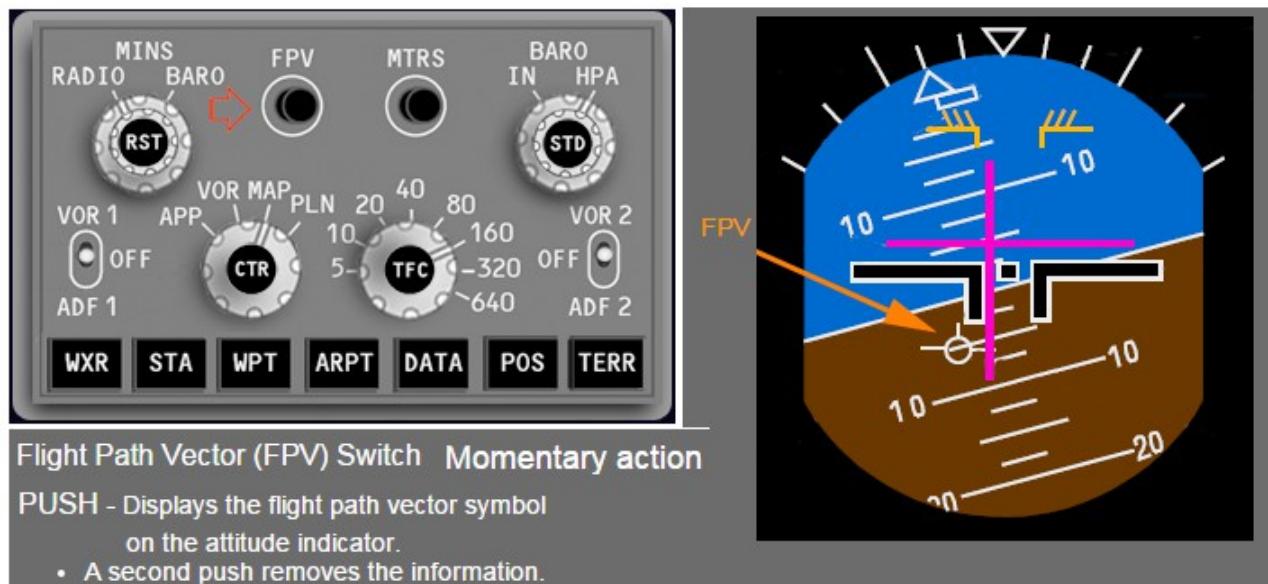
### Painel de controle do modo de operação (Mode Control Panel - MCP)

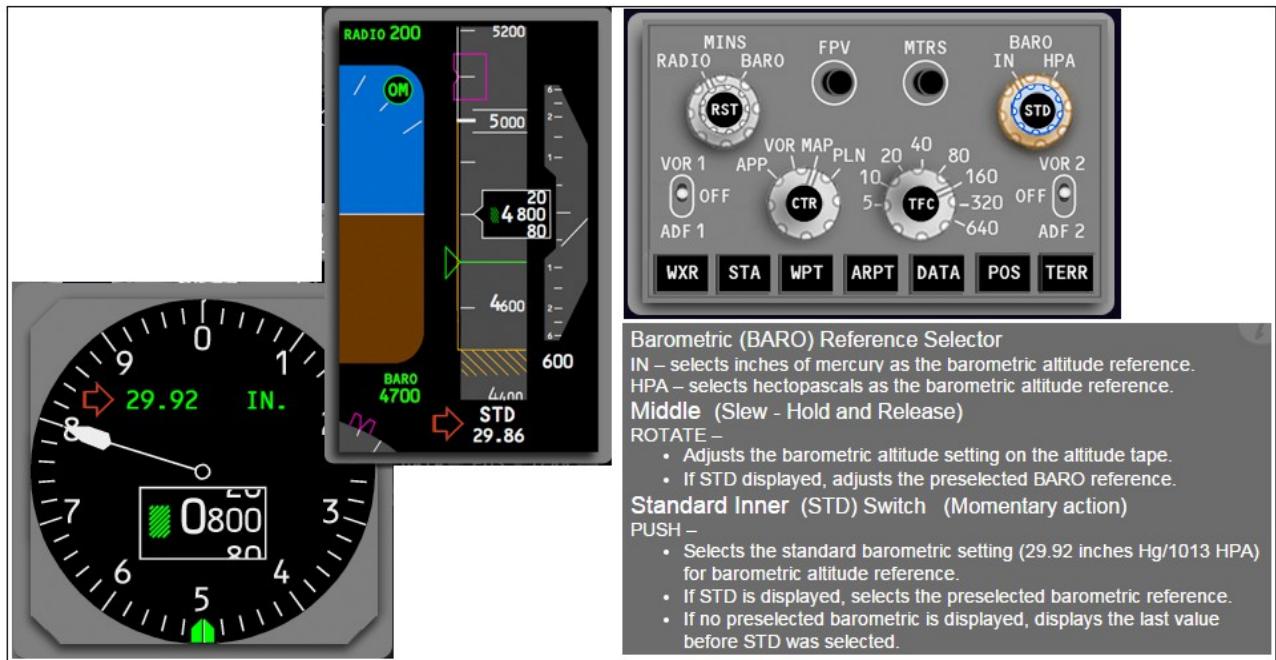


Painel para dar entrada em valores de Altitude, Proa, Curso, Velocidade Indicada e Razão de subida/descida. Seleciona também os modos de operação do Piloto Automático, do Diretor de voo, da forma de Navegação e da Aproximação e do Auto-Throttle.

### Painel de seleção dos modos de indicação dos instrumentos do EFIS (EFIS Mode Selector Panel)

O modelo apresentado a seguir é utilizado no Boeing 737.





Weather radar and TCAS are not displayed in center VOR mode.  
**MAP – Option - Track-up display**  
 Displays FMC generated route and MAP information, airplane position, heading and track, in a track-up format.  
 Displays waypoints, including the active waypoint, within the selected range.  
 Displays VNAV path deviation.



**MAP Switches Momentary action**  
Add background data/symbols to MAP and center MAP modes.  
The displays can be selected simultaneously.  
A second push removes the information.

**WXR (Weather radar) –**  
Energizes the weather radar transmitter and displays weather radar returns in MAP, center MAP, expanded VOR and expanded APP modes. When the 640 nm range is selected, weather radar returns are limited to 320 nm.  
Generated Data and Symbol when selected: (Typical)

**WXR**  
+5  
CAL or VAR



**WXR (Weather radar)**

**STA (Station)**

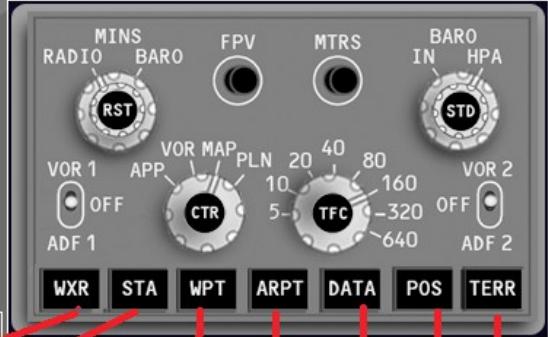
**WPT (Waypoint)**

**ARPT (Airport)**

**DATA** – Displays altitude constraint, if applicable, and estimated time of arrival for each active route waypoint.

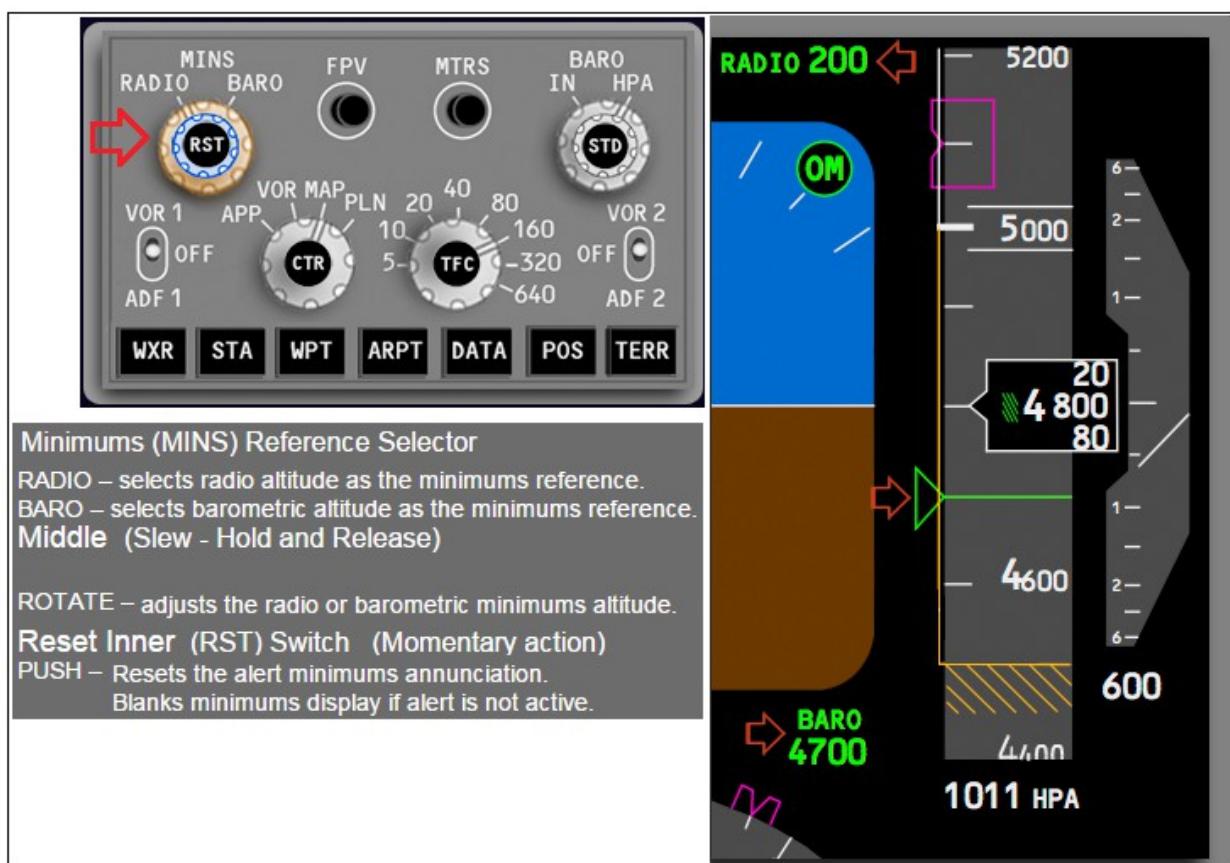
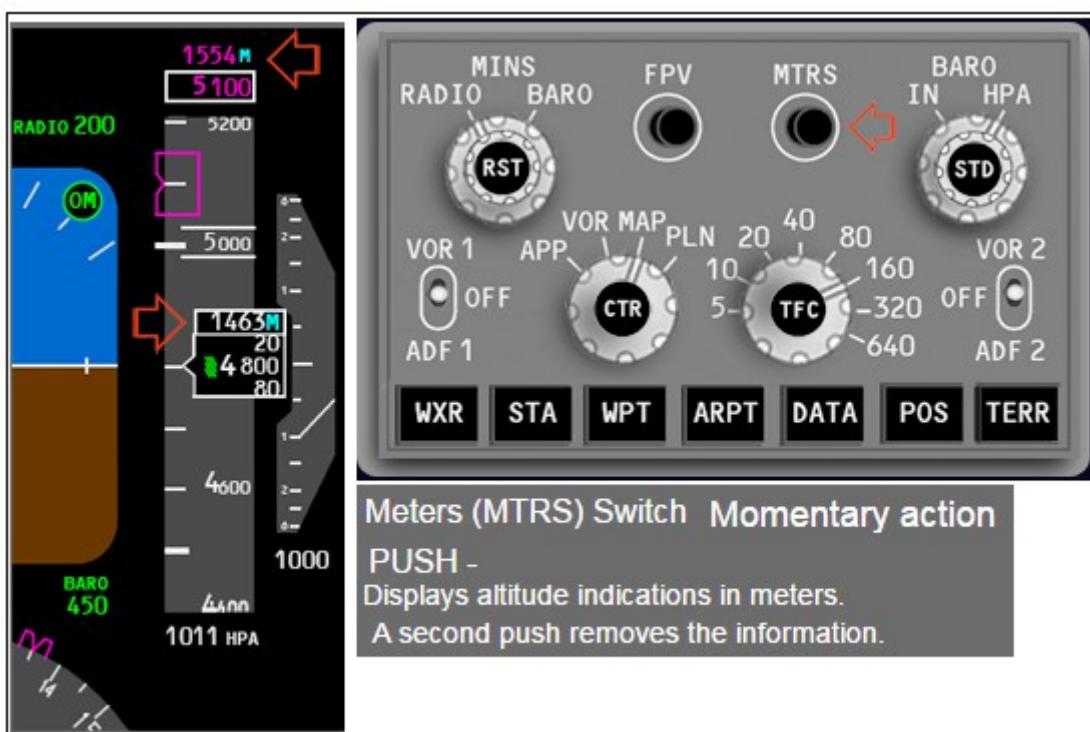
**POS (Position)**  
Displays IRS positions, GPS positions and VOR bearing vectors extended from the nose of the airplane symbol to the stations.

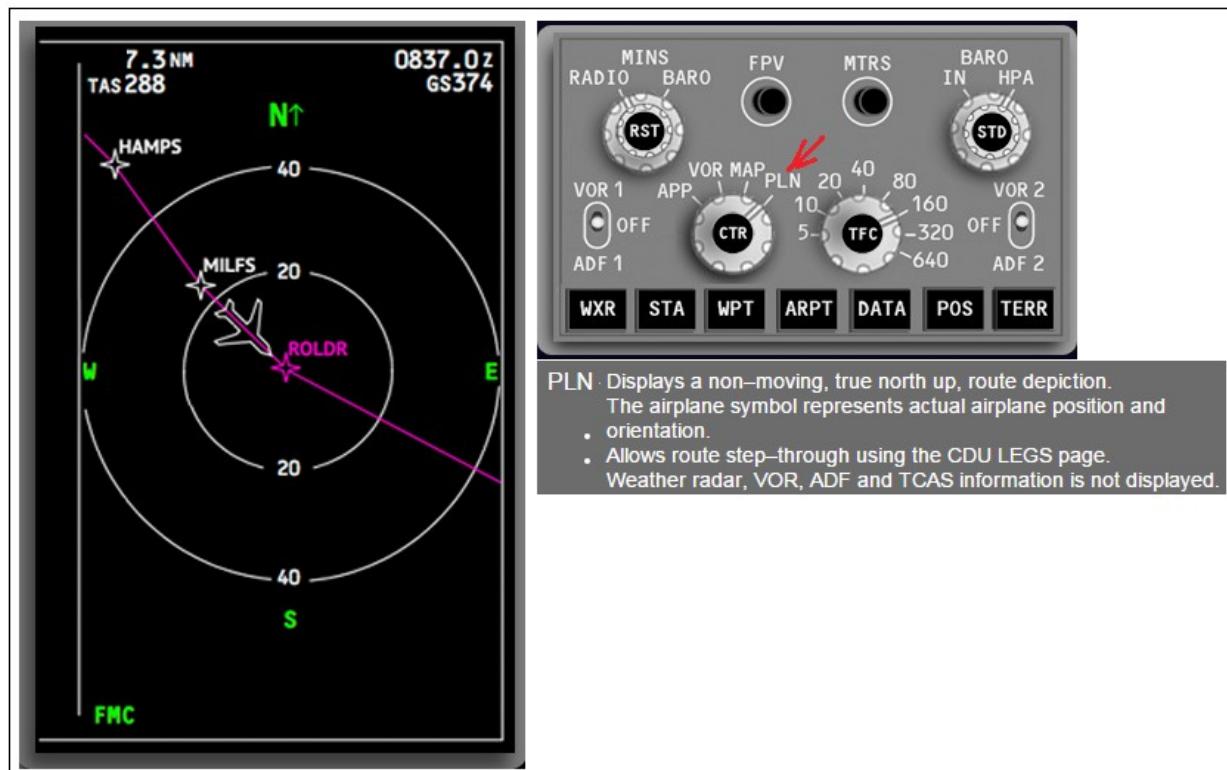
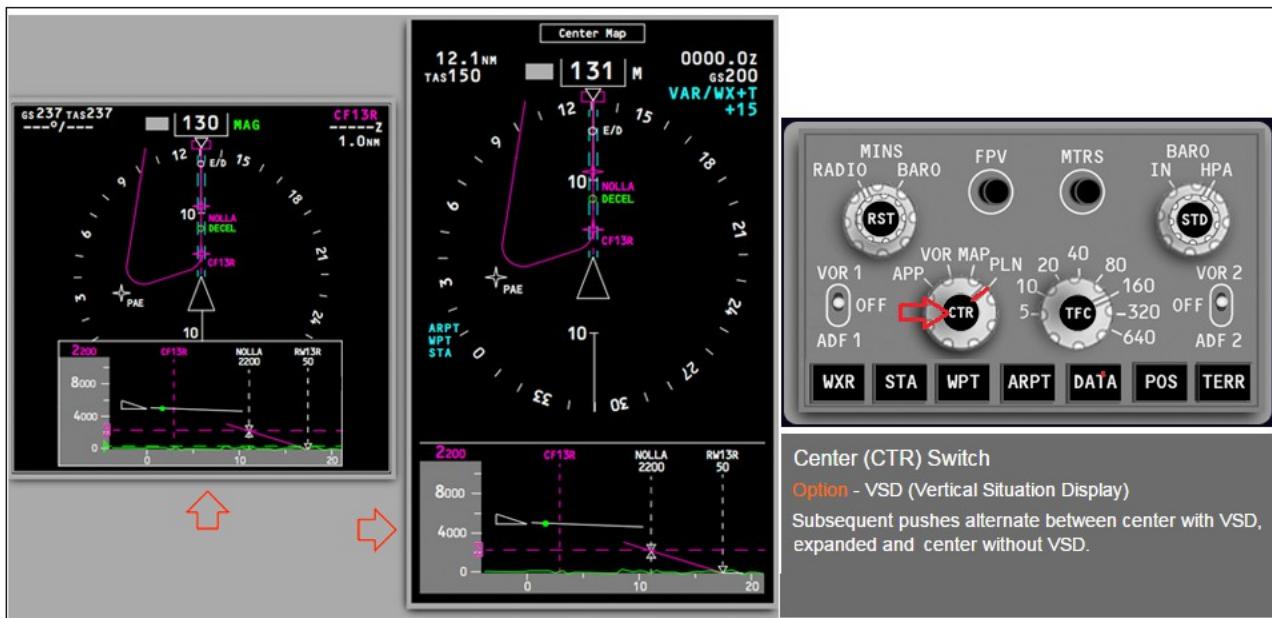
**TERR (Terrain)** – Displays GPWS generated terrain data in MAP, VOR, and APP modes.

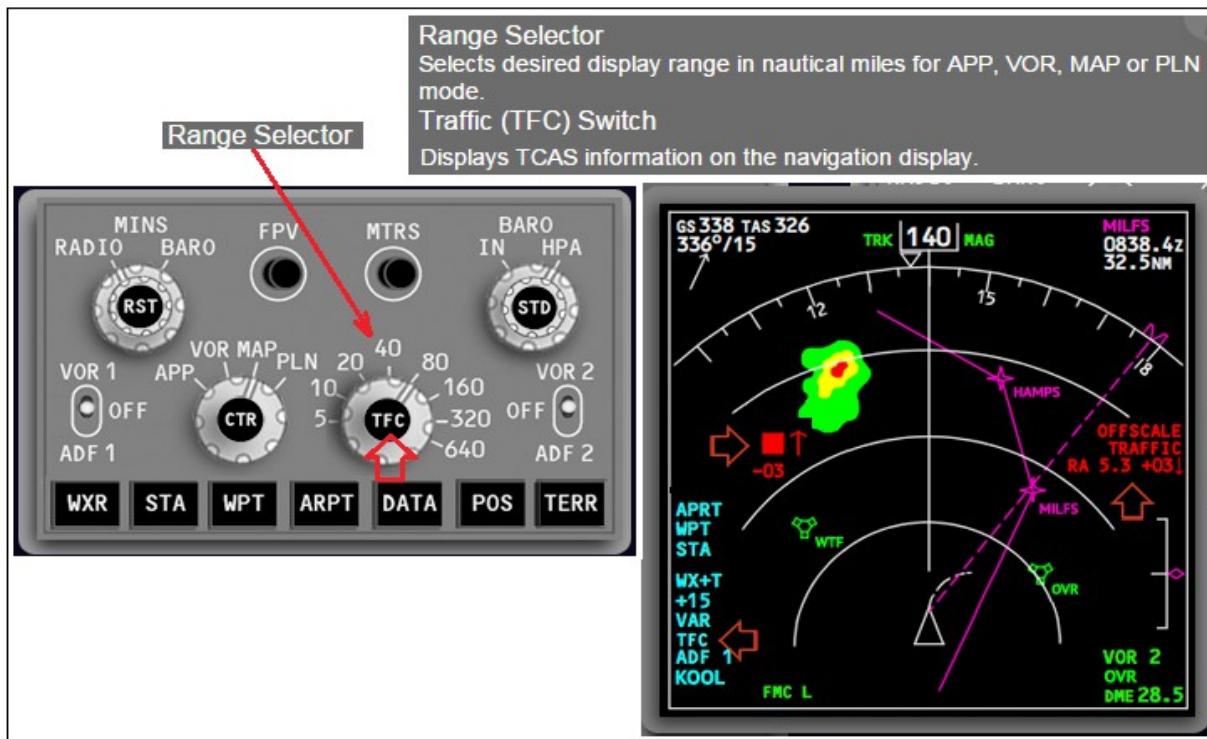


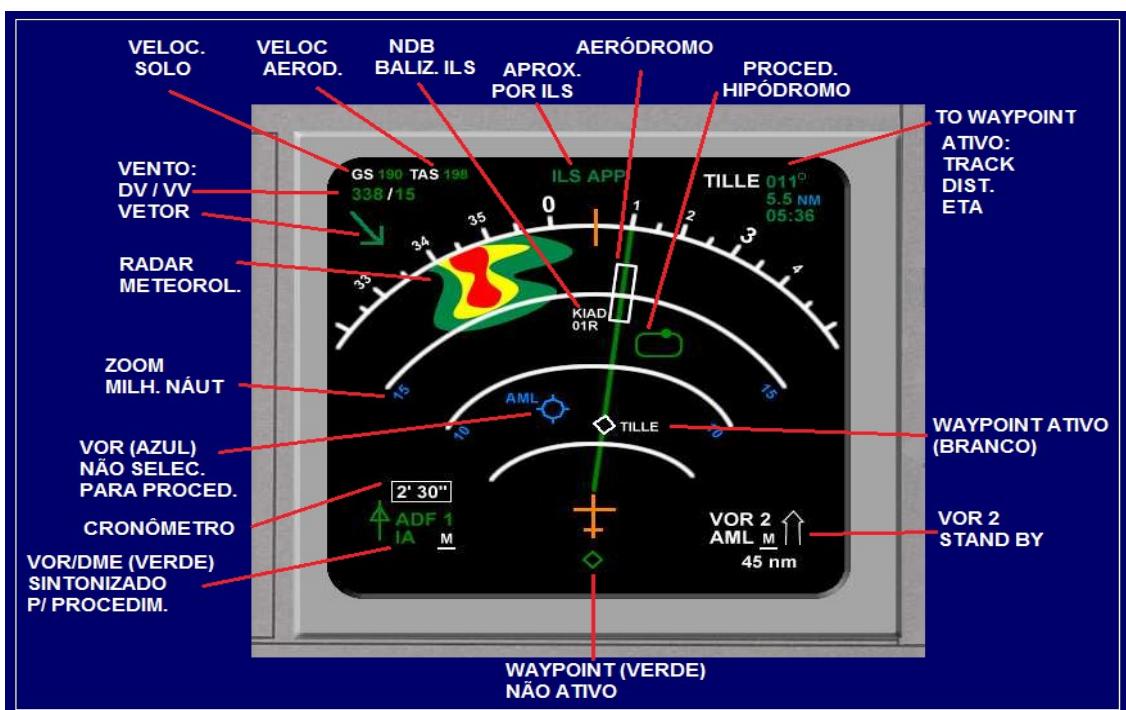
**Center (CTR) Switch**  
PUSH – Displays the full compass rose (center) for APP, VOR and MAP modes.  
Subsequent pushes alternate between expanded and center displays.

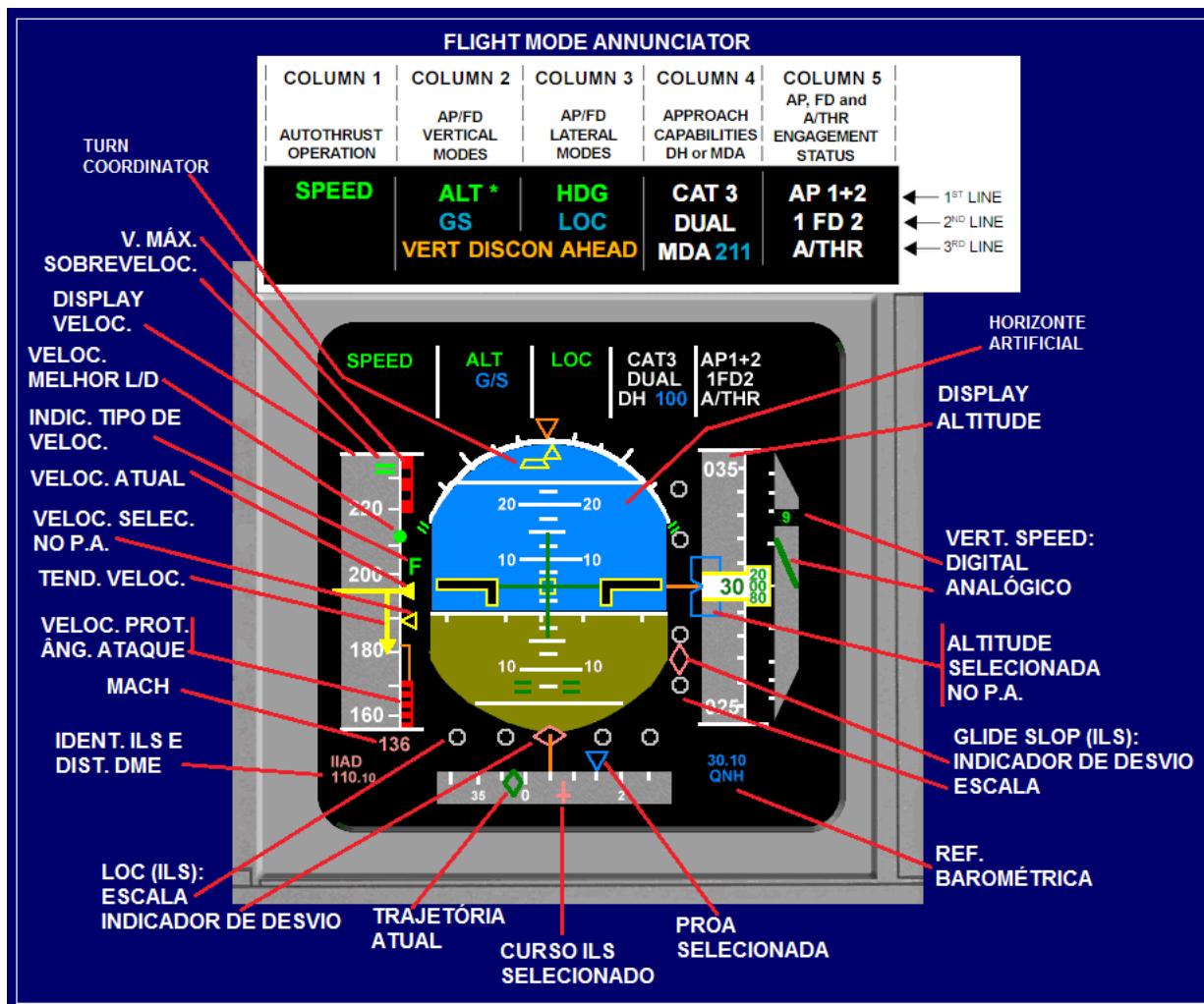




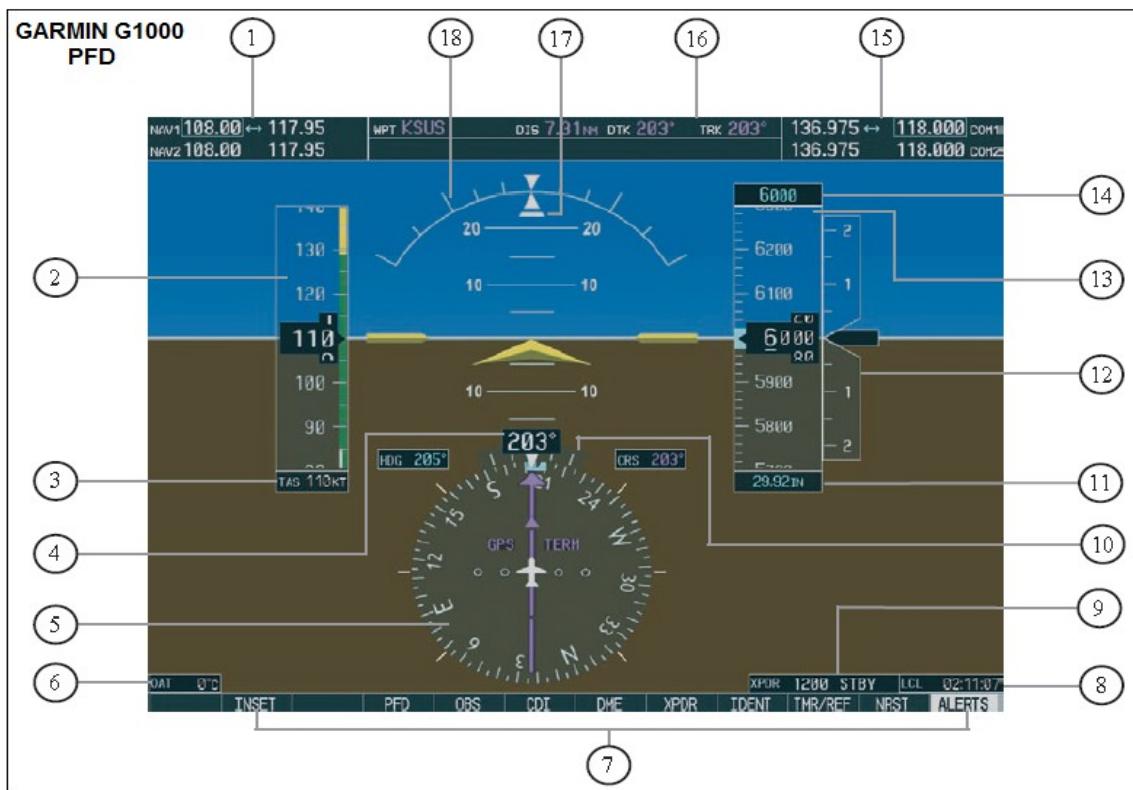


**FND – FLIGHT NAVIGATION DISPLAY****NAVIGATION MAP no GPS****PFD – PRIMARY FLIGHT DISPLAY**



## FLIGHT MODE ANNUNCIATOR

Auto Thrust Mode	Vertical Mode	Lateral Mode	Approach Capabilities	Auto flight Status
TOGA	SRS	RWY	CAT 1	AP 1
FLX 42	ALT	RWY TRK	CAT 2	AP 2
MCT	ALT*	GA TRK	CAT 3 SINGLE	AP 1+2
CLB	ALT CRZ	TRACK	CAT 3 DUAL	1FD2
IDLE	ALT CST	HDG	DH XXX	1FD
ASYM	V/S	NAV	MDA XXXX	FD2
A. FLOOR	CLB	LOC		1FD1
TOGA LK	DES	LOC*		2FD2
THR LK	OP CLB	APP NAV		2FD
MAN TOGA	EXP CLB			FD1
MAN FLEX	EXP DES			A/THR
MAN MCT	G/S			
THR MCT	FINAL			
THR CLB	V/S ± XXXX			
THR LVR	FPA ± XX			
THR SPEED				
THR IDLE				
SPEED	COMBINED MODES			
MACH	LAND			
LVR CLB	FLARE			
LVR MCT	ROLL OUT			
LVR ASYM	FINAL APP			
	FMA MESSAGES			
	USE MAN PITCH TRIM			
	MAN PITCH TRIM ONLY			
	DECELERATE			
	MORE DRAG			
	VERTICAL DISCON AHEAD			
	CHECK APP SEL			
	SET GREEN DOT SPD			
	SET HOLD SPEED			
	MACH SEL XX			
	SPEED SEL XXX			
MCT Maximum Continuous thrust				

**PFD no GPS**

- |                                    |                               |
|------------------------------------|-------------------------------|
| (1) NAV Frequency Window           | (10) Turn Rate Indicator      |
| (2) Airspeed Indicator             | (11) Barometric Setting Box   |
| (3) True Airspeed Box              | (12) Vertical Speed Indicator |
| (4) Heading Box                    | (13) Altimeter                |
| (5) Horizontal Situation Indicator | (14) Altitude Reference Box   |
| (6) Outside Air Temperature Box    | (15) COM Frequency Window     |
| (7) Softkeys                       | (16) Navigation Status Bar    |
| (8) System Time Box                | (17) Slip/Skid Indicator      |
| (9) Transponder Status Bar         | (18) Attitude Indicator       |

Default PFD Information GARMIN G1000

EOBT ... Estimated Off Block Time (Calços fora)

AOBT ... Actual Off Block Time

ETD ... Estimated Time of Departure (wheels up)

ATD ... Actual Time of Departure (wheels up)

ETA ... Estimated Time of Arrival (touch down)

ATA ... Actual Time of Arrival (touch down)

EONBT ... Estimated on block time

AONBT ... Actual on block time

ETD and ETA have *\*nothing\** to do with block times.

Taxi time for departures = ATD - AOBT

Taxi time for arrivals = AONBT - ATA

STD ... Scheduled time of departure

STA ... Scheduled time of arrival

### HEAD-UP GUIDANCE SYSTEM (HGS)

Um sistema óptico e eletrônico que gera e projeta informações de voo dentro do campo externo de visão do piloto. Ele apresenta dados primários de voo e de navegação que se sobrepõem à cena externa, incluindo a representação gráfica da pista de pouso e decolagem, nas operações de aproximação com utilização do sistema, em escala natural precisa (1:1).



**ACOMPANHAMENTO ONLINE DE VOOS COMERCIAIS**<http://www.flightradar24.com>