

Ricardo Rangel Salvador

**Controlador de Tráfego Aéreo
Supervisor de Controle Radar**

**Básico de
Navegação Aérea**

Créditos

Cópia de Cartas

Carlos Augusto do Nascimento

Auxiliar de digitação

Alexandre Couto Bernardo

Revisão

Antonio Sobral Pereira

Nota: Todos os cooperadores são Controladores de Tráfego Aéreo, trabalham em Controle de Aproximação Radar.

Sobre o Autor

Ricardo Rangel Salvador é Controlador de Tráfego Aéreo, exerce função de Supervisor de Controle de Aproximação Radar.

Participou como monitor em curso de Formação de Controladores Radar para Área Terminal em São José dos Campos, e da aula de Navegação Aérea para Controladores de Vôo.

Qualquer dúvida ou sugestão, envie e-mail para

rangel@amazon.com.br

Sua participação é muito importante, obrigado.

Prefácio

O presente documento tem como finalidade, dar uma visão geral dos diversos sistemas de orientação e navegação utilizados, primordialmente, na Aviação (geral e militar), possibilitando um posterior aprofundamento e atualização nos sistemas em uso ou que venham a ser usados.

São conceitos gerais e atualizados que lhe darão base para se orientar através dos instrumentos utilizados pelas aeronaves, nacionais e estrangeiras.

Foi procurada a concisão e a concentração das informações que estão disponíveis em outros manuais, todos editados pela DEPV, e utilizados pela aviação e pelos Serviço de Proteção ao Voo.

Sumário

Capítulo I - Fundamentos de Navegação Aérea

- Introdução
- Sistema de Coordenadas Planas
- Processos de Navegação
- Magnetismo Terrestre
- Proa, Rumo e Rota
- Triângulo de Velocidades
- Pé-de-galinha

Capítulo II - Básico de Navegação Aérea

- Introdução
- Navegação Rádio
- Linha de Posição
- Marcação
- NDB
- VOR
- DME
- ILS
- Auxílios Visuais

Capítulo III - Cartas Aeronáuticas

- Procedimentos de Aproximação por Instrumentos
- Procedimentos de Saída por Instrumentos
- Carta de Pouso
- Carta de Aproximação Visual
- Simbologia

Glossário

Referências Bibliográficas

Capítulo I

Fundamentos de Navegação Aérea

Nesta etapa encontraremos informações que são base para todo estudo de navegação, são conceitos gerais que serão necessários em todas as etapas seguintes, portanto deverão ser bem compreendidos.

INTRODUÇÃO

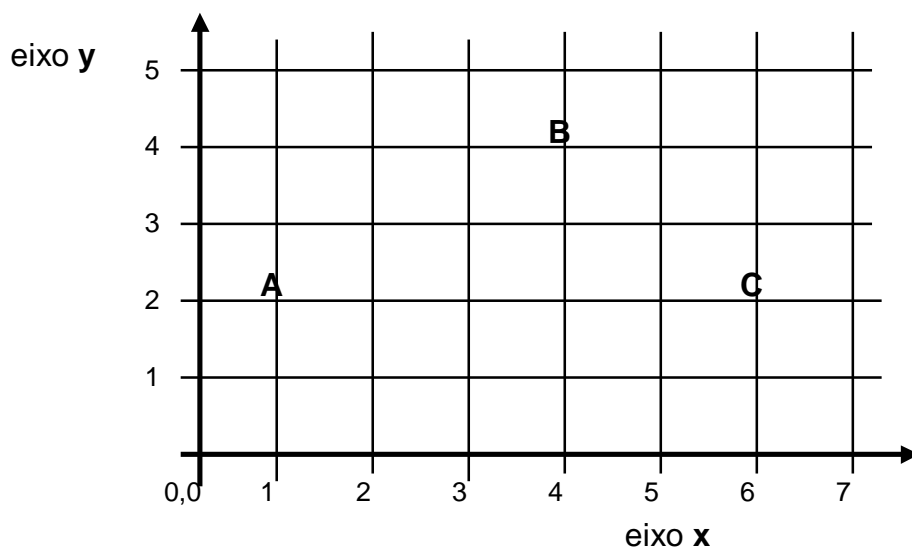
Para um deslocamento entre dois pontos é necessário a utilização de algum métodos. Nos primórdios, utilizava-se normalmente referências tais como: rios, córregos, árvores, pedras, montanhas, cavernas entre outras que permiti-se a orientação através do terreno. Desta forma começamos a navegar.

Posteriormente observou-se que os astros da abóbada celeste (principalmente o Sol) poderiam ser úteis na determinação da direção a seguir e até na estimativa de posição geográfica ocupada.

Na contínua evolução de sistemas de navegação, criaram-se instrumentos que tornaram mais seguras e menos complicadas a tarefa de orientação. Mas observamos que alguns elementos básicos permanecem os mesmos. O que importa é descobrir constantemente o local ocupado em relação à superfície terrestre (posição), e como se dirigir a outro ponto (direção a seguir). Isto é o que vamos ver nos Fundamentos de Navegação Aérea. Estes, como já disse, são conceitos básicos que vamos utilizar ao longo do nosso estudo.

Sistema de Coordenadas Planas

A necessidade de padronização de um sistema que permitisse facilmente a localização e orientação, fez com que o homem imaginasse um sistema de graticula ou gradeado sobre uma superfície plana. Teríamos assim linhas verticais e horizontais cruzando-se num ângulo de 90° e mantendo entre estas linhas paralelismo e distâncias iguais. Partindo-se de dois eixos arbitrários **x** e **y** e numerando-se todas as linhas coerentemente, verificamos que qualquer ponto deste plano poderá ser expresso matematicamente por dois algarismos. A esta representação chamamos de coordenadas planas.



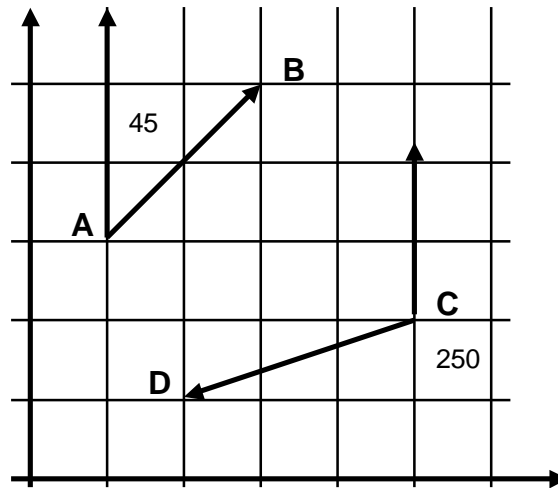
Coordenadas Planas:

ponto **A** (1,2)

ponto **B** (4,4)

ponto **C** (6,2)

Mas ao navegador importa, além da localização, determinar orientação (direção a seguir) entre dois pontos quaisquer. Podemos imaginar que as linhas verticais, sentido de baixo para cima, são direções de referência e, assim, qualquer direção tomada neste plano formará com a direção de referência um valor angular compreendido entre 000° e 360° , ou seja, o ângulo será medido no sentido horário, a partir da direção de referência até a direção pretendida.



Direção AB = 045

Direção CD = 250

Direção não é propriamente um ângulo, mas este pode ser utilizado para expressar um sentido de deslocamento.

Devemos notar que este sistema de localização e orientação foi criado sobre superfície plana, mas o navegador fará vôos em torno da Terra, que sabemos ser esférica. Então teremos outro sistema de gradeado, parecido mas não igual ao estudado.

Processos de Navegação

Para determinação de dois elementos básicos: posição em relação à superfície terrestre e direção a seguir, o navegador poderá se valer de diversos meios ou processos a saber:

a) Navegação Visual, por Contato ou Praticagem

É aquele em que se utiliza referências visíveis na superfície terrestre, tais como: estradas de ferro, de rodagem, rios, lagos, montanhas, ilhas, cidades, vilas, etc... É o mais utilizado pelos principiantes da aviação;

b) Navegação Estimada

Neste processo a condução da aeronave vale-se de instrumentos de bordo tais como: bússola, velocímetro, altímetro, relógio; considerando-se a direção e distância voada a partir de um ponto de referência conhecido.

Este método é o básico de todos os outros mais sofisticados;

c) Navegação Rádio ou Rádio-navegação

Consiste em determinar a posição geográfica e orientação de uma aeronave, por meio de equipamentos emissores de ondas de rádio instalados no solo e receptores instalados a bordo das aeronaves. Sabendo-se o auxílio e sua posição pode-se determinar a rota. Como exemplo temos os rádio-faróis, broadcasting, vor, etc...;

d) Navegação Eletrônica

Baseado em equipamentos eletrônicos, localizados exclusivamente a bordo das aeronaves, tem funcionamento autônomo, isto é, independem de outros auxílios do solo. Como por exemplo os sistema inercial (INS), Doppler, etc...;

e) Navegação Astronômica ou Celestial

Processo bastante conhecido pelos marítimos onde as referências são astros da abóbada celeste, que observados com equipamento próprio, fornecem posição de um observador na superfície terrestre;

f) Navegação por Satélite

Um dos mais modernos e mais precisos métodos de navegação e orientação, baseia-se em diversos satélites distribuídos em órbitas específicas, que através de processos de triangulação, determinam não só a posição como, com o auxílio dos receptores de bordo, podem determinar a velocidade, deslocamento, e uma infinidade de outras informações referentes ao vôo. Sem dúvida será, em breve, o principal sistema de navegação aérea.

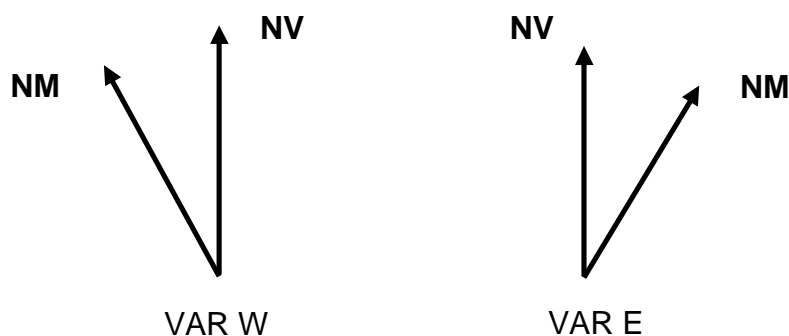
Magnetismo Terrestre

A terra é cortada por diversas linhas magnéticas, como um gigantesco imã, estas linhas tem características que possibilitou a construção do primeiro grande recurso de navegação, que em virtude da sua simplicidade, logo se universalizou, a bússola magnética.

Essas linhas magnéticas não se cruzam nem se interrompem, isto nos dá cobertura em, praticamente, qualquer lugar do planeta. O magnetismo terrestre em qualquer lugar é medido, pela determinação da direção e intensidade do campo magnético. Os dois valores variam com o tempo e o local onde são observados, entretanto, a variação que nos interessa é apenas a de direção.

Na terra existem dois pontos de concentração magnéticas, uma ao Norte e outra ao Sul, estes são chamados, respectivamente, polo Norte Magnético (próximo ao Polo Norte Verdadeiro), e polo Sul Magnético (próximo ao polo Sul Verdadeiro), as linhas de força tendem a se dirigirem de um a outro polo. Entretanto estas linhas de força sofrem interferências, entre outras coisas, em virtude da concentração desuniforme de minerais, principalmente ferrosos, no subsolo provocando desvios nestas linhas.

Sendo assim, em determinado lugar da superfície poderemos encontrar valores diferentes entre a direção do NV (norte verdadeiro) e a direção do NM (norte magnético), esta diferença é denominada de **Declinação Magnética**(VAR). Esta **VAR** pode assumir valores de 0° a 180° para **E** ou **W**. Se o NM está a esquerda do NV a VAR é W, quando a direita é E, e se as direções coincidirem é nula.



Como as informações das cartas são baseadas no NV e os instrumentos de bordo são orientados a partir do NM, necessitamos conhecer a VAR de um determinado local para que possamos encontrar o rumo magnético que pretendemos voar. Por isso, nas cartas, os pontos com a mesma declinação magnética, numa mesma linha de força, são mostrados por uma linha tracejada e são chamadas de **Linhas Isogônicas**.

Quando estas linhas indicam variação nula são chamadas de **Linhas Agônicas** e são representadas por um duplo tracejado e no seu interior a inscrição "NO VARIATION".

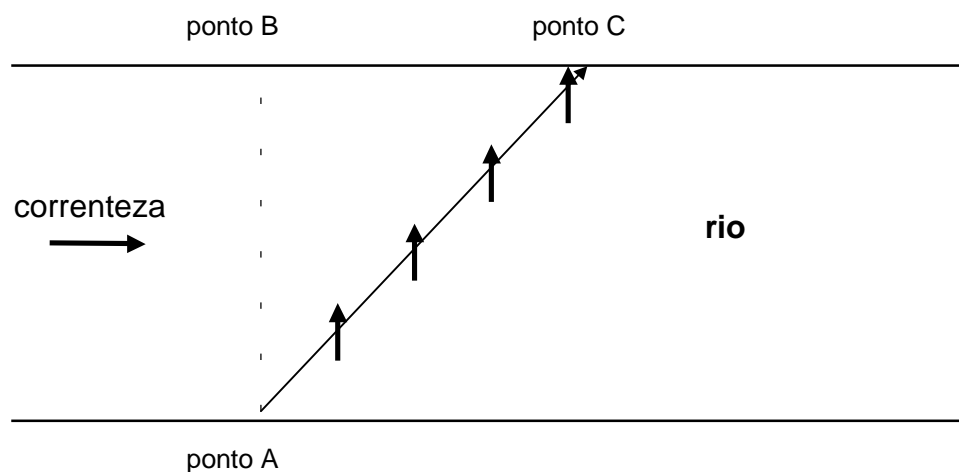
As VAR não são constantes, sofrendo mudanças com o tempo, por isso a necessidade de verificar se as cartas utilizadas estão atualizadas.

Proa, Rumo e Rota

A correta orientação de uma aeronave em vôo é fator essencial quando se deseja um deslocamento de um ponto a outro. A aeronave é envolvida por massa de ar, que normalmente está em movimento, fato conhecido com vento. O vento é um agente que influirá diretamente na determinação de orientação de uma aeronave.

O efeito do vento sobre a direção seguida por uma aeronave em vôo é comparável ao da correnteza de um rio sobre um barco que procura atravessá-lo.

Durante a travessia, a correnteza desviará o barco da trajetória e este atingirá a margem oposta em um ponto diferente do inicialmente pretendido.



AB - trajetória pretendida
AC - trajetória percorrida

Com um aeronave em vôo, este efeito será o mesmo em virtude do deslocamento da massa de ar. Passaremos então a definir três elementos da navegação aérea:

Proa - é a direção do eixo longitudinal de uma aeronave;

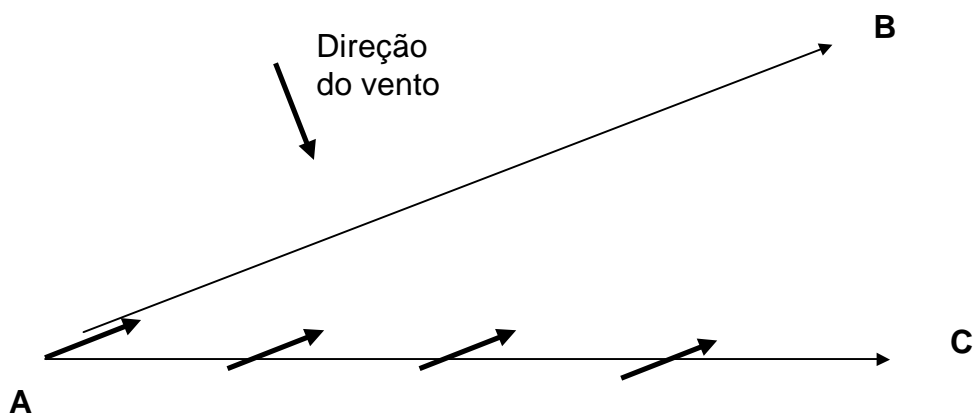
Rota - é a projeção, na superfície terrestre, da trajetória prevista ou percorrida por uma aeronave;

Rumo - é a direção da rota.

Imaginemos agora um deslocamento de uma aeronave com influência de um vento lateral.

A aeronave saiu do ponto **A** com proa **B**. Durante o vôo, sofre influência de vento pela esquerda fazendo com que a mesma não siga a trajetória **AB**, mas sim a trajetória **AC**. Verifica-se que o vento atua na aeronave sem modificar a proa, e sim fazendo com que ela “derrape” no espaço.

A direção **AB** é a proa da aeronave.
A linha **AC** representa a rota voada.
A direção da linha **AC** representa o rumo.



Este efeito recebe o nome de **Deriva**, e pode ser calculado pelo ângulo formado entre a proa da aeronave e o rumo seguido.

Para conseguir voar no rumo pretendido, sob ação de vento, o piloto deve compensar a ação do vento movendo a proa da aeronave no sentido oposto ao deslocamento do vento, até que o seu efeito seja neutralizado. A isto damos o nome de **Correção de Deriva**, que pode ser calculado pelo ângulo formado entre o rumo pretendido e a proa corrigida.

Triângulo de Velocidades

Além de causar a deriva, o vento também terá influência sobre a velocidade da aeronave.

O equipamento de bordo indica a velocidade em relação ao fluido em que está imerso, o ar, portanto esta indicação sofre influência do deslocamento do próprio fluido, o vento. Esta velocidade recebe o nome de Velocidade Aerodinâmica (**VA**).

Para calcularmos a velocidade em relação ao solo temos que compensar a componente do vento que atua no eixo longitudinal da aeronave. Mesmo que o vento não seja de proa ou de cauda, sempre poderá haver uma componente num destes sentidos. A esta velocidade resultante chamamos Velocidade Solo (**VS**).

O terceiro elemento deste triângulo é o próprio **Vento**, que tem direção e intensidade que atuarão no deslocamento da aeronave, como já foi visto anteriormente.

Exemplo:

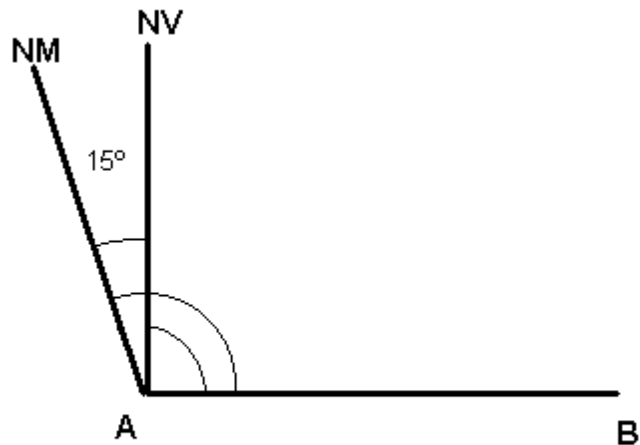


NOTA: Neste caso o vento é de proa, portanto deve ser reduzido da VA.

Durante o vôo é necessário que estes três elementos sejam considerados constantemente, a fim de que se possa manter o rumo desejado e se possa calcular a correta posição e estimados da aeronave. O mais importante é ter em mente que a não observância destes componentes pode colocar a aeronave em local e situação não desejados.

Pé-de-galinha

O pé-de-galinha ou calunga é um artifício gráfico muito utilizado pelo navegador para determinar direções de proa e rumo. Como já vimos anteriormente, um vôo será planejado inicialmente sobre uma carta aeronáutica, onde poderá ser medido um valor angular do meridiano até a rota pretendida. Como os equipamentos de bordo fornecem direções referidas ao Norte Magnético, precisamos converter o valor lido na carta. Esta conversão será feita somando ou subtraindo a VAR da região voada (obtida na carta através da linha isogônica).



Supondo uma aeronave com uma determinada proa (**AB**), com uma leitura de proa verdadeira **090°**, conhecendo-se a VAR do local (**15° W**) podemos calcular a Pmg desta aeronave, que será:

$$\text{Pmg} = 090 + 15 \Rightarrow \text{Pmg} = 105^\circ$$

A linha AB pode representar uma proa, um rumo, rota, ou qualquer outra direção que necessitarmos determinar. A soma ou subtração será determinada pelo lado em que se encontra a VAR (E ou W). Deve-se ter muita atenção na representação dos dados no pé-de-galinha, pois a inversão de qualquer deles provocará erros muito significativos.

Capítulo II

Básico de Navegação Aérea

Introdução

A seguir teremos informações sobre o sistema de navegação rádio, ou rádio-navegação, que permite ao piloto orientar-se a partir de rádio-auxílios instalados ao longo da rota e aeroportos que operam por instrumentos. Este conhecimento permitirá que você compreenda o funcionamento dos principais equipamentos e como eles devem ser interpretados a fim de se conseguir orientar a partir deles.

Navegação Rádio

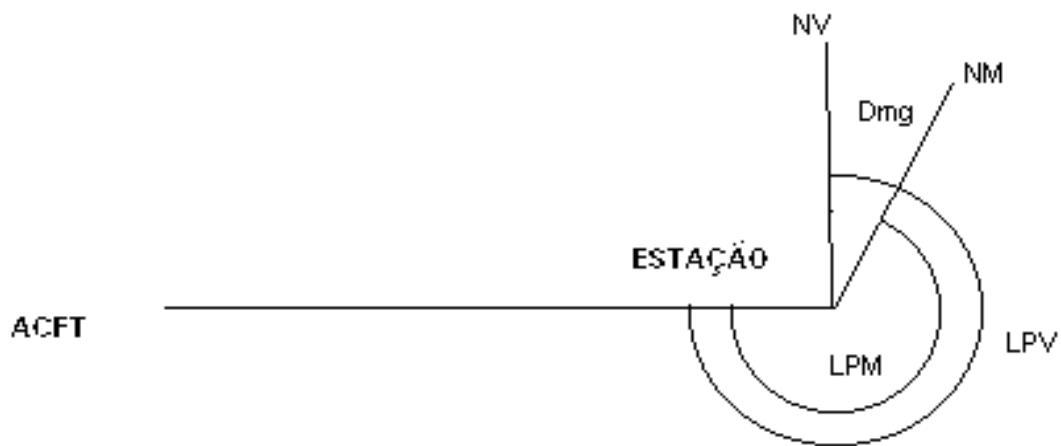
Consiste em determinar a posição geográfica e orientação de uma aeronave, por meio da interpretação de mostradores no painel, da direção de ondas de rádio emitidas por estações terrestres de posição conhecida. Como exemplo teríamos estações broadcasting, rádio-farol, VOR, etc...

Nos diversos sistemas de navegação rádio implantados atualmente, existem elementos básicos comuns a todos, que estudaremos a seguir:

Linha de Posição

É uma linha que liga uma estação ou ponto de referência à uma aeronave. Como esta linha possui direção, normalmente será expressa por um valor angular medido no sentido NESO (Norte, Este, Sul e Oeste), a partir da direção Norte (verdadeiro ou magnético) que estiver passando pela estação. Se o ângulo medido é a partir do NV, chamamos o valor de Linha de Posição Verdadeira (LPV) e se for a partir do NM, de Linha de Posição Magnética (LPM). Observe a figura a seguir.

LINHA DE POSIÇÃO

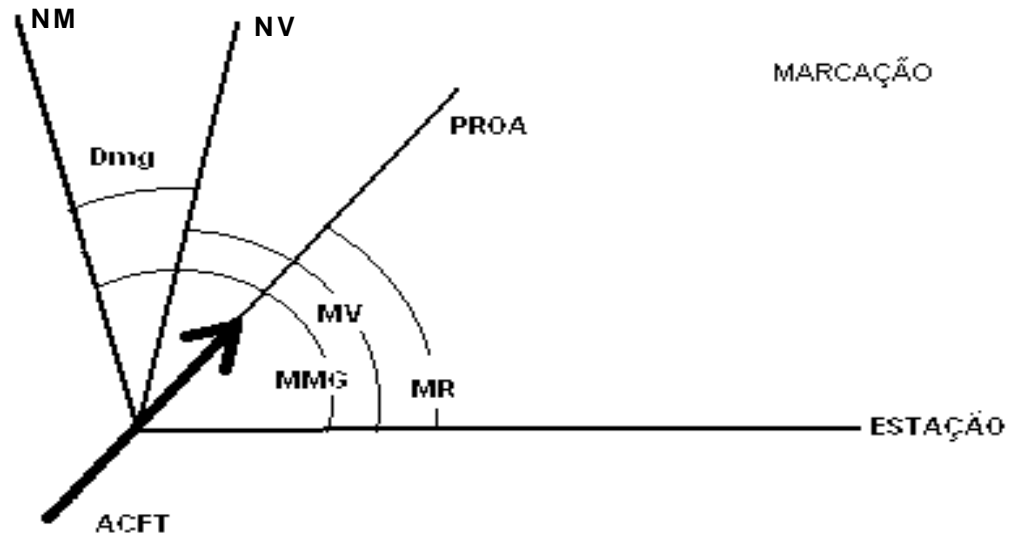
Marcação

É uma linha que liga uma aeronave à uma estação ou ponto de referência. Do mesmo modo que a linha de posição, a marcação poderá ser expressa por um valor angular medido no local onde está a aeronave. Assim sendo, teremos:

Marcação Relativa (MR) ou Bearing (BRG) - é o valor angular medido no sentido horário, da proa até a linha de marcação.

Marcação Verdadeira (MV) - é o valor angular medido do NV que passa pela aeronave até a linha de marcação no sentido NESO.

Marcação Magnética (MMG) - é o ângulo obtido do NM até a linha que liga a aeronave à estação no sentido horário.



Partindo deste gráfico podemos deduzir as seguintes fórmulas:

$$\begin{aligned} MV &= PV + MR \\ MMG &= PM + MR \\ LPM &= MMG \pm 180 \\ LPV &= MV \pm 180 \end{aligned}$$

NDB - Nondirectional Beacon (Rádio-farol não direcional)

Consiste de uma auxílio do gênero radial que opera na faixa de 200 a 415 KHz, e em alguns casos entre 1605 e 1800 KHz.

A identificação dos rádio-faróis é fornecida por um sistema audível em código morse, constando de duas ou três letras, irradiadas periodicamente a pequenos intervalos.

Receptor de bordo

Na aeronave o receptor é o rádio compasso ou **ADF** (Automatic Direction Finding) e também **RMI** (Radio Magnetic Indicator). É composto por uma caixa de controle, seleção, sintonia e indicadores.

Este tipo de instrumento indicará a **MR**. O zero da escala está orientado para a proa da aeronave.



Radiogoniometria

É o conjunto de processos destinados a medir direções e determinar posições com o emprego de ondas de rádio emitidas por transmissor de baixa ou média frequência, de posição conhecida.

Os rádio-faróis utilizados para navegação entre dois pontos, tem suas antenas transmissoras construídas de tal maneira que os sinais não serão recebidos em sua parte superior, ocasionando o que chamamos de 'Cone de Silêncio'. A passagem sobre este cone de silêncio caracteriza o bloqueio da estação. Normalmente, os valores de rumo magnético para se aproximar de uma estação NDB são chamados de **QDM** e para se afastar, **QDR**. Voar através de um mesmo QDM não é tão fácil quanto possa parecer, pois, se tivermos ação de um vento lateral enquanto mantemos a estação na proa, a aeronave descreverá uma trajetória curva conhecida como 'Curva do Cão', até atingir o bloqueio da estação.

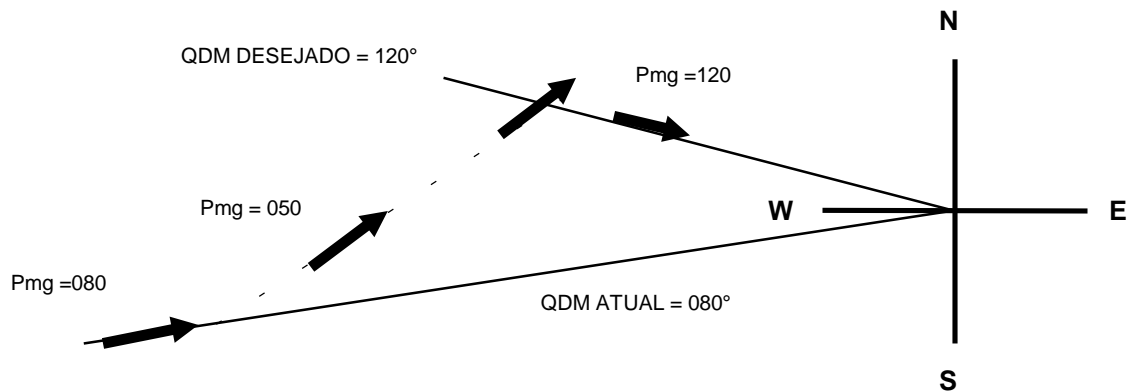
NOTA: QDM é o mesmo que MMG e **QDR** é o mesmo que LPM.

Mudança de QDM/QDR

Mudança de QDM

Mudar o QDM de uma aeronave permite ao controlador ou ao piloto dirigi-lo para o bloqueio de uma estação NDB, por um setor mais adequado a topografia local, assim, como ajustá-lo com o rumo de afastamento ou de aproximação de um procedimento de descida. Outra utilidade deste processo é o de poder desviar a aeronave de outros tráfegos, ou ainda, de formações meteorológicas adversas.

O processo é muito simples e consiste de curvar a aeronave à direita ou esquerda, para uma proa cujo valor será igual ao QDM atual mais ou menos 30 (trinta) graus ($Pmg = QDM \text{ atual} \pm 30^\circ$). A aeronave manterá a proa até a indicação do QDM desejado, quando deverá ser orientada para a proa da estação.

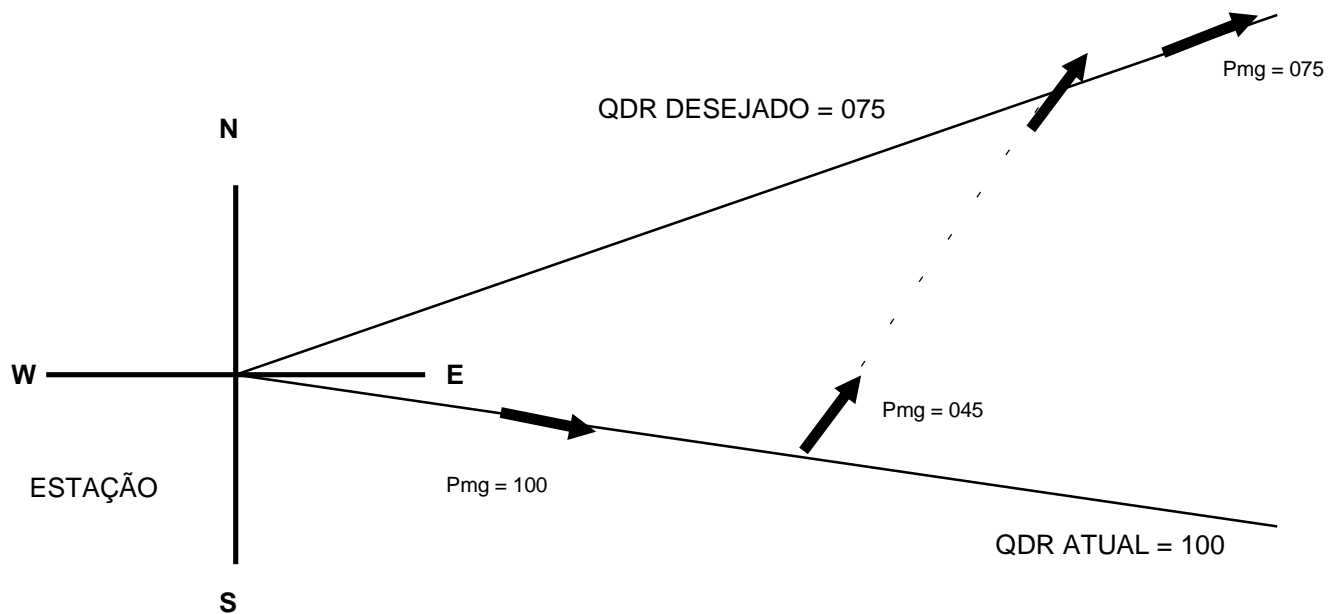


Mudança de QDR

Todas as situações que justificam uma mudança de QDR, são utilizáveis para uma mudança de QDR, porém, teremos que raciocinar agora, com uma aeronave afastando-se da estação. O processo é o seguinte:

- 1 - Define-se de que lado está o QDR desejado;
- 2 - Efetua-se curva para o lado do QDR desejado;
- 3 - O valor da proa será igual ao QDR desejado mais ou menos trinta graus ($Pmg = QDR \text{ desejado} \pm 30^\circ$);
- 4 - Mantêm-se a proa até a indicação do novo QDR, quando então será efetuada a inter-ceptação.

A figura seguinte mostra uma aeronave no QDR 100°, efetuando uma mudança para o QDR 075°.



VOR - Very High Frequency Omnidirectional Range

É utilizado em radiogoniometria com muitas vantagens sobre o NDB. O VOR, por ser um equipamento de frequência muito alta apresenta as seguintes vantagens sobre o NDB:

- Curso firme;
- não sofre influências por parte das condições atmosféricas;
- elimina cálculos difíceis e demorados;
- não dá bloqueio falso;
- não sofre o efeito noturno;
- é mais preciso; e
- elimina a curva do cão.

O transmissor do VOR opera nas frequências de 108.0 MHz à 117.9 MHz, sendo que de 108.0 a 112.0 MHz opera somente com decimais pares, e de 112.1 a 117.9 MHz nos decimais pares e ímpares. A identificação da estação é fornecida por um sinal auditivo modulado em código morse, com três letras. O alcance dos sinais, superior ao de um NDB, dependerá da localização e instalação da antena, que de preferência, deverá estar livre de qualquer obstáculo num raio de 300 m.

O equipamento VOR é utilizado como balizamento de aerovias, ou seja, na navegação em rota, e também nas aproximações, como auxílio básico de procedimentos. Normalmente, em virtude da alta frequência não acompanhar a curvatura da superfície terrestre, o alcance para a recepção do sinal de um VOR dependerá da altitude que a aeronave se encontra, quanto mais alto melhor.

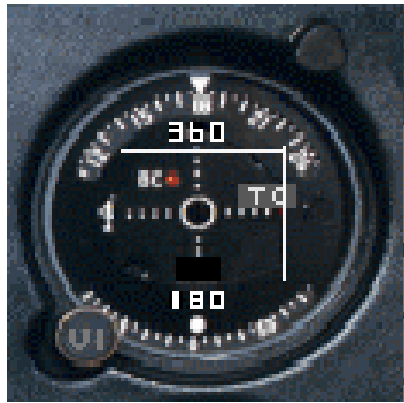
Receptor de bordo

Dentre os instrumentos de bordo indicadores de sinal de uma estação VOR, temos o Indicador Rádio Magnético (**RMI**) e o Indicador de Curso (**VHF-NAV**), sendo que o primeiro, ainda nos fornece indicação de sinal de estação NDB. O Indicador de Curso (VHF-NAV) é também utilizado para indicação simultânea de trajetória de planeio nos procedimentos ILS, conforme veremos mais adiante.

No indicador de bordo teremos basicamente:

- Seletor de Curso ou OBS (Omni Bearing Selector) - botão onde o piloto selecionará o curso que pretende voar.
- Indicador de Desvio de Curso (ID ou CDI) - Barra vertical que se desloca horizontalmente e que indica a posição da radial selecionada em relação a aeronave.

- Indicador de Ambigüidade (IA) - Janela onde aparece a palavra TO ou FROM que indicará se o piloto voa PARA ou DE um estação VOR, referente ao rumo selecionado.
- Bandeira de Alarme (OFF) - que aparecerá quando o equipamento estiver desligado ou não apresentar confiabilidade nas marcações.



VHF-NAV (VOR/ILS)



RMI



VHF-NAV (VOR)

OBS

INDICADOR DE AMBIGUIDA

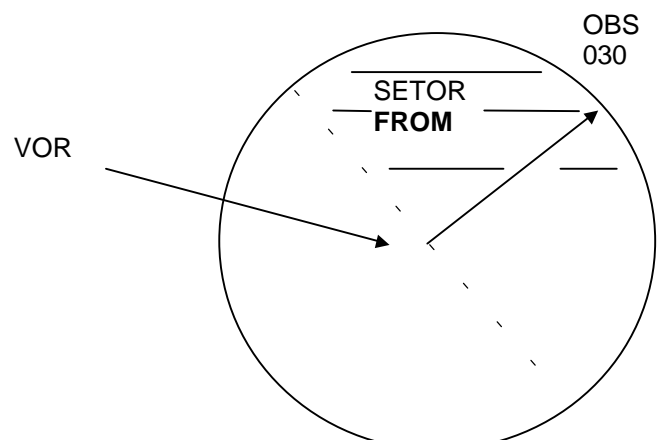
INDICADOR DE DESVIOS

Interpretação do Indicador de Ambigüidade (IA)

Inicialmente seleciona-se o rumo desejado e faz-se uma perpendicular (90°) à direita e à esquerda deste rumo. A aeronave no setor da radial terá indicação **FROM**, e no setor oposto, indicação **TO**.

Veja o exemplo abaixo:

OBS = 030°



No sentido horário teremos:

de 300° a 120° = FROM

de 120° a 300° = TO

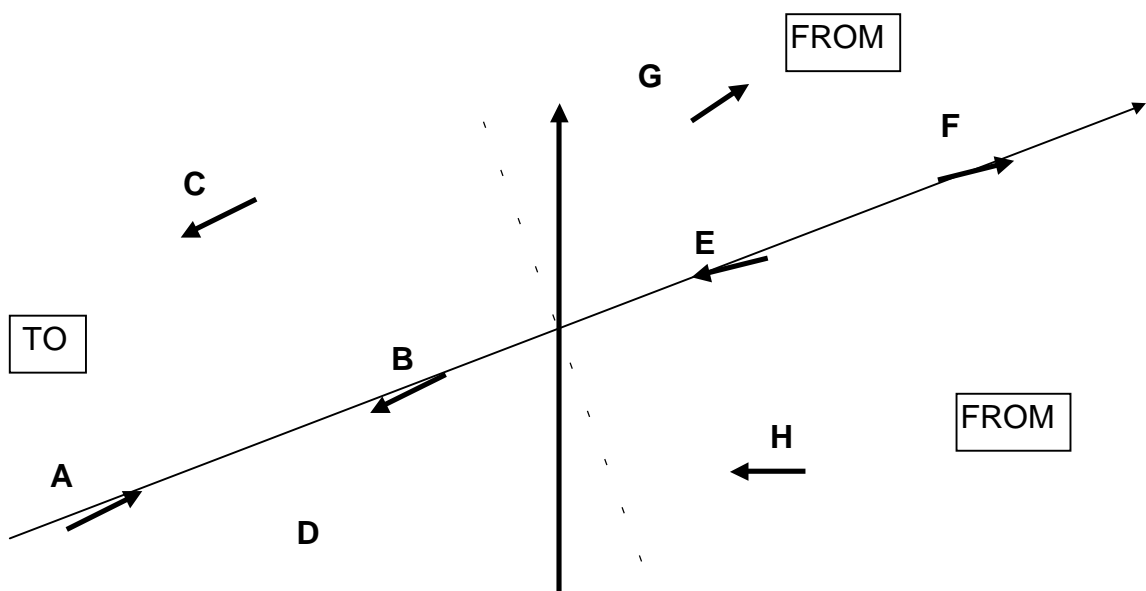


Interpretação do Indicador de Desvio de Curso (ID)

Para interpretarmos corretamente o ID, temos que nos posicionar em relação curso selecionado, lembrando que este curso é tomado em relação a um VOR. Quando a aeronave estiver a esquerda deste curso, o ID ficará a direita e vice-versa. Podemos imaginar que a barra ID é um segmento do curso selecionado (OBS).

Este comportamento do ID independe da proa magnética que a aeronave está voando, mas, logicamente, se queremos interceptar um rumo qualquer devemos estar com uma proa magnética diferente deste no máximo de 90°. Diferenças maiores que noventa graus significam manobras invertidas com a aeronave.

Veja o esquema a seguir:





TO



A



E



B



F



C



G



D



H

Vamos analisar dois exemplos esclarecedores:

A aeronave na posição **D** quer voar no OBS 070° está com proa aproximadamente de 100°, o ID está a esquerda, indicando que ela está a direita do rumo desejado, portanto ela fará curva para a esquerda para interceptá-lo.

A aeronave na posição **C**, com OBS 070°, e proa de 240° aproximadamente, está com o ID a direita, indicando que a aeronave está a esquerda do curso, mas para interceptação ela terá que curvar a esquerda, se quiser interceptar o curso 070°. Ai está o risco. A tendência natural é seguir a barra do ID, portanto cuidado.

DME - Distance Measuring Equipment

O equipamento medidor de distância veio como complemento para se descobrir a posição da aeronave em relação a um auxílio. Para se descobrir a posição da aeronave sem o auxílio do DME, era necessário uma série de cálculos e algumas vezes utilizar mais de uma estação terrestre, já que de uma estação só se obtém a LPM mas não em qual local desta linha a aeronave se encontra. Com a utilização do DME, a aeronave tem fornecida em mostradores, a sua distância em relação a estação, constantemente.

Este auxílio consiste de um transmissor de bordo chamado de **interrogador**, que emite pares de pulsos de energia a intervalos regulares e que são captados pela estação terrestre. Esta estação, denominada **transponder**, responde à emissão do interrogador também em pares de pulsos, só que a intervalos e frequências diferentes. O intervalo de tempo gasto pela ida e volta dos pulsos é então transformado em unidade de distância (milha náutica) pelo computador acoplado ao equipamento e mostrado visualmente ao piloto no painel. A faixa de operação é de 960 a 1215 MHz (UHF). É bom lembrar que esta distância eletronicamente medida, é da linha de visada que une a aeronave a estação, causando pequenos erros quanto à posição geográfica, em virtude da curva da superfície terrestre e também da altitude da aeronave.

O uso do DME como auxílio à navegação traz muitas vantagens para pilotos e controladores. Dentre elas podemos citar:

- diminuir a separação entre aeronaves equipadas adequadamente.
- rotas em arcos podem ser estabelecidas para prover separações, ou ainda, para que determinado tráfego contorne um área ou setor.
- pode ser usado para delimitar esperar em qualquer lugar do espaço aéreo coberto pelo equipamento.

- permite ao piloto a plotagem constante de sua posição, eliminando cálculos demorado.

No Brasil as estações DME operam, geralmente, acopladas à estações VOR, com seleção automática de frequência através de canais.

ILS - Instrument Landing System

O mais perfeito e preciso sistema de navegação em rota não teria finalidade, se no aeródromo de destino não houvesse um perfeito e seguro processo de aproximação e pouso. Para resolver este problema foi desenvolvido o ILS.

Vale ressaltar que tamanha foi a melhoria introduzida nos padrões operacionais das aproximações por instrumentos, que hoje em dia o ILS é o equipamento de pouso mais usado em todo o mundo.

O equipamento ILS, por ser um auxílio de aproximação e pouso, atende apenas a pista para o qual está instalado.

Originalmente o ILS era constituído de três elementos básicos:

- 1 - LOCALIZER - fornece orientação, num plano horizontal, para o eixo de uma determinada pista. A antena deste equipamento fica instalada na cabeceira oposta a de pouso.
- 2 - GLIDE PATH - indica a trajetória de planeio, num plano vertical, segundo um ângulo correto de descida. Esta antena é instalada na lateral da pista, próximo ao ponto de toque.
- 3 - MARKERS - fornecem posição acurada em pontos da trajetória de aproximação. São instalados ao longo da aproximação final.

OM - Outer Marker (marcador externo)

MM - Midle Marker (marcador médio)

IM - Inner Marker (marcador interno)

Estes três elementos iniciais foram submetidos a contínuos estudos e diversos melhoramentos foram assim introduzidos, além de outros equipamentos auxiliares terem sido acoplados aos originais, de forma a aumentar a segurança.

Atualmente, já estão inseridos como auxílios adicionais do ILS, os seguintes componentes:

- a) COMPASS LOCATORS (LOM) - rádio-faróis de baixa frequência, usados para auxiliar nos procedimentos de espera e transição.
- b) ALS - VASIS - PAPI - sistema de luzes que fornecem orientação visual da trajetória de planeio, mesmo sob visibilidade reduzida.
- c) DME no LOCALIZADOR - fornece continuamente a distância da pista durante a aproximação.

A frequência de operação do LOCALIZADOR é de 108.0 a 112.0 MHz, utilizando somente os decimais ímpares. A identificação é composta por três letras, onde a primeira invariavelmente é I, seguida de duas letras que correspondem à abreviatura do local onde o ILS está instalado. O Glide Path ou Glide Slope opera em UHF, mas em virtude da associação feita com o Localizador, a sintonia é automática quando selecionamos a frequência deste.

Normalmente, o ângulo de planeio é de dois e meio graus em relação ao plano horizontal da pista, podendo no entanto, variar de conformidade com a topografia do terreno ou obstáculos no setor de aproximação.

Equipamento de bordo

É similar ao do VOR, sendo que tem uma barra horizontal que indica a trajetória de planeio. A interpretação do equipamento é bastante simples. Na trajetória de planeio correta, o piloto terá o cruzamento das barras vertical e horizontal do instrumento exatamente no centro do mostrador. Se a barra vertical estiver à esquerda, a aeronave estará a direita do eixo da pista, e se a barra estiver à direita, a aeronave estará à esquerda do eixo da pista. Quando o barra horizontal estiver acima do centro a aeronave está baixa, e se a barra estiver abaixo do centro a aeronave está acima da rampa de planeio. O Localizador emite uma faixa de cinco graus, sendo dois e meio para cada lado do eixo central, e o Glide Slope apenas um grau, sendo meio grau para cima e meio grau para baixo. Estas serão as deflexões máximas dos ponteiros, mesmo que os ângulos sejam maiores.

Quando a aeronave passa sobre os marcadores, sinais luminosos e de áudio, correspondentes a cada um deles, são emitidos pelo painel. Podemos então precisar a posição da aeronave em relação a cabeceira da pista.



Indicador de Desvio

Indicador de Glide Slope



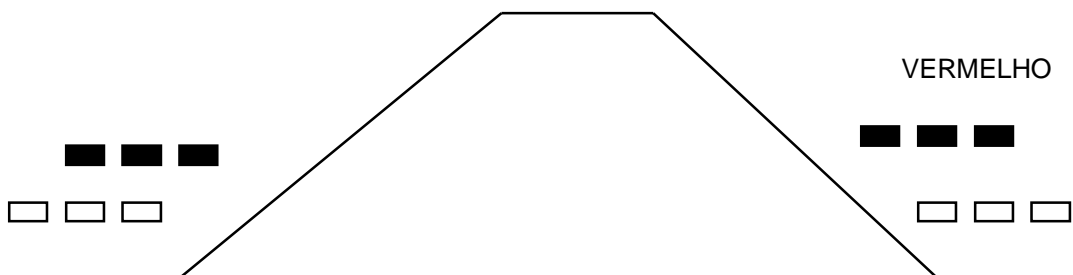
Exemplo:

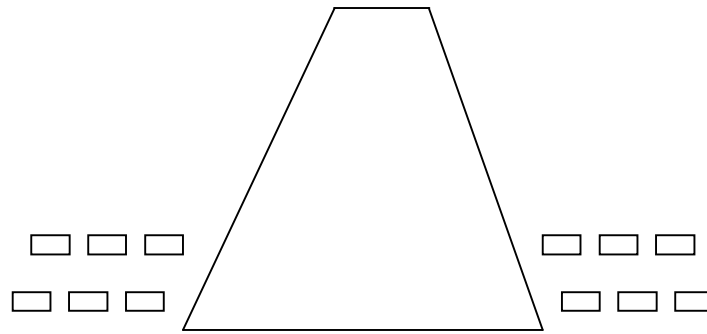
Nesta situação a aeronave encontra-se abaixo da rampa de planeio e à esquerda do eixo da pista.

Auxílios Visuais para Pouso

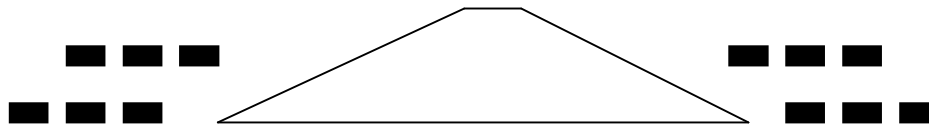
a) VASIS (Visual Approach Slope Indicator System) - Este sistema proporciona ao piloto indicação do ângulo de planeio correto para pouso. É composto de caixas de alumínio colocadas simetricamente ao lado da pista, munidas de lâmpadas que produzirão um fecho de luz vermelha ou branca. Normalmente, este sistema é colocado como complemento de um equipamento ILS, fornecendo orientação visual segura e constante para a interceptação da trajetória de planeio, permitindo segui-la até 15 m de altura e 300m do ponto de toque. Na trajetória de planeio correta o piloto estará avistando as luzes dianteira brancas, e as traseiras vermelhas. A tonalidade ROSA (mudança de branco para vermelho ou vice-versa) indicará que a aeronave está saindo da trajetória ideal, e que uma correção se faz necessária. Outras vantagens do VASIS são:

- instalação e manutenção simples;
- útil com visibilidade de até 800 m;
- combinação de cores lógicas e isentas de confusão; e
- avistado a 6 Km durante o dia e 20 Km durante a noite.



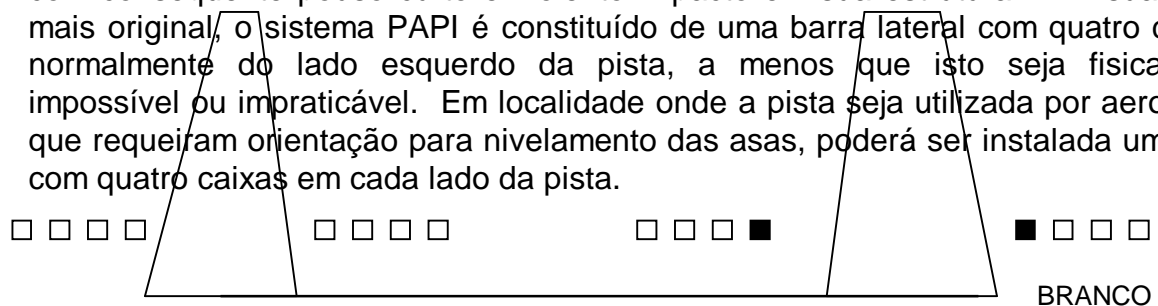


ALTA



BAIXA

b) PAPI (Precision Approach Path Indicator) - Este sistema surgiu em 1976 e veio corrigir uma deficiência apresentada pelo VASIS no tocante às aeronaves “wide-bodies”, possuidoras de cabina de pilotagem bem mais alta do que as demais em relação ao trem de pouso, dando assim informação enganosa do ponto de toque, com conseqüente pouso curto e violento impacto em sua estrutura. Em sua forma mais original, o sistema PAPI é constituído de uma barra lateral com quatro caixas, normalmente do lado esquerdo da pista, a menos que isto seja fisicamente impossível ou impraticável. Em localidade onde a pista seja utilizada por aeronaves que requeiram orientação para nivelamento das asas, poderá ser instalada um barra com quatro caixas em cada lado da pista.

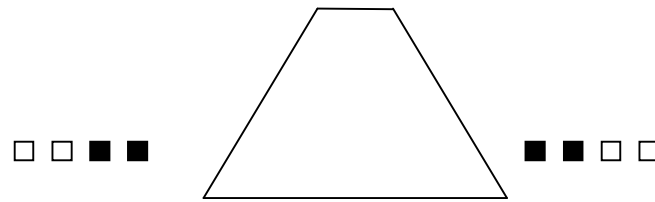


BRANCO

MUITO ALTO

Aproximação NORMAL

LIGEIRAMENTE ALTO



NORMAL



LIGEIRAMENTE BAIXA

MUITO BAIXA

- c) ALS (Approach Lighting System) - consiste de um número de barras iluminadas, instaladas simetricamente ao longo da linha central da pista, iniciando na cabeceira e se estendendo até a uma distância de 914 m no setor de aproximação. Este sistema é normalmente utilizado em conjunto com um sistema de aproximação de precisão, como RADAR ou ILS. São luzes extremamente brilhantes para assegurar a penetração através da neblina, fumaça, precipitação, etc. O sistema é dividido da seguinte forma: nos 610 m exteriores as luzes estão separadas do terreno, enquanto que nos 304 m restantes que se estendem até a pista, as luzes estão montadas no mesmo nível da área de advertência dos extremos da cabeceira. Luzes de brilho intermitente (FLASHERS), podem ou não ser instaladas nos 610 m exteriores do sistema central.

Capítulo III

Cartas aeronáuticas

As cartas aeronáuticas são o instrumento pelo qual a DEPV divulga os procedimentos padronizados para utilização de aeródromos no Brasil. Os procedimentos por elas descritos são elaborados com a finalidade de garantir a segurança durante as operações de vôos em rota ou operação de pouso e decolagem. Veremos de forma simplificada, algumas destas cartas e suas descrições, para que possamos interpreta-las e utilizá-las de forma correta.

Procedimentos de aproximação por instrumentos (IAL)

É necessário um padrão que permita ao piloto chegar próximo a cabeceira em uso em condições de pouso. Para isso a DEPV elabora procedimentos de aproximação e pouso com esta finalidade. Para cada aeródromo e cada pista (cabeceira) deste aeródromo deverá corresponder um procedimento baseado em um determinado auxílio (ou mais de um auxílio, conforme o caso). Estes procedimentos são divulgados através de cartas de procedimento de aproximação por instrumentos que se encontram a disposição dos usuários nas salas de informação aeronáuticas (salas AIS) situadas em alguns aeródromos.

Leitura e interpretação das cartas IAL

Estas cartas contém diversas informações, veremos a seguir somente as básicas:

A carta é dividida em três partes básicas:

Na parte de cima temos uma vista superior onde podemos encontrar o “traçado” do procedimento no solo, as frequências dos órgãos ATS (quadro superior direito); frequência e nome dos rádio-auxílios (quadro próximo ao gráfico); obstáculos (indicados por pontos e setas com números, que indicam sua altitude em pés; altitude mínima de setor (círculo na parte esquerda superior). As linhas fortes indicam os rumos e curvas do procedimento, as setas indicam o sentido do deslocamento, e os números dentro das linhas indicam o rumo magnético. As linhas tracejadas indicam o rumo do procedimento de aproximação perdida (arremetida em caso do não avistamento da pista ou impossibilidade do pouso).

Nota: o maior obstáculo da área envolvida fica em **negrito**.

Logo abaixo, no segundo quadro, temos o perfil do procedimento, com a trajetória de descida e altitudes. No pequeno quadro a direita acima temos a altitude de transição (TA) e no pequeno quadro inferior temos a elevação do aeródromo em pés.

Nas indicações de altitudes temos a seguinte simbologia:

xxxx' - altitude mínima

$\overline{\text{xxxx}'}$ - altitude máxima

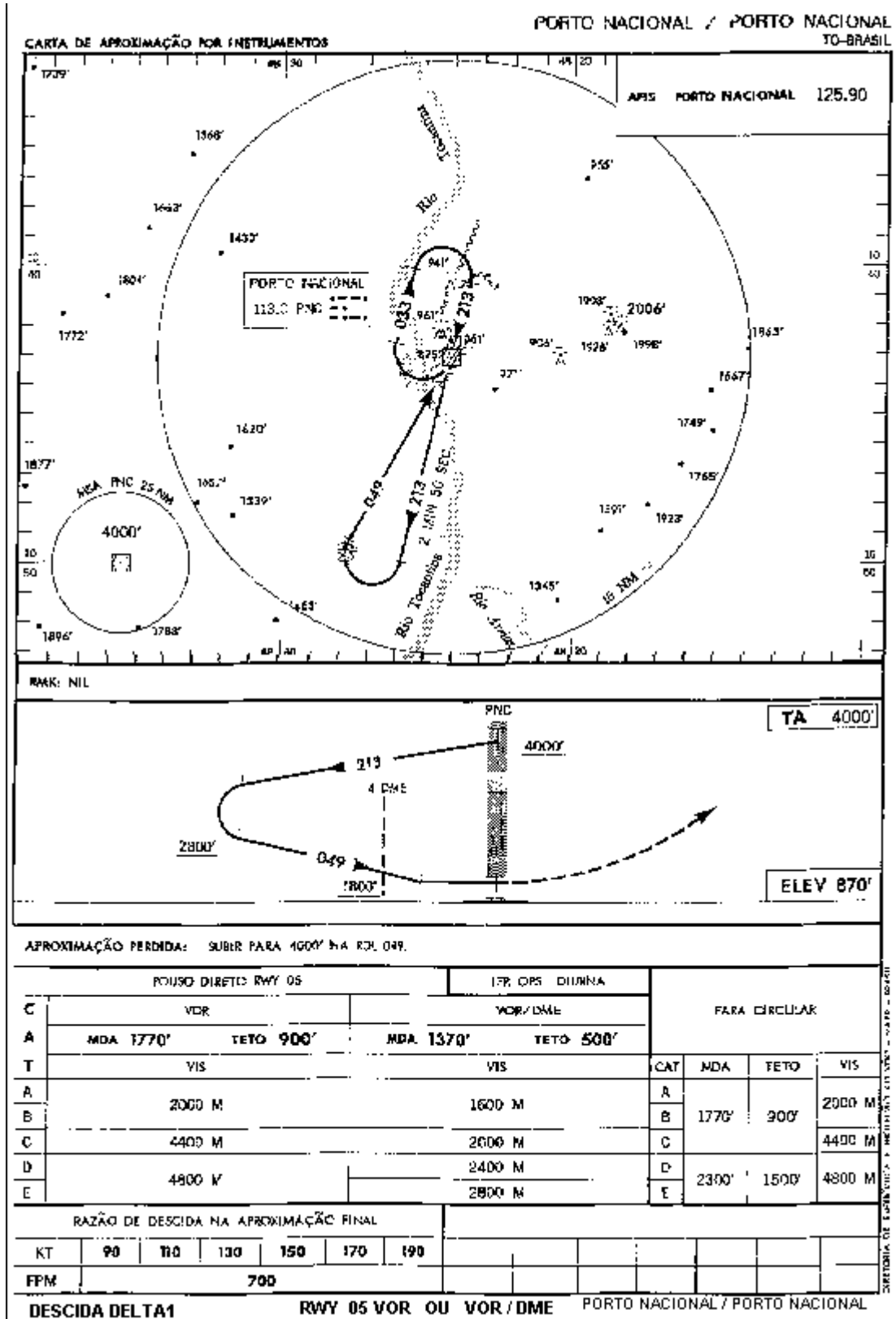
$\underline{\text{xxxx}'}$ - altitude obrigatória

xxxx' - altitude recomendada

No quadro inferior temos a descrição da aproximação perdida, as indicações de altitude mínima de descida (MDA), teto requerido, razão de descida na aproximação final. Conforme indicado no quadro, algumas informações variam de acordo com a categoria da aeronave (que depende da sua velocidade na aproximação) e a condição de funcionalidade dos auxílios rádio ou visuais envolvidos no procedimento.

No rodapé da carta temos o nome da descida, a pista e o auxílio de referência e o aeródromo envolvido.

Veja a figura da próxima página.



Procedimentos de saída por instrumentos (SID)

Similarmente ao procedimento de chegada, este procedimento visa colocar a aeronave em condições de atingir um objetivo de maneira segura, sem colidir com obstáculos no solo, neste caso interceptar a rota de saída para o destino pretendido. O método de leitura também é similar.

Leitura e interpretação das cartas SID

Acima temos as frequências dos órgãos ATS, logo abaixo a vista superior do procedimento de saída propriamente dito, num quadro menor, as observações necessárias para a subida (RMK).

Como no procedimento de chegada, temos a informação de obstáculos na área envolvida na saída. Da mesma forma o maior obstáculo fica em negrito.

O gradiente mínimo de subida, descrito na maioria dos procedimentos de saída é a razão expressa em percentagem entre a variação do deslocamento vertical e a distância percorrida pela aeronave sobre a superfície terrestre.

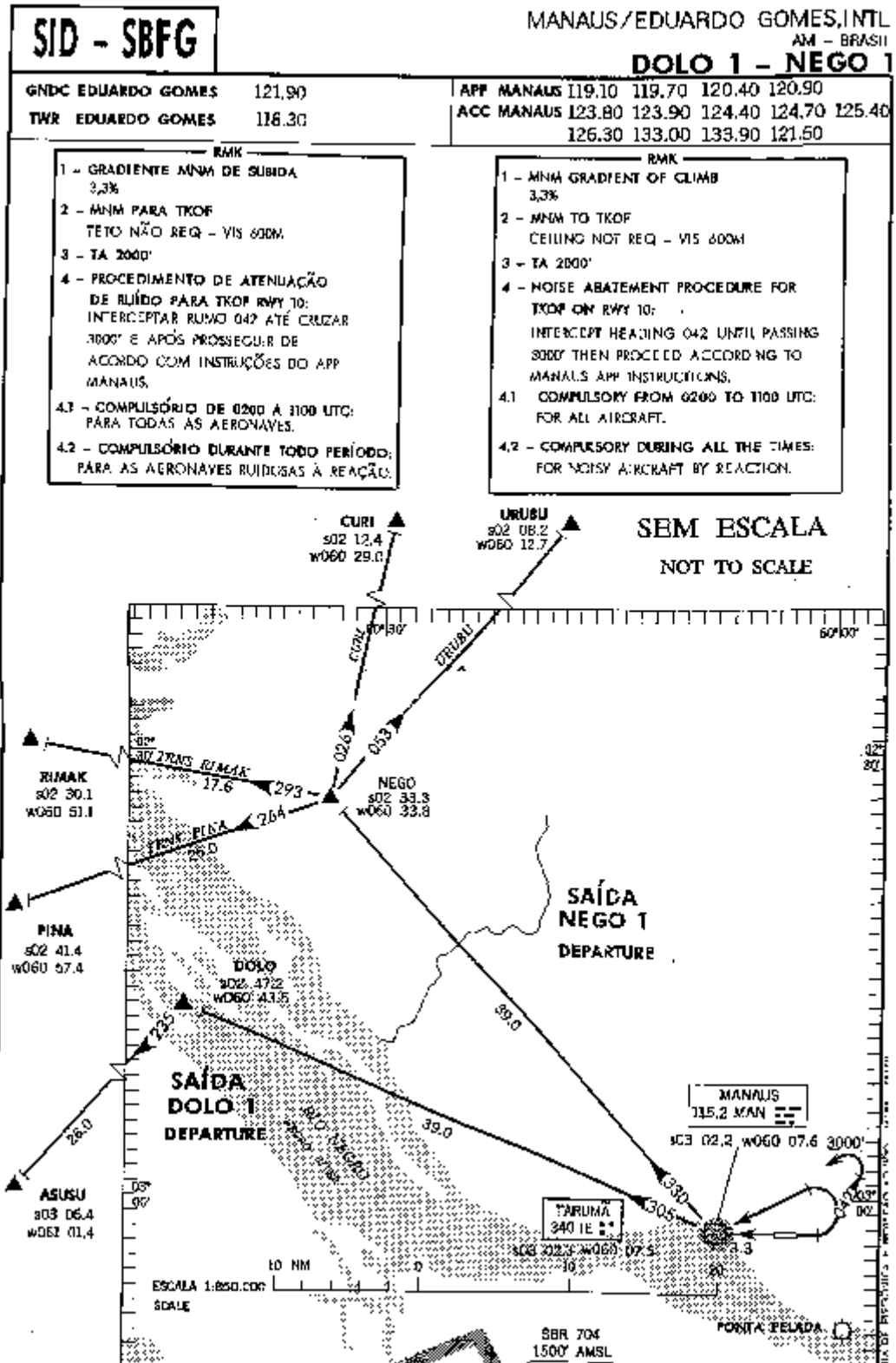
A conversão poderá ser feita de forma simplificada, pelo emprego de fórmula a seguir, cujo resultado, se não for múltiplo de 50, deverá ser arredondado para o múltiplo superior mais próximo:

$\text{gradiente (\%)} \times \text{velocidade (kt)} = \text{razão de subida em pés por minuto}$

Ex.: $3,3 \times 140 = 462$, aproximando 500 pés por minuto

No rodapé teremos o nome da saída e o local envolvido.

Veja a figura a seguir.



Carta de pouso

As cartas de pouso visam informar ao piloto a configuração geral do aeródromo, disposição dos rádio auxílios e obstáculos.

Leitura e interpretação das cartas de pouso

No quadro principal temos uma vista aérea do aeródromo com informações de obstáculos, Declinação Magnética (variação), auxílios-rádio, elevação do aeródromo, das cabeceiras, comprimento e largura das pistas, além dos rumos e numeração das cabeceiras.

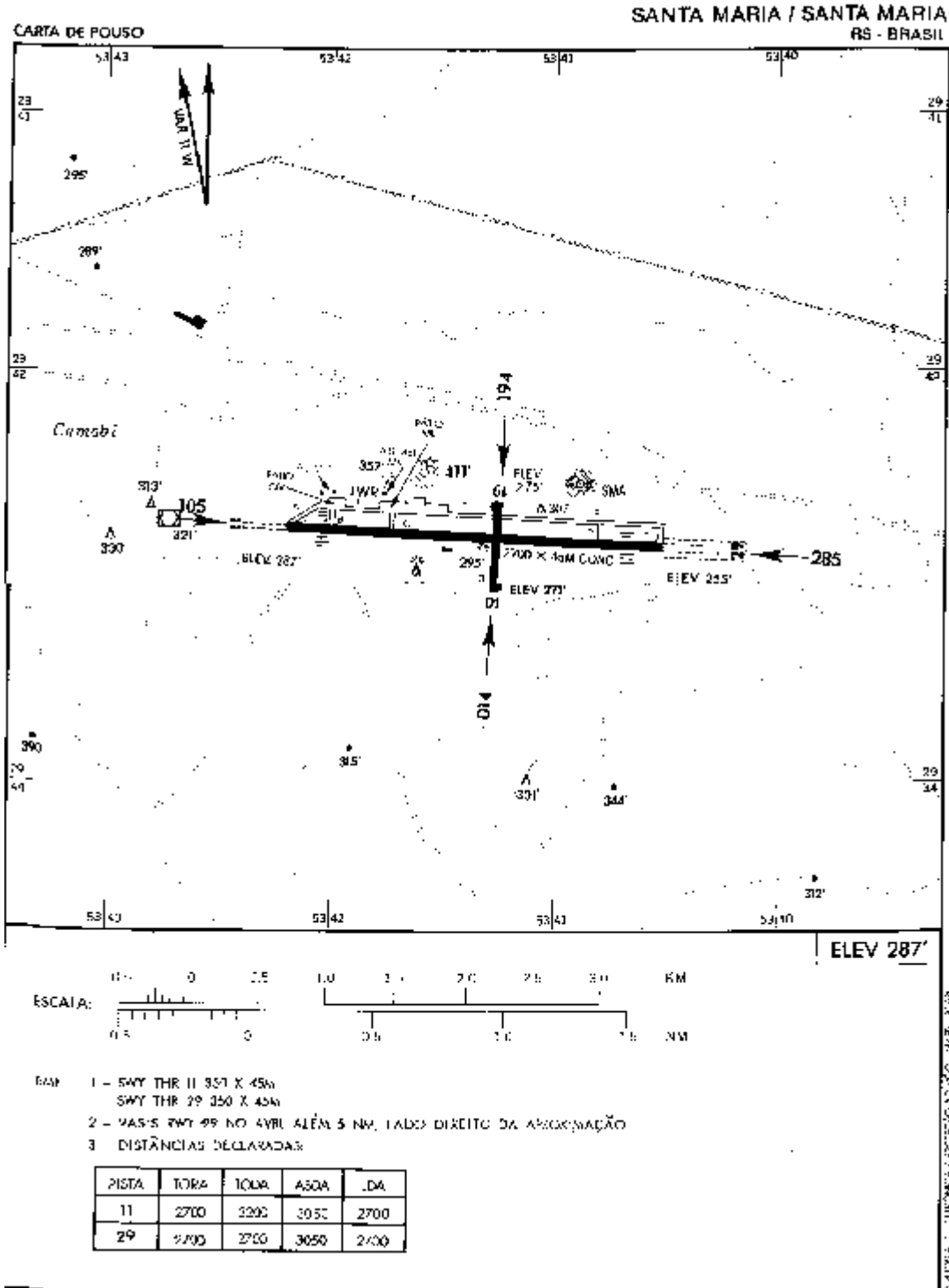
Nota: a numeração das cabeceiras é feita a partir do seu rumo magnético dividido por 10 e arredondado para o inteiro mais próximo. A representação é sempre feita com dois dígitos.

Ex.: rumo 064 - RWY 06
rumo 285 - RWY 29

No quadro inferior temos as indicações complementares e RMK. As informações de TORA, TODA, ASDA e LDA não são objetivo desta apostila, portanto não abordaremos este assunto. Como disse no início do capítulo abordaremos os tópicos principais, não nos aprofundando em detalhes excessivamente técnicos.

No rodapé, o nome do aeródromo e sua localização.

Veja figura a seguir.

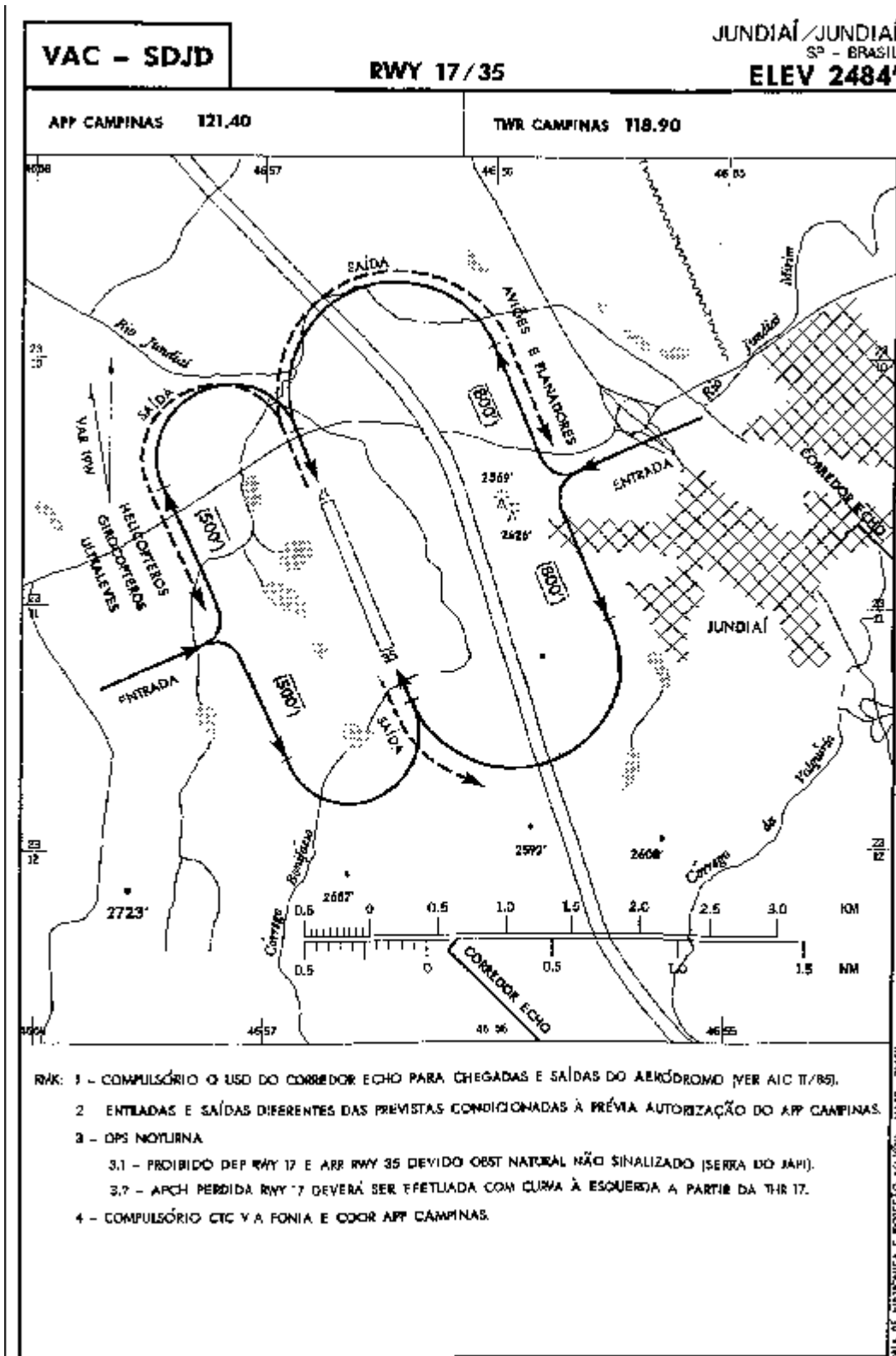


Carta de Aproximação Visual (VAC)

Nesta carta é apresentado o setor de entrada e saída do circuito de aproximação visual, no quadro principal, e no quadro secundário o RMK, observações de restrições na operação neste circuito visual.

Nota: O circuito visual é composto de três partes básicas, como mostrado na figura a seguir:

Veja a figura.



Simbologia

Dentre as diversas cartas existentes, vimos as mais necessárias para o nosso estudo, sendo que tudo o que vimos praticamente se repete nas demais. Alerto também para o fato de que todas as cartas ou publicações aeronáuticas possuem uma legenda da simbologia utilizada, que devem ser atenciosamente lidas, pois ajudam bastante na sua interpretação.

Veja a figura a seguir.

Glossário

ACFT	AERONAVE Aircraft
AD	AERÓDROMO Aerodrome
ADC	CARTA DE AERÓDROMO Aerodrome Chart
ATC	CONTROLE DE TRÁFEGO AÉREO Air Traffic Control
ATS	SERVIÇO DE TRÁFEGO AÉREO Air Traffic Service
DA	ALTITUDE DE DECISÃO Decision Altitude
FAF	FIXO DE APROXIMAÇÃO FINAL Final Approach Fix
KT	NÓS Knots
MDA	ALTITUDE MÍNIMA DE DESCIDA Minimum Descent Altitude
MNM	MÍNIMO Minimum
MSA	ALTITUDE MÍNIMA DE SETOR Mean Sea Level
RMK	OBSERVAÇÃO Remark
RWY	PISTA Runway
TA	ALTITUDE DE TRANSIÇÃO Transition Altitude
TKOF	DECOLAGEM Take-off
VAC	CARTA DE APROXIMAÇÃO VISUAL Visual Approach and Landing Chart
VAR	DECLINAÇÃO MAGNÉTICA Magnetic Variation

Referências Bibliográficas:

AIP - MAP

IMA 100-12 -- Regras do Ar e Serviços de Tráfego Aéreo
MMA 100-31 -- Manual do Controlador de Tráfego Aéreo