

NAVEGAÇÃO AÉREA VFR



PEDRO BARROS NETO
Dezembro 2016

ÍNDICE

1. Métodos de navegação	03
2. A Terra e a navegação aérea	04
3. Orientação sobre a superfície da Terra	15
4. Unidades de medida de distância e de velocidade	19
5. Mapas e cartas	23
6. Instrumentos e conhecimentos básicos de navegação aérea	41
7. Magnetismo terrestre	54
8. Proas e rumos	58
9. Computador (ou calculador) de voo	64
10. Tempo, fusos horários, hora e seus designativos	80
11. Navegação estimada: planejamento de voo em rota	87
12. Radiocomunicação	135
13. Anexos	147

Referências:

MCA 58-3/2004

PORTARIA DAC Nº 954/DGAC, 27 DE AGOSTO DE 2004.

ANAC - ##MMA 58-3 - IAC. Manual de curso de piloto privado-avião.

ANAC - RBAC 61 - SUBPARTE D – LICENÇA DE PILOTO PRIVADO

<http://www2.anac.gov.br/habilitacao/manualCursos.asp>

1 - Métodos de navegação

- *Enumerar os diferentes métodos de navegação.*

1.1 Conceituação

Navegação aérea - É a arte de planejar um voo e conduzir a aeronave com segurança e eficiência, de um ponto a outro da superfície da Terra, podendo determinar a sua posição em qualquer momento.

1.2 Métodos: navegação por contato, navegação estimada, radionavegação e navegação eletrônica – Caracterização de cada método.

Navegação por contato – Feita através da observação visual de pontos significativos na superfície terrestre, que sirvam como pontos de referência, para assegurar o cumprimento de uma rota desejada, previamente traçada, e onde esses pontos de referência estão previstos de serem sobrevoados.

Pontos de referência: são cidades, aeródromos, rodovias, ferrovias, rios, pontes, montanhas, lagos, etc..

Método de navegação muito utilizado na aviação de pequeno porte, com voos a baixa velocidade e baixa altitude.

Navegação estimada – Método que utiliza a determinação do local atual, a qualquer momento, a partir do último ponto conhecido, baseado nos conceitos de rumo, distância percorrida e tempo navegado. Neste caso, utiliza-se a carta WAC (World Aeronautical Chart ou Carta Aeronáutica Mundial) e os instrumentos de bordo: bússola, velocímetro e relógio.

Navegação radiogoniométrica – determinar o local atual seguindo a orientação de sinais de estações de rádio terrestres, apropriadas e identificadas para esse fim.

O detalhamento desse tipo de navegação é feito na disciplina Navegação IFR.

Navegação Eletrônica - determinar o local atual através de sensores e instrumentos eletrônicos embarcados, auxiliados por computadores.

Navegação Celestial ou Astronômica - determinar o local atual por meio de observações dos corpos celestes. Instrumento: sextante. Não é empregado em navegação aérea.

Navegação por Satélites - Sistema baseado em satélites colocados em órbita. GNSS: " Sistema Global de Navegação por Satélite". (NR) - Portaria DECEA N° 63/SDOP, de 21 de outubro de 2009.

Utilizar o GPS como uma ferramenta auxiliar de navegação VFR, sem abandonar as técnicas convencionais de voo, ou seja, anotações, cartas e verificações (cross checking) constantes no desenrolar do voo. Considerar que, em caso de pane ou falha do GPS, o piloto deve ter pleno controle da situação para prosseguir o voo com segurança.

2 - A Terra e a navegação aérea

- *Enumerar as principais características da Terra.*

2.1 Terra: Forma. Diâmetro. Eixo. Polos geográficos

A Terra é o terceiro planeta em órbita do Sol, tem a forma arredondada e oficialmente tem a forma geométrica de um Elipsóide com os seguintes parâmetros:

Diâmetro equatorial	12.756.776 m.
Diâmetro Polar	12.713.823, 04 m
Achatamento	0,003367 ou 1/297.

Sendo muito pequena a diferença da Elipsóide para uma superfície Esférica, a Esfera é adotada como superfície teórica da Terra nos cálculos da navegação astronômica e em muitos outros trabalhos astronômicos.

Eixo da Terra - é a linha que passa pelos dois polos geográficos, em torno da qual a Terra faz o seu movimento de rotação, de Oeste para Leste (o que nos faz perceber um MOVIMENTO APARENTE de Leste para Oeste dos corpos celestes). O polo Norte é o que se situa no rumo da Estrela Polar Ursa Menor, e o Polo Sul, é o oposto.

2.2 Movimentos: rotação e translação – Causas (efeitos)

- *Identificar os movimentos da Terra.*

Movimentos da Terra - a Terra tem dois movimentos principais: rotação e translação.

- A rotação em torno de seu eixo, no sentido Oeste para Leste, causa o ciclo dia-noite.
- A translação se refere ao deslocamento da Terra, em torno do Sol, percorrendo uma órbita elíptica, com ciclo de 365,2422 dias, que é o ano terrestre. A cada quatro anos, o mês de fevereiro é acrescido de mais um dia, no chamado ano bissexto, para compensar o ciclo maior do que 365 dias.

Eclíptica – Plano da órbita da Terra ao redor do Sol.

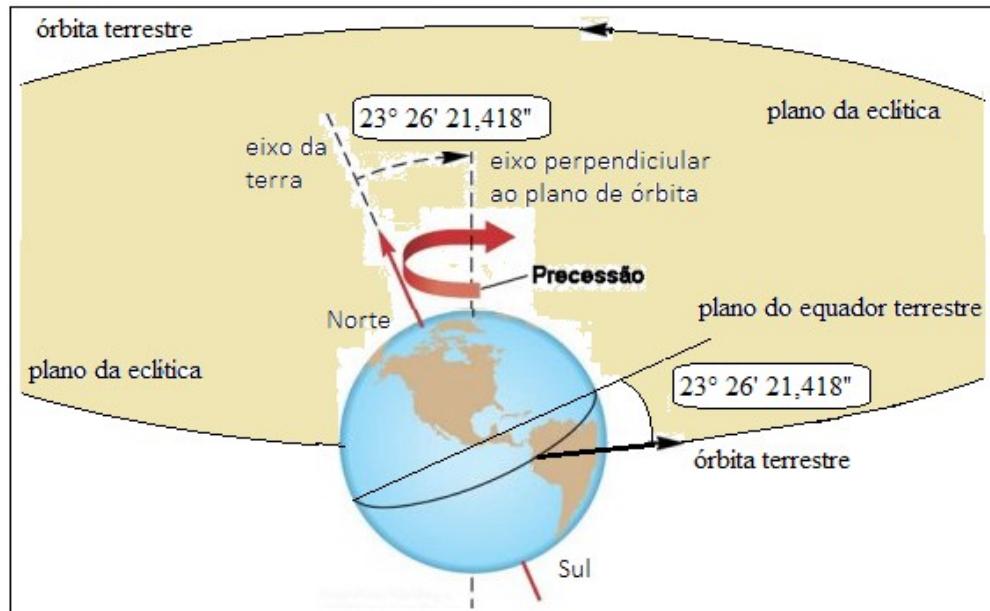
Precessão – fenômeno físico que ocorre nos corpos em movimento de rotação, onde o eixo de rotação está inclinado em relação a um plano de referência, além do que, ao longo do tempo, o eixo inclinado descreve um giro ao redor do eixo teórico, perpendicular ao plano de referência.

Ângulo de precessão (em graus) – medida da inclinação do eixo em relação à perpendicular ao plano de referência

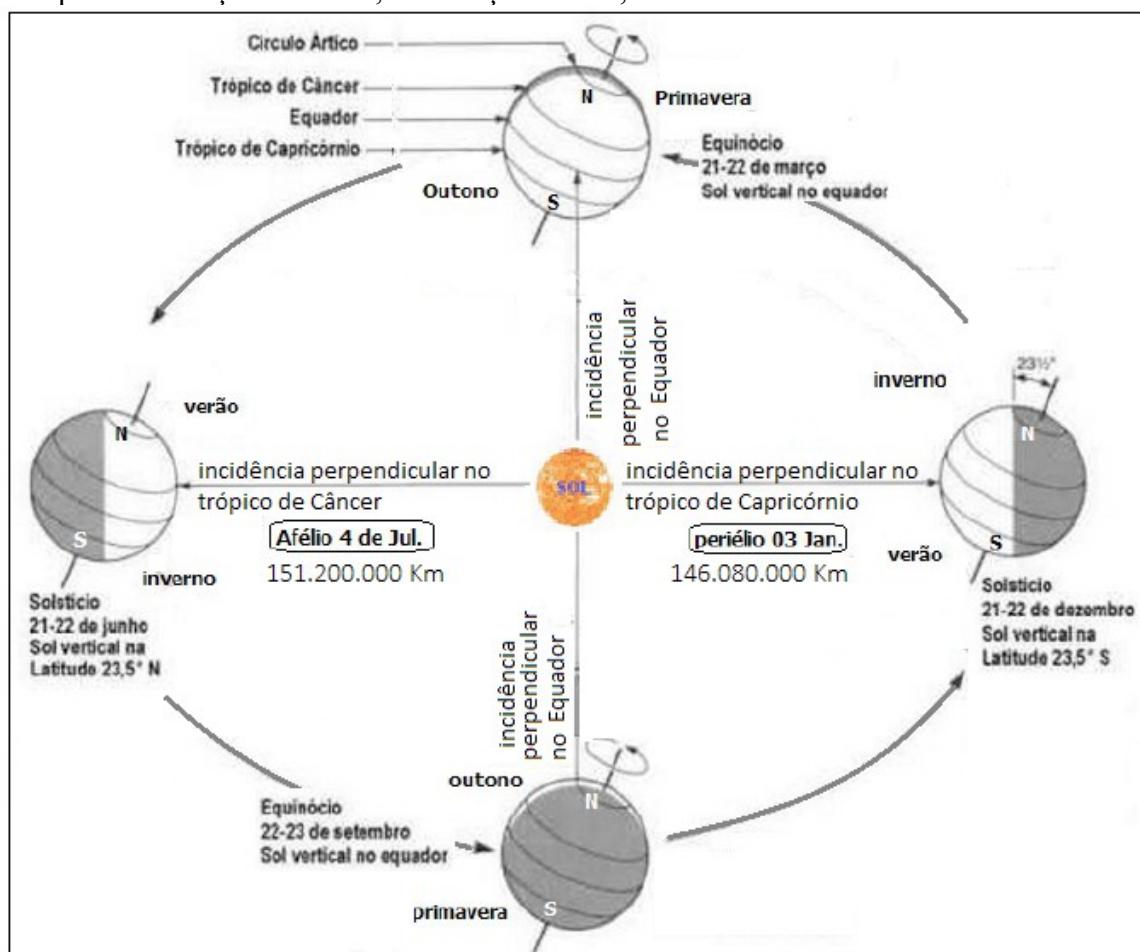
Periélio (perto) - posição da órbita em que a Terra fica mais próxima ao Sol, com 146.080.000 Km. Ocorre próximo de 03 de Janeiro de cada ano.

Afélio (afastado) – é o ponto mais distante da órbita da Terra, com 151.200.00 Km. Ocorre próximo de 04 de Julho de cada ano.

A variação da radiação solar recebida pela Terra, devido a essa variação de distância do Sol, é muito pequena.



As estações climáticas - são causadas pelo movimento de translação da terra ao redor do sol, e pela inclinação do eixo de rotação da Terra em relação ao plano da órbita. Essa inclinação, de 23° e $27'$, faz com que a orientação da Terra, em relação ao Sol, mude continuamente durante o ano.



São quatro estações climáticas durante o ano, com forte predominância nas latitudes temperadas.

Usando o Hemisfério Norte como exemplo, teremos:

- Verão – a intensidade de luz e calor do Sol serão máximos (incidência perpendicular) sobre o Trópico de Câncer e alcança toda a área circundada pelo Círculo Polar Ártico. Na região polar, o sol ficará aparente por seis meses, de março a setembro, e no dia 21 de junho ocorre o “meio-dia polar”, quando inicia o verão. A partir de então, o Sol começará a se deslocar de volta para o Hemisfério Sul.
- Outono – o Sol estará no Equinócio de 22 de Setembro, incidindo perpendicularmente sobre a linha do Equador. A intensidade de luz e calor sobre o Hemisfério Norte estará decrescendo e o Sol continuará se afastando para o Hemisfério Sul.
- Inverno – a intensidade de luz e calor serão mínimos (incidência inclinada) sobre o Trópico de Câncer, e nenhuma luminosidade em toda a área delimitada pelo círculo polar Ártico. Na região polar, o sol ficará ausente de setembro a março, e no dia 21 de dezembro ocorre a “meia-noite polar”, quando inicia o inverno. O Sol, que está no Hemisfério Sul, começará a se deslocar de volta para o Hemisfério Norte.
- Primavera - o Sol estará no Equinócio de 22 de Março, incidindo perpendicularmente sobre a linha do Equador. O Sol continuará se aproximando do Hemisfério Norte, aumentando gradativamente a intensidade de luz e calor.

2.3 Zonas climáticas – são regiões latitudinais onde ocorrem determinadas condições climáticas bem características, em função da inclinação do eixo da terra em relação ao seu plano de órbita, e em relação a determinados períodos do ano.

As características climáticas de cada zona não se delimitam bruscamente, ao contrário, vão se alterando de forma gradativa à proporção que se avança em latitude, partindo da linha do Equador (00°) até os polos (90°).

Zonas Temperadas(norte e sul) – regiões ao redor dos trópicos. Sobre os dois trópicos, apresentam estações do ano bem definidas: clima e umidade variáveis, de acordo com a estação.

Zonas Polares ou Glaciais – regiões que se extendem dos polos até latitudes um pouco abaixo dos círculos polares. Nessas zonas só existem duas estações, com duração de 6 meses cada uma, predominando o clima frio e seco:

- Inverno (ou noite polar de 6 meses).
- Verão (ou dia polar de 6 meses).

Zona Equatorial ou Intertropical – região entre os trópicos de câncer e de capricórnio. À proporção que se afasta dos trópicos para mais próximo da linha do Equador, as quatro estações vão se descaracterizando. Nas latitudes mais próximas da linha do Equador, tanto ao norte como ao sul, só existem duas estações, com duração de seis meses cada uma, onde predomina o tempo quente.

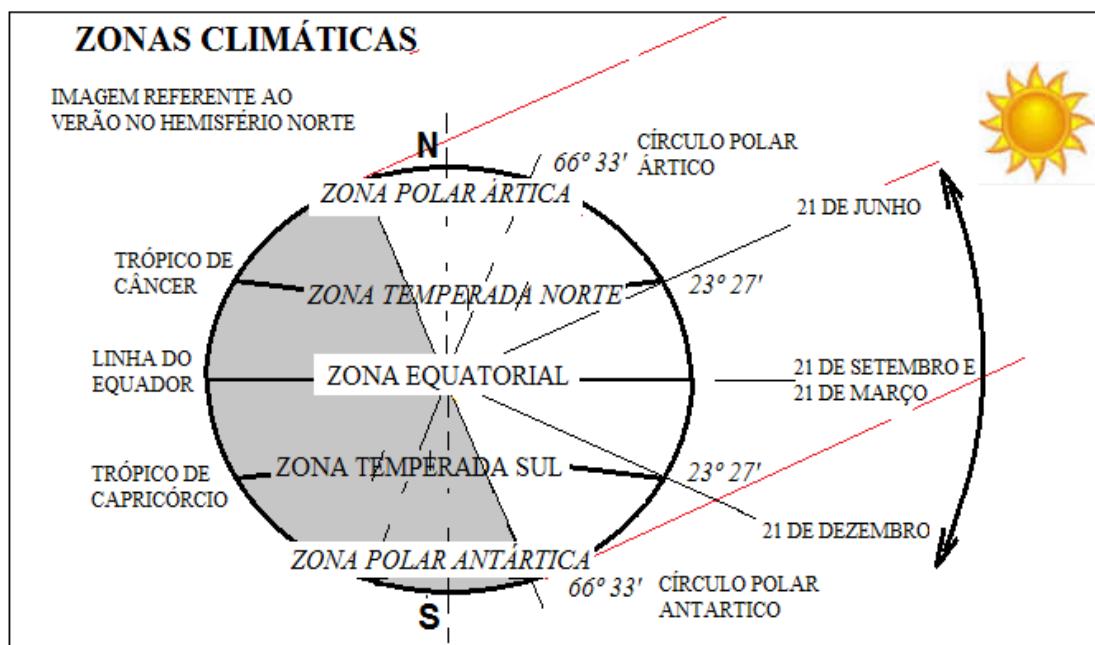
- Estação chuvosa - de Janeiro a Junho.
- Estação seca - de julho a Dezembro.

CURIOSIDADES:

A velocidade tangencial de rotação da Terra, na linha do Equador, é de 900 nós (1.666,8 km/h), pois a esfera terrestre, com uma circunferência de 21.600 milhas náuticas, completa um giro em torno do seu eixo em 24 horas.

A velocidade orbital média da Terra, no seu movimento anual de translação ao redor do Sol é de cerca de 57.907 nós (aproximadamente 107.244 km/h).

A velocidade do movimento solar no espaço, ou seja, a velocidade do Sol com relação às estrelas vizinhas é de cerca de 19,5 km/s, ou 37.905 nós (70.200 km/h, aproximadamente).



2.4 Meridianos – Meridiano de origem. Meridianos de longitude. Arco e grau. Sentidos. Hemisférios longitudinais. Contagem e quantidade em graus. Antimeridianos

Arco - Segmento de circunferência, medido em graus, limitado por dois lados que formam um ângulo com o vértice no centro da circunferência.

Grau – é a medida de 1/ 360 parte de uma circunferência. Notação: 001° (um grau).

Um grau é dividido em 60 minutos. Notação: $01'$ (um minuto).

Um minuto é dividido em 60 segundos. Notação: $01''$ (um segundo).

Meridiano - é um arco imaginário de 180° , na superfície da Terra, situado entre os polos Norte e Sul.

- Todos os meridianos são semicírculos máximos, com uma extremidade em cada polo.
- Os meridianos são paralelos ao eixo de rotação da Terra e perpendiculares à linha do Equador e a todos os paralelos.

Meridiano de Longitude: Semi-círculo que representa a mesma longitude de uma projeção.

Meridiano de Greenwich (Primeiro Meridiano) - é o meridiano de origem das longitudes, cujo valor é 000° .

Foi instituído em 1884, na International Meridian Conference, realizada em Washington (DC), quando decidiu-se que “o meridiano de longitude original seria o meridiano que passa pelo centro

do teodolito de trânsito do Observatório de Greenwich”.

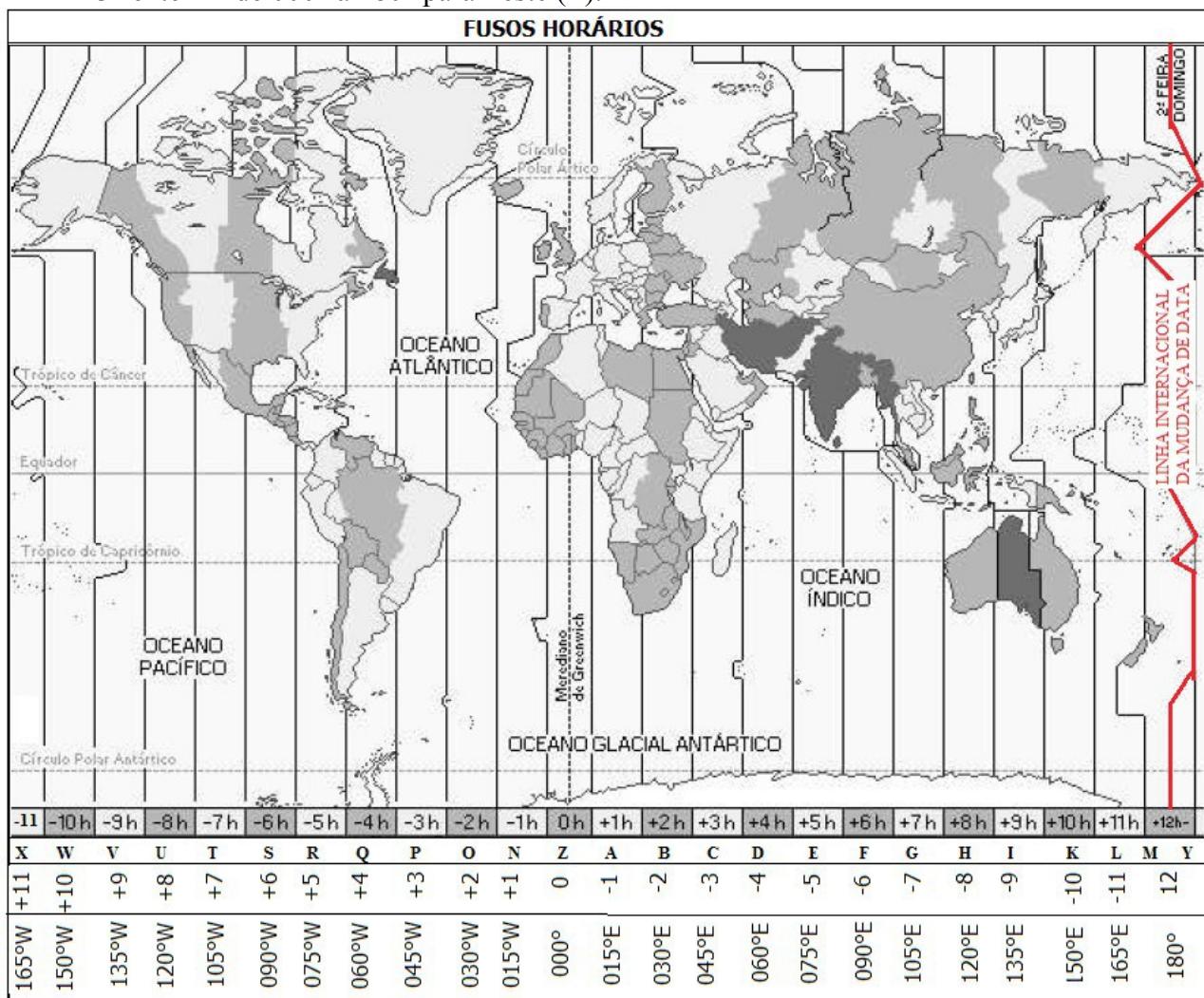
Longitude (λ – letra grega lâmbda) - é a distância dada pelo valor do arco de paralelo, entre o Meridiano de Greenwich (000°) e um meridiano qualquer.

Longitude de um lugar - é a distância dada pelo valor do arco de paralelo, com a extremidade inicial no meridiano de Greenwich (000°) e a outra extremidade no meridiano que passa por esse lugar.

Antimeridiano – É um meridiano diametralmente oposto (180°) ao meridiano considerado pelo observador.

Hemisférios Longitudinais – Os hemisférios longitudinais são separados pelo Meridiano de Greenwich (000°) e seu anti-meridiano:

- Ocidente – de 000° a 180° para Oeste (W).
- Oriente – de 000° a 180° para Leste (E).



Contagem e quantidade em graus - As longitudes crescem a partir do meridiano de Greenwich (000°) e vão aumentando até 180° , tanto para o Oriente (hemisfério Leste) como para o Ocidente

(hemisfério Oeste). São expressas da seguinte forma:

- Graus – 3 algarismos: 000° a 180° E (Leste) ou 180° W (Oeste).
- Minutos – 2 algarismos: 00' a 59'
- Segundos – 2 algarismos: 00" a 59"

Distância entre meridianos (longitude absoluta) – a distância entre os meridianos não é constante, tendo a máxima distância sobre a linha do Equador, onde cada grau corresponde a 60 Milhas Náuticas (NM). A partir do Equador para os polos, a distância vai diminuindo até zerar sobre os polos.

Deve-se atentar que se o meridiano do observador estiver no lado Oeste, o seu antimeridiano será do lado Leste, e vice-versa.

Linha Internacional de Data – é o meridiano de 180°, ou o Antimeridiano de Greenwich. A mudança e data ocorre quando esse meridiano está cruzando o centro da região da noite, às 24h do dia atual, e que será 00 h do dia seguinte.

Diferença de Longitudes entre dois lugares DLO ($\Delta\lambda$) - é o menor arco de paralelo compreendido entre os meridianos que passam por esses lugares.

- No mesmo Hemisfério – Subtrai-se o menor do maior valor dos meridianos.
- Em Hemisférios diferentes – Faz-se a adição dos valores dos meridianos. Se o resultado for maior que 180°, basta subtrair o resultado de 360°.
- Uma DLO tem em sentido (E ou W) que é dado pelo sentido do ponto de origem “A” para o ponto de destino “B”.

NOTA: Se Long. "A" + DLO > 180° a longitude "B" estará no hemisfério oposto ao de "A".

Exemplo de DLO no mesmo Hemisfério:

Origem	Destino	Diferença
$\Delta\lambda = (A = 030^\circ W) - (B = 045^\circ W)$	$\rightarrow \Delta\lambda = 015^\circ W$	$\text{ou } \text{DLO} = 015^\circ W$

Exemplo de DLO em Hemisférios diferentes :

Origem	Destino	Soma
$\Sigma\lambda = (A = 030^\circ W) + (B = 045^\circ E)$	$\rightarrow \Sigma\lambda = 075^\circ E$	$\text{ou } \text{DLO} = 075^\circ E$

Exemplo de DLO em Hemisférios diferentes :

Origem	Destino	Soma
$\Sigma\lambda = (A = 130^\circ W) + (B = 120^\circ E)$	$\rightarrow \Sigma\lambda = 250^\circ E$	$\text{Como o resultado é maior do que } 180^\circ, \text{ deve-se subtrair esse valor de } 360^\circ \rightarrow \text{DLO} = 360^\circ - 250^\circ \rightarrow \text{DLO} = 110^\circ E$

Longitude média (λ_m) – é a longitude central entre duas longitudes dadas.

O procedimento geral para o cálculo é o seguinte:

1. Longitudes no mesmo hemisfério: adicionar os valores e dividir por dois. Ao resultado acrescentar a letra do hemisfério.
2. Longitudes em hemisférios diferentes: subtrair o menor do maior valor. Ao resultado, colocar a letra do hemisfério do meridiano de maior valor;

2.5 Paralelos – Paralelos de origem. Paralelos de latitude. Equador. Afastamento em graus. Sentido. Hemisférios latitudinais. Co-latitude

- Reconhecer as nomenclaturas convencionadas e utilizadas pela geografia para fins de localização e deslocamento sobre o globo terrestre.

Paralelos – são círculos imaginários perpendiculares ao eixo de rotação da Terra, distribuídos entre o Equador e os polos Norte e Sul.

Equador – é o paralelo de origem (00°), ou círculo máximo, que passa pelo centro da esfera terrestre entre os dois polos, portanto dividindo a Terra em dois hemisférios de Latitude: Norte (Setentrional ou Boreal) e Sul (Meridional ou Austral). Ver nota no final do capítulo.

Latitude (ϕ)- (símbolo letra grega phi) é a distância dada pelo valor do arco de meridiano, com a extremidade inicial na linha do Equador (00°) e a outra extremidade em um outro paralelo.

Afastamento em graus - a distribuição dos paralelos ocorre a partir do Equador (00°), avançando para o polo Norte + 90° e para o polo Sul - 90° .

Latitude de um lugar - é a distância dada pelo valor do arco de meridiano, com a extremidade inicial na linha do Equador (00°) e a outra extremidade no paralelo que passa por esse lugar.

Hemisférios Latitudinais – Os hemisférios latitudinais são separados pela linha do Equador (00°):

- Norte ou Setentrional – de 00° a + 90° .
- Sul ou Meridional – de 00° a - 90° .

Paralelo de Latitude - Círculo que representa a mesma latitude de uma projeção.

Distância entre dois paralelos (latitude absoluta) - a distância entre os paralelos é constante e cada grau corresponde a 60 Milhas Náuticas (NM).

Co-latitude - elemento usado nos cálculos de Navegação Astronômica, é o complemento da latitude do lugar.

$$\text{Colatitude} = 90^\circ - \text{Latitude do lugar}$$

Diferença de Latitudes entre dois lugares DLA ($\Delta\phi$): é o arco de meridiano compreendido entre os paralelos que passam por esses lugares.

- Latitudes no mesmo Hemisfério, subtraem-se as latitudes.
- Latitudes em Hemisférios diferentes, somam-se as latitudes, portanto, a maior DLA será 180° .
- Uma DLA tem um sentido (N ou S) que é dado pelo sentido do ponto de origem “A” para o ponto de destino “B”.

Exemplo de DLA no mesmo Hemisfério:

$$\begin{array}{lll} \text{Origem} & \text{Destino} & \text{Diferença} \\ (\text{A} = 30^\circ\text{N}) - (\text{B} = 45^\circ\text{N}) \rightarrow \text{DLA} = 15^\circ \text{ N.} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \text{Origem} & \text{Destino} & \text{Diferença} \\ (\text{A} = 45^\circ\text{N}) - (\text{B} = 30^\circ\text{N}) \rightarrow \text{DLA} = 15^\circ \text{ S.} \end{array}$$

Exemplo de DLA em Hemisférios diferentes:

Origem	Destino	Soma	Origem	Destino	Soma
(A = 30°N)	+(B = 45°S) → DLA = 75° S.		(A = 30°S)	+(B = 45°N) → DLA = 75° N	
Nota: Se DLA + Lat. do ponto "A" > 90°, a latitude do ponto "B" estará no hemisfério oposto.					

Latitude média entre dois lugares (ϕ_m) - é a latitude correspondente ao paralelo médio entre os paralelos que passam pelos dois lugares.

O procedimento geral para o cálculo é o seguinte:

1. latitudes no mesmo hemisfério: adicionar os valores e dividir por dois. Ao resultado acrescentar a letra do hemisfério.
2. latitudes em hemisférios diferentes: subtrair o menor do maior valor. Ao resultado, colocar a letra do hemisfério do paralelo de maior valor;

Exemplo: a latitude média entre o ponto A (Latitude 30°N) e ponto B(Latitude 45°N) é:

Exemplo de DLA e DLO:

Dados:

Coordenadas do ponto A = (45° 27' S; 178° 22' E)
DLA 55° 27' N; DLO 018° 15' W

fórmulas: se Lat. A + DLA > 90°
se Lat. A + DLA < 90°

Lat. B = DLA - Lat. A
Lat. B = DLA + Lat. A

se Long. A+DLO < 180°
se Long. A+DLO > 180°

Long. B = DLO + Long. A
Long. B = DLO supl. - Long. A

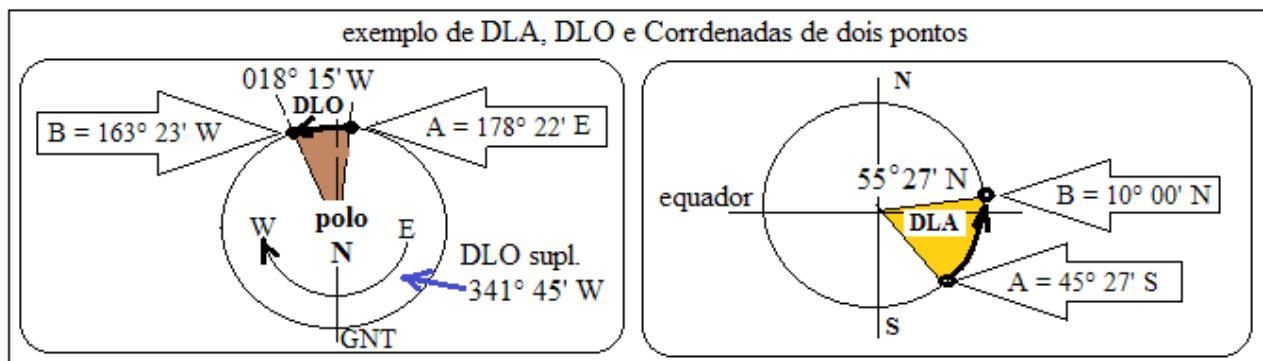
Pedem-se: Coordenadas do ponto B.

1. Teste da Latitude do ponto B: se Lat A + DLA > 90°, a latitude B estará no hemisfério oposto ao do ponto A:

$$45^{\circ} 27' S + 55^{\circ} 27' N = 100^{\circ} 54' > 90^{\circ}$$

$$\text{Lat. B} = \text{DLA} - \text{Lat. A} \rightarrow 55^{\circ} 27' N - 45^{\circ} 27' S \rightarrow \text{Lat. B} = 10^{\circ} 00' N$$

2. Testes da Longitude do ponto B:



- Se Long A + DLO > 180°, a longitude B estará no hemisfério oposto ao do ponto A:
 $178^{\circ} 22' E + 018^{\circ} 15' W = 196^{\circ} 37' > 180^{\circ}$.
- Se DLO < Long. A, subtrair seu valor de 360° para encontrar a DLO suplementar, e usar o

resultado na fórmula da Long. B.

$$\text{DLO} = 359^\circ 60' - 018^\circ 15' \rightarrow \text{DLO} = 341^\circ 45'$$

$$\text{Long. B} = \text{DLO supl.} - \text{Long. A} \rightarrow 341^\circ 45' - 178^\circ 22' \rightarrow \text{Long. B} = 163^\circ 23' \text{ W}$$

2.6 Círculos máximos e menores

Círculo máximo - é a linha que resulta da interseção de um plano com a superfície terrestre, que passe obrigatoriamente pelo centro da Terra, dividindo o globo em duas partes iguais. A linha do Equador é um círculo máximo.

Círculos menores - são todas as linhas que resultam da interseção de planos com a superfície terrestre, paralelos e não coincidentes com o círculo máximo, portanto não dividem o globo em partes iguais.

Paralelos importantes:

Trópico de Câncer (paralelo 23° 27' Norte) – correspondente à Declinação máxima alcançada pelo Sol no Hemisfério Norte no solstício de verão, que ocorre ao redor de 21 de Junho de cada ano. Neste dia, a incidência da luz solar é máxima (perpendicular).

Círculo polar Ártico (paralelo 66° 33' Norte) – demarca o ponto de tangência da luz solar no hemisfério Norte, no solstício de verão do Hemisfério Sul, que ocorre ao redor de 21 de Dezembro de cada ano.

Trópico de capricórnio (paralelo 23° 27' Sul) - correspondente à Declinação máxima alcançada pelo Sol no Hemisfério Sul no solstício de verão do Hemisfério Sul, que ocorre ao redor de 21 de Dezembro de cada ano. Neste dia, a incidência da luz solar é de 90°.

Círculo polar Antártico (paralelo de 66° 33' Sul) - demarca o ponto de tangência da luz solar no hemisfério Sul, no solstício de verão do Hemisfério Norte, que ocorre ao redor de 21 de Junho de cada ano.

A Incidência máxima do Sol sobre a linha do Equador (Equinócio) ocorre duas vezes ao ano, nos dias ao redor de 21 de Março e 21 de Setembro.

2.7 Sistema de coordenadas geográficas – Localização sobre a superfície terrestre.

Determinação e plotagem da coordenada. Posição geográfica do Brasil

- Efetuar plotagens pela aplicação de sistema de coordenadas geográficas.

Os sistemas de coordenadas são necessários para expressar a posição de pontos sobre uma superfície, seja ela, um plano ou uma esfera. É com base em determinados sistemas de coordenadas, que descrevemos geometricamente a superfície terrestre.

Posição: Ponto que se define na superfície da Terra. Quando plotada em uma carta aeronáutica, define-se por meio de coordenadas geográficas o local onde se encontra a aeronave.

Sistema de Coordenadas Planas ortogonais – é um sistema gradeado sobre uma superfície plana onde determina-se que linhas verticais uniformemente espaçadas cruzem-se ortogonalmente (90°) com linhas horizontais, também uniformemente espaçadas. Um sistema destes pode ser adaptado para representar a superfície terrestre, que é esférica. (Assunto a ser tratado em Projeções).

Qualquer ponto da superfície terrestre pode ser representado por um par de números (coordenadas) onde o primeiro número representa a distância horizontal (longitude) e o segundo, a distância vertical (latitude).

Coordenadas geográficas:

Localização sobre a superfície terrestre - as coordenadas geográficas, que são os meridianos e paralelos, localizam qualquer ponto sobre a superfície terrestre. É necessário que se conheçam os valores em graus da latitude (arco de meridiano) e da longitude (arco de paralelo).

Além dos valores dessas coordenadas, deve-se identificar o hemisfério onde está o ponto representado (latitudes Norte ou Sul e Longitudes Leste ou Oeste).

Exemplo do ponto “P” da figura:

- latitude (ϕ) = $40^{\circ} 00' 00''$ N
- longitude (λ) = $060^{\circ} 00' 00''$ W.

Posição geográfica do Brasil - Para a realização precisa da localização geográfica do Brasil e de outros países, independentemente do ponto do planeta, faz-se necessária a utilização das



Fonte: IBGE. Anuário estatístico do Brasil 2000. Rio de Janeiro, 2002.

coordenadas geográficas (latitude e longitude).

- No sentido leste-oeste, o Brasil apresenta 4.319,4 Km de distância, os extremos são a Serra

Contamana, onde está localizada a nascente do rio Moa (AC); a oeste, com longitude de $73^{\circ}59'32''$; e Ponta do Seixas (PB), a leste, com longitude $34^{\circ}47'30''$.

- Os extremos no sentido norte-sul apresentam 4.394,7 Km de distância e são representados pelo Monte Caburaí (RR), ao norte do Estado, com latitude $5^{\circ}16'20''$; e Arroio Chuí (RS), ao sul, com latitude $33^{\circ}45'03''$.

O território brasileiro está localizado no Continente Americano, mais precisamente na América do Sul. Fica a oeste do meridiano de Greenwich, portanto sua área está situada no hemisfério ocidental.

A linha do Equador passa no extremo norte do Brasil, na cidade de Macapá (Ap), fazendo com que 7% do seu território pertença ao hemisfério setentrional (Norte) e 93% esteja localizado no hemisfério meridional (Sul). O Trópico de Capricórnio passa na Cidade de São Paulo (Sp).

Com essa localização, o Brasil tem 92% do seu território na zona intertropical e os 8% restantes estão na zona temperada do sul (entre o trópico de Capricórnio e o círculo polar Antártico).

2.8 Sistema de coordenadas WGS-84 de Cartas de Navegação (World Geodetic System 1984)

O WGS-84 é a quarta versão de sistema de referência geodésico global estabelecido pelo U.S. Department of Defense (DoD) desde 1960 com o objetivo de fornecer o posicionamento e navegação em qualquer parte do mundo, através de informações espaciais [MALYS & SLATER, 1994]. Ele é o sistema de referência das efemérides operacionais do sistema GPS.

NOTA:

A palavra **setentrional** é um adjetivo derivado de setentrião (conhecido na mitologia romana como Bóreas, donde vem o sinônimo boreal), nome que os antigos romanos davam às sete (septem) estrelas do Grande Carro, constelação que contém a Ursa Maior e a Ursa Menor e lembrava um conjunto de bois (trionis) arando uma extensão de campo.

A palavra **meridional** é um adjetivo derivado de meio-dia. Para os moradores do hemisfério norte, ao meio-dia, o Sol se posiciona ligeiramente ao Sul, exceto no solstício de verão, quando o Sol se posiciona exatamente no meio do céu. O adjetivo austral deriva de "australis", palavra que origina-se do deus latino dos ventos do sul: Auster.

3 Orientação sobre a superfície da Terra

- Utilizar corretamente os elementos básicos de orientação para determinar a posição e a direção da aeronave em relação à superfície da Terra.

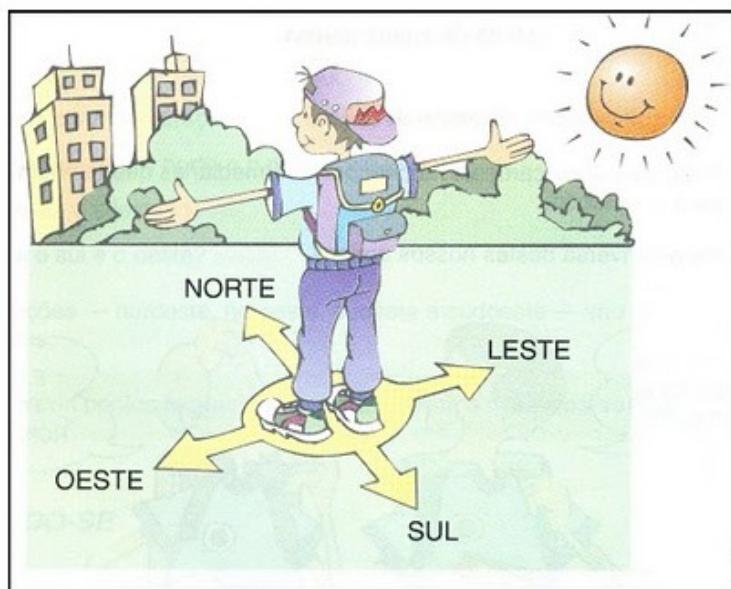
3.1 Orientação – Nascer e pôr-do-sol. Pontos cardeais, colaterais e subcolaterais. Quadrantes

Orientação pelo Sol – utilizam-se os momentos do nascer e do pôr do Sol para identificar facilmente os pontos cardeais.

Como regra geral, se um observador estender o seu braço direito para o Sol nascente, que fica a Leste, ele terá o Norte geográfico (verdadeiro) à sua frente.

Para um observador fixo numa cidade na linha do Equador (Macapá, por exemplo), durante um ano, o Sol aparentemente se “desloca” $46^{\circ} 54'$, sendo $23^{\circ} 27'$ ao norte e $23^{\circ} 27'$ ao sul.

Por isso, esse tipo de orientação só é precisa nas datas de Equinócio de Setembro ou de Março.



Pontos Cardeais, Colaterais e Sub-colaterais:

4 Pontos Cardeais:

1. N = Norte (360° / 000°).
2. E = Leste (90°).
3. S = Sul (180°).
4. W = Oeste (270°).

4 Pontos Colaterais:

1. NE = Nordeste (45°).
2. SE = Sudeste (135°).
3. SW = Sudoeste (225°).
4. NW = Noroeste (315°).

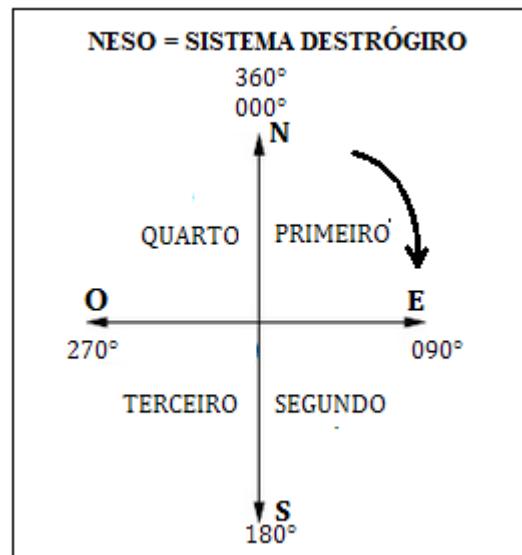
8 Pontos Sub-colaterais:

1. NNE = Norte-Nordeste ($22,5^{\circ}$).
2. ENE = Leste-Nordeste ($67,5^{\circ}$).
3. ESE = Leste-Sudeste ($112,5^{\circ}$).
4. SSE = Sul-Sudeste ($157,5^{\circ}$).
5. SSW = Sul-Sudoeste ($202,5^{\circ}$).
6. WSW = Oeste-Sudoeste ($247,5^{\circ}$).
7. WNW = Oeste-Noroeste ($292,5^{\circ}$).
8. NNW = Norte-Noroeste ($337,5^{\circ}$).

Quadrantes – A representação dos pontos cardinais é feita sobre uma circunferência que representa o Globo terrestre visto frontalmente à linha do Equador. Essa circunferência é dividida em quatro quadrantes, tendo como eixo horizontal a linha do Equador e como eixo vertical o meridiano de Greenwich.

Na extremidade de cima do eixo vertical está a indicação de 000° ou 360° que é o Norte Geográfico. Seguindo à direita, (Sistema Destrógiro), teremos a distribuição dos quatro quadrantes, na ordem NESO (Norte, Este, Sul e Oeste) cuja numeração e extremos são:

1. primeiro quadrante de 000° a 090° (Norte para Este).
2. segundo quadrante de 090° a 180° (Este para Sul).
3. terceiro quadrante de 180° a 270° (Sul para Oeste).
4. quarto quadrante de 270° a 360° (Oeste para Norte).

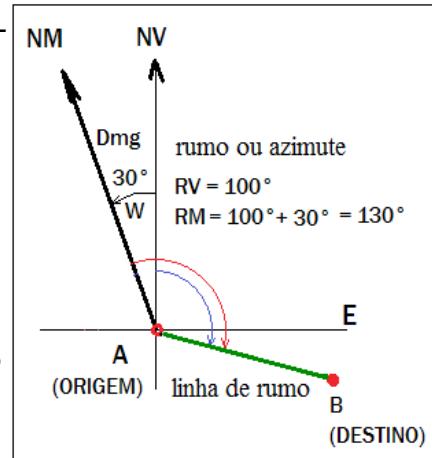


3.2 Graus direcionais – Leitura no sentido horizontal tendo o norte como referência. Graus direcionais

Direção (em Física) – está associado à posição espacial da linha-suporte de um vetor, em relação a um referencial, dentro do sistema ortogonal e tridimensional de eixos. Com isso, a direção pode ser: horizontal, vertical, ou inclinada a determinado ângulo.

Direção ou linha de rumo (em navegação) - está associado ao conceito de uma linha imaginária, partindo do ponto de origem no **sentido** de do ponto de destino.

Azimute ou rumo (em navegação) - é o ângulo formado entre o Norte do meridiano que passa pelo ponto de origem e a linha de rumo. É dado em graus angulares, de 000° até 360° no sentido horário ou NESO (Norte, Este, Sul e Oeste).



Leitura no sentido horizontal tendo o norte como referência - De acordo com o tipo de Norte que será usado como referência, os azimutes ou rumos serão:

Magnético – Norte Magnético (NM), conforme a Declinação Magnética (DG) de cada lugar, representada nos mapas de navegação.

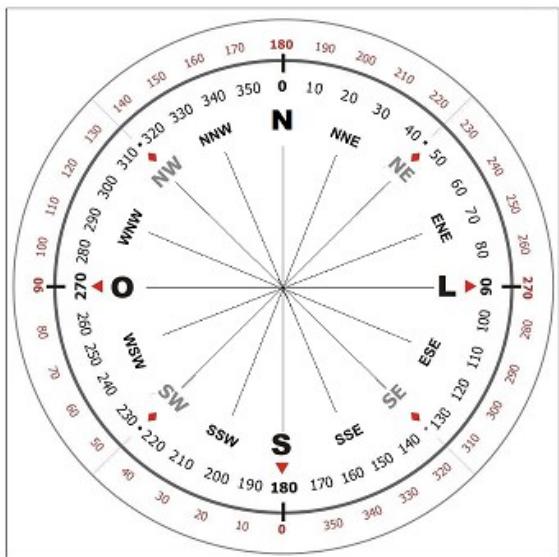
ou Geográfico – Norte Verdadeiro (NV), baseado no Polo Norte geográfico ou ponto de convergência de todos os Meridianos.

- Magnéticos – Norte Magnético (NM), conforme a Declinação Magnética (DG) de cada

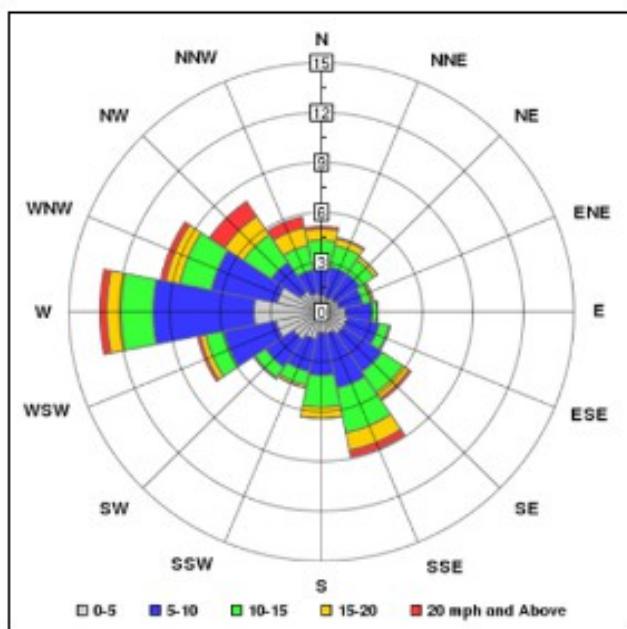
lugar, representada nos mapas de navegação.

- Verdadeiro ou Geográficos – Norte Verdadeiro (NV), baseado no Polo Norte geográfico ou ponto de convergência de todos os Meridianos.

3.3 Rosa-dos-Ventos. Posicionamento angular de um ponto para outro. Leitura na carta



Rosa dos Ventos em navegação - é a representação das direções num gráfico circular, orientado no sentido NESO, onde aparecem os 4 Pontos Cardeais, 4 Pontos Colaterais e 8 Pontos Sub-Colaterais (ver item 3.1).



Rosa dos Ventos em meteorologia – é um gráfico de barras radiais, gerado sobre um sistema de coordenadas polares, com a orientação NESO, da rosa dos ventos, onde é representada a variação dos parâmetros vetoriais do vento (direção, sentido de onde vem e velocidade) durante **um determinado período**.

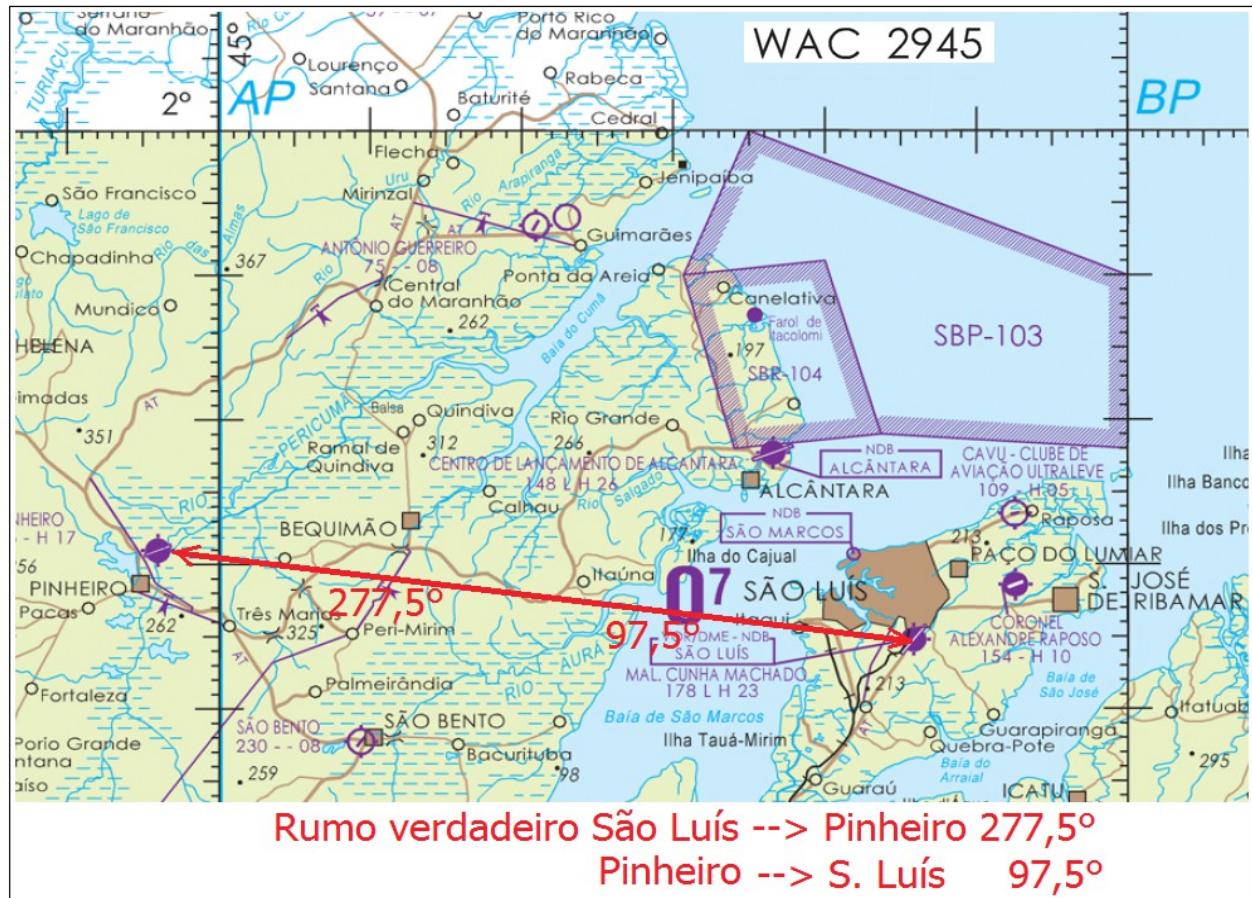
As velocidades são codificadas em cores e a escala radial indica o percentual do tempo do vento em determinado sentido.

Posicionamento angular de um ponto para outro. Leitura na carta WAC – traçar uma rota entre o ponto de origem e o de destino, e com um transferidor, determinar o Rumo Verdadeiro, utilizando um meridiano ou um paralelo como referência.

Exemplo: traçar uma rota entre São Luís (Ma) e Pineiro (Ma), e vice-versa, determinando seus rumos verdadeiros e distância.

A distância pode ser determinada por cálculo de proporção de escala:

- determina-se quantos milímetros equivalem a cada grau de latitude, medido **sobre um meridiano**. Cada grau equivale a 60 milhas náuticas (ver capítulo 4). Não usar as distâncias sobre os paralelos, exceto o Equador, pois elas vão diminuindo à proporção que aumentam as latitudes, até zerar nos polos.
- Comparar a distância em escala, entre origem e destino, com a distância em escala de um grau de latitude, aplicando a regra de três.



- $1^\circ \Rightarrow 60 \text{ NM} = 108 \text{ mm}$ (em escala)
- distância em escala: Pinheiro / S. Luís = 91 mm

Regra de três: 108 mm → 60 NM
 91 mm → x NM

$$x = (91 * 60) / 108 \rightarrow x = 50,55 \text{ NM} \text{ (distância real entre Pinheiro / S. Luís)}$$

4 - Unidades de medidas de distância e de velocidade.

- Identificar as unidades de medidas de distância e de velocidade adotadas pela OACI.

4.1 Unidades de medidas de distância – Quilômetro, milha terrestre, milha náutica: valores; símbolos.

Sistema Internacional de Unidades (SI) - a unidade básica do comprimento é o metro (m). O quilômetro (Km) é múltiplo do metro: $1\text{ Km} = 1.000\text{ m} (1 \times 10^3\text{ m})$.

Sistema Imperial de medidas

Milha terrestre (st = statute mile) - é uma unidade de medida de comprimento equivalente a 1.609,344 m.
 $1\text{ mi} = 5280\text{ ft}$ (pés).

Pé (ft = foot) - é uma unidade de medida de comprimento equivalente a 12" (in = inch ou polegada)
 $1\text{ ft} = 30,48\text{ cm}$ ou $0,3048\text{ m}$. $1\text{ Km} = 3.048\text{ ft}$.

São mais utilizados nos Estados Unidos e Reino Unido.

A definição convencional da milha náutica foi adotada na I Conferência Hidrográfica Internacional Extraordinária ("First International Extraordinary Hydrographic Conference"), realizada em Mónaco, em 1929.

1 milha náutica (NM = Nautic Mile) - é uma unidade de medida de comprimento equivalente a 1.852 m.
 $1\text{ NM} = 5.644\text{ ft}$ (pés).

A milha náutica deriva diretamente da milha geográfica e corresponde ao valor aproximado de 1' (um minuto) de grande círculo, isto é, de um ângulo de 1' medido sobre o equador ou ao longo de qualquer meridiano: um grau corresponde a 60 milhas náuticas.

4.2 Unidades de velocidade – Kt, MPH e Km/h

Nó (Kt = knot) - é uma unidade de medida de velocidade equivalente a uma milha náutica por hora, ou seja 1.852 m/h ou $1,852\text{ Km/h}$ ou $0,5144\text{ m/s}$.

Sistema Imperial de medidas

Milha por hora (MPH = Mile per hour) - é uma unidade de medida de velocidade equivalente a uma milha terrestre por hora, ou seja $1.609,344\text{ m/h}$ ou $1,609\text{ Km/h}$.

Sistema Internacional de Unidades (SI)

Quilômetro por hora (Km/h) – Unidade de medida de velocidade com as seguintes equivalências:
 $1\text{ Km/h} = 0,27777\text{ m/s}$
 $1\text{ Km/h} = 0,54\text{ Kt}$
 $1\text{ Km/h} = 0,631\text{ MPH}$

4.3 Unidades geodésicas – Relação entre grau, arco e distância.

Geodésia - é a ciência que trata da medida e do monitoramento do tamanho e da forma da Terra, além da localização de pontos em sua superfície (NOOA 2005).

Geodésia Geométrica - É a parte da Geodésia que trata das medidas lineares e angulares realizadas na superfície terrestre.

Ângulo - É a região do plano limitada por duas semi - retas com a mesma origem. As semi-retas são os lados, e o seu ponto de cruzamento é o vértice do ângulo. Os ângulos são classificados de acordo com suas medidas:

- Agudo: ângulo com medida menor que 90° .
- Reto: ângulo com medida igual a 90° .
- Obtuso: ângulo com medida maior que 90° .
- Raso: ângulo com medida igual a 0° ou 180° .

Grau (°) - É a unidade de medida para ângulos. Como uma circunferência tem 360 graus, logo, um grau é a medida de um ângulo que corresponde a $1/360$ da circunferência.

Subdivisão: 1° (um grau) equivale a $60'$ (sessenta minutos) e $1'$ (um minuto) equivale a $60''$ (sessenta segundos).

Radiano: medida de um arco com o comprimento igual ao raio da circunferência.

Comprimento da Circunferência (perímetro) – o comprimento da circunferência é dado em radianos (rad) e calculado pela fórmula:

$$C = 2\pi r$$

Um grau de latitude, ou de longitude na linha do equador, corresponde a 60 Milhas Náuticas (NM). Portanto:

1 NM (1.852 m) equivale a 1 minuto de arco de meridiano ou de Equador.

4.4 Conversões.

- Efetuar cálculos e conversões aplicáveis à navegação.

Cálculos e conversões com medidas de distância e velocidade: conhecendo-se as equivalências dadas nos itens 4.1 e 4.2, basta utilizar a regra de três simples.

Para Adição de graus, minutos e segundos temos que seguir a seguinte regra:

1. Iniciar a operação pelos segundos.
2. Quando a soma dos segundos chegar a um valor entre 60 e 119, deve-se subtrair o valor de 60, deixando o resto como segundos e adicionando um minuto na casa dos minutos.
3. Repete-se o mesmo procedimento para a casa dos minutos.
4. Somam-se os valores dos graus.

Exemplo de Adição de graus, minutos e segundos:

$$\begin{array}{r} 2^\circ 45' 50'' \\ 6^\circ 43' 39'' \\ \hline 89'' \end{array}$$

1. A soma dos segundos deu 89''. Subtraindo 60'' o resto é 29''. Transfere-se 1'

$$\begin{array}{r} 1' \leftarrow \\ \hline 2^\circ 45' 50'' \\ 6^\circ 43' 39'' \\ \hline 89' 29'' \end{array} (60'')$$

2. A soma dos minutos deu 89'. Subtraindo 60' o resto é 29'. Transfere-se 1°

$$\begin{array}{r} 1^\circ 1' \\ \hline 2^\circ 45' 50'' \\ 6^\circ 43' 39'' \\ \hline 29' 29'' \end{array} (60')$$

Somam-se os graus.

$$\begin{array}{r} 1^\circ 1' \\ \hline 2^\circ 45' 50'' \\ 6^\circ 43' 39'' \\ \hline 9^\circ 29' 29'' \end{array}$$

Para Subtração de graus, minutos e segundos temos que seguir a seguinte regra:

1. Subtrai-se sempre o menor valor (subtraendo) do maior valor (minuendo) em graus, para

Exemplo de subtração de graus, minutos e segundos:

$$\begin{array}{r} 134^\circ 02' 27'' \\ - 030^\circ 49' 58'' \\ \hline \end{array} \quad \text{Como } 27'' < 58'', \text{ então}$$

$$\begin{array}{r} - 01' + 60'' \\ \hline 02' \\ - 49' \\ \hline 29'' \end{array} \quad \begin{array}{r} 27'' = 87'' \\ - 58'' \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 134^\circ 01' 87'' \\ - 030^\circ 49' - 58'' \\ \hline 29'' \end{array} \quad \text{Como } 01' < 49', \text{ então}$$

$$\begin{array}{r} - 01' + 60' \\ \hline 134^\circ 01' = 61' \\ - 030^\circ - 49' \\ \hline 12' \end{array} \quad \begin{array}{r} 87'' \\ - 58'' \\ \hline 29'' \end{array}$$

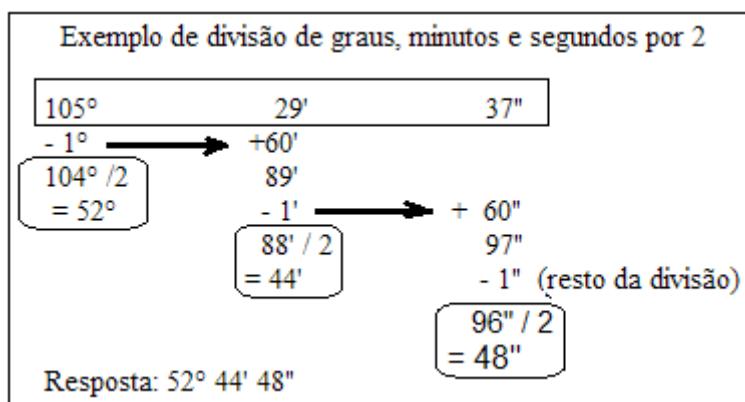
$$\begin{array}{r} 133^\circ 61' 87'' \\ - 030^\circ - 49' - 58'' \\ \hline 103^\circ 12' 29'' \end{array}$$

quaisquer valores de minutos e segundos.

2. Iniciar a operação pelos segundos.
3. Se o valor dos segundos do minuendo for menor do que ao valor do subtraendo, tomam-se 60" emprestados da casa dos minutos do minuendo (um minuto), somam-se ao valor original e faz-se a subtração dos segundos.
4. Subtrai-se 1 minuto do valor dos minutos do minuendo, e se esse valor for menor do que o valor dos minutos do subtraendo, tomam-se 60' emprestados da casa dos graus do minuendo (um grau), somam-se ao valor original e faz-se a subtração dos minutos.
5. Subtrai-se 1 grau do valor dos graus do minuendo e faz-se a subtração dos graus.

Para divisão de graus, minutos e segundos por 2, temos que converter o valor dado em números pares:

1. Se o valor dos graus for ímpar, fazer a conversão em número par, subtraindo 1 grau, que será transferido como 60 minutos.
2. Adicionar 60 minutos ao valor dos minutos. Se esse valor for ímpar, subtrair 1 minuto, que será transferido como 60 segundos.
3. Adicionar 60 segundos ao valor dos segundos. Se esse valor for ímpar, subtrair 1 segundo, que será o resto da operação de divisão por 2.
4. dividir os valores de graus, minutos e segundos por 2.



Conversão de graus, minutos e segundos em graus decimais:

Exemplo: 29° 18' 44"

1. converter 44" em minutos decimais: $44'' / 60 = 0,73'$ e juntar ao valor dado;
2. converter 18,73' em graus decimais: $18,73' / 60 = 0,31^\circ$ e juntar ao valor dado;
3. resposta: $29^\circ 18' 44'' = 29,31^\circ$

Conversão de horas, minutos e segundos em horas decimais:

Exemplo: 04:26: 33 h

4. converter 33" em minutos decimais: $33'' / 60 = 0,55'$ e juntar ao valor dado;
5. converter 26,55' em horas decimais: $26,55' / 60 = 0,43\text{ h}$, e juntar ao valor dado;
6. resposta: $04:26:33\text{ h} = 04,43\text{ h}$.

5 Mapas e cartas

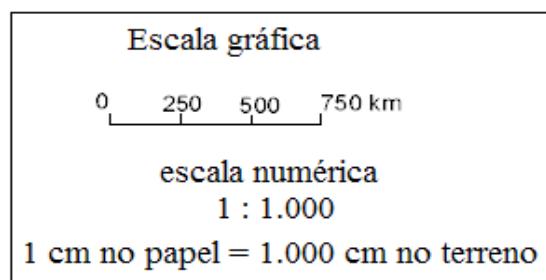
A Cartografia abrange o conjunto de estudos e operações científicas, artísticas e técnicas que, a partir dos resultados das observações diretas ou da exploração de documentações, visa à elaboração ou à utilização de mapas. Reúne as atividades que vão desde o levantamento de campo ou pesquisa bibliográfica, até a impressão definitiva e a publicação do mapa elaborado. O Brasil adota as normas e padrões recomendados para a cartografia aeronáutica pelos estados signatários da OACI. <http://www.decea.gov.br/espaco-aereo/cartografia-aeronautica/>

Mapa - é a representação de uma grande área geográfica ou parte da superfície da Terra, desenhada ou impressa em uma superfície plana. Contém uma série de símbolos convencionais que representam os diferentes elementos naturais, artificiais ou culturais de uma região ou país e também suas fronteiras.

Carta – é uma representação da superfície terrestre sobre um plano, mas especialmente traçada para ser usada em navegação ou outra atividade técnica ou científica, servindo não só para ser examinada, mas principalmente, para que se trabalhe sobre ela na resolução de problemas gráficos, onde os principais elementos serão ângulos e distâncias, ou na determinação da posição através das coordenadas geográficas (latitude e longitude). As Cartas permitem medições precisas de distâncias e direções (azimutes). Desta forma, os documentos cartográficos utilizados em navegação são sempre chamados de Cartas. <http://www.aisweb.aer.mil.br/?i=cartas>

Escalas - as escalas empregadas como referência de um mapa ou carta, podem ser métricas ou gráficas.

- As escalas métricas ou numéricas são apresentadas em forma de fração.
- As escalas gráficas são representadas por uma régua numerada na escala do terreno. Têm a vantagem de acompanhar qualquer ampliação ou redução que possam vir a ser feitas por meio de cópias heliográficas ou xerográficas do desenho.



Elas representam a proporção das medidas do desenho com as medidas reais do terreno.

Exemplos:

1: 1.000 - quer dizer que o elemento está representado 1.000 vezes menor do que o real.

1:1 - o elemento está representado em tamanho natural

Escalas mais empregadas:

1:50, 1:100, 1:200, 1:250, 1:500 - desenho de edificações, terraplenagem, etc.

1:500, 1:1.000, 1:2.000 - desenho de planta de fazenda, sítio, vila, planta cadastral urbana, etc.

1:5.000, 1:10.000 - planta de cidade de pequeno ou médio porte.

1: 100.000 ou 1: 1.000.000 - planta regional (região metropolitana, grandes cidades), estadual, do país, etc.

Cartas de Navegação - o Instituto de Cartografia Aeronáutica (ICA) desenvolve duas importantes cartas de navegação: as Cartas de Navegação Visual (Cartas VFR - Visual Flight Rules) e as Cartas de Navegação por Instrumentos (Cartas IFR - Instrument Flight Rules).

- *WAC (World Aeronautical Chart ou Carta Aeronáutica Mundial* – é a principal carta utilizada em navegação VFR, com escala 1:1.000.000). Será estudada à frente.
- *Carta Aeronáutica de Pilotagem (CAP)* - produzida de forma semelhante à WAC, na escala de 1:250.000 e, como ela, destina-se ao voo visual, principalmente ao realizado à baixa altitude. Não está prevista pela OACI. Há necessidade de 557 folhas (1x1,5 graus) para cobrir todo o território brasileiro
- *Carta de Navegação Aérea Visual (CNAV)* - destina-se, como as WAC, a atender as necessidades do voo visual, principalmente ao realizado à média altitude. É editada na escala de 1:500.000 e é recomendada pela OACI. São necessárias 158 folhas (2x3 graus) para cobrir todo o território brasileiro.

5.1 Teoria das projeções – Tipos de projeções usadas nas cartas aeronáuticas WAC.

- Descrever a teoria das projeções e os tipos comumente utilizados para a confecção de cartas e mapas terrestres para fins aeronáuticos.

CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS

A única forma rigorosa de representar a superfície da Terra é por meio de globos, nos quais se conservam exatamente as posições relativas de todos os pontos e as dimensões são apresentadas em uma escala única.

Entretanto, os detalhes que a navegação exige, obrigariam à construção de um globo de proporções exageradas (em um globo de 1,28m de diâmetro, por exemplo, a escala é de aproximadamente 1/10.000.000, o que não permite representar detalhes inferiores a 2km).

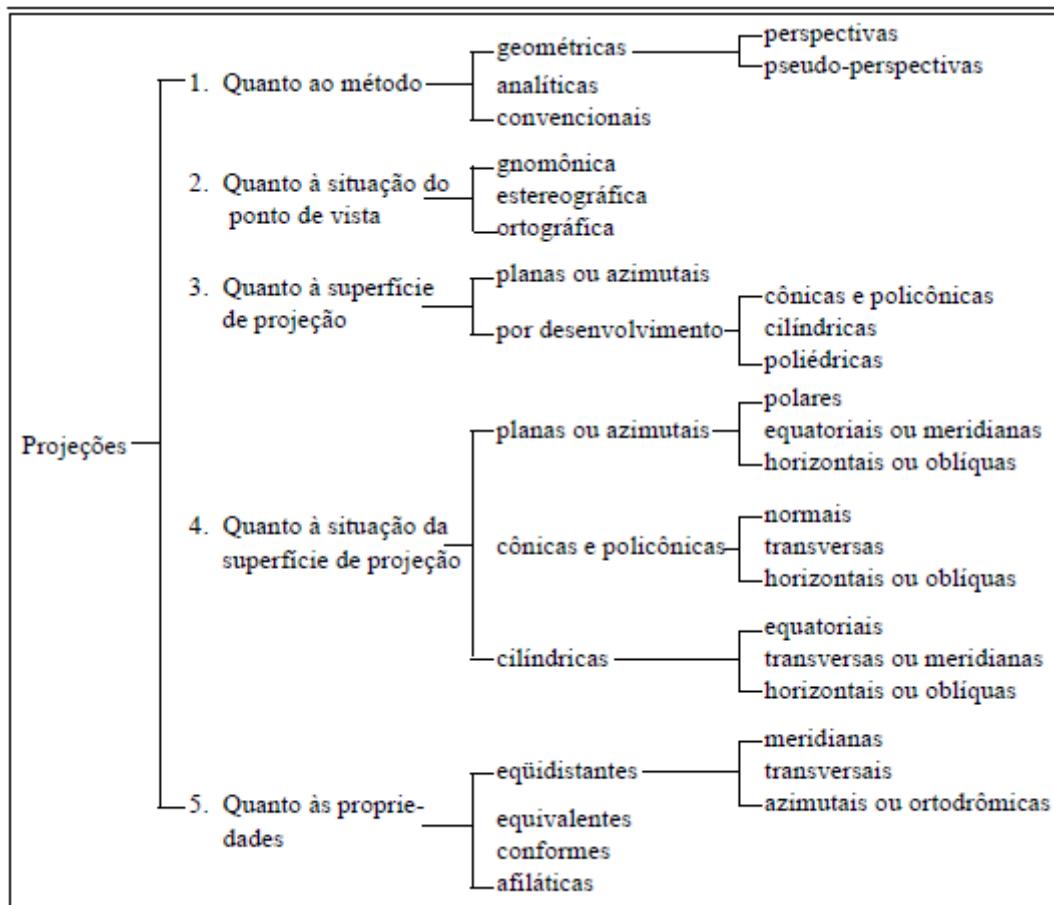
Este inconveniente e mais as dificuldades que se apresentariam para o traçado de rotas ou a plotagem de pontos, a bordo de uma aeronave, por exemplo, afastam de cogitações este sistema. Por isso, interessa representar sobre uma folha de papel (no plano) a totalidade ou uma parte da superfície terrestre.

É impossível fazer isto sem deformações ou distorções, pois a superfície de uma esfera (ou de um elipsóide) não é desenvolvível no plano.

Sistemas de projeções cartográficas - são métodos utilizados para representar a superfície de uma esfera (ou de um elipsóide), no todo ou em parte, sobre uma superfície plana.

O processo consiste em transferir pontos da superfície da esfera (ou elipsóide) para um plano, ou para uma superfície desenvolvível em um plano, tal como um cilindro ou um cone.

O ideal seria construir uma carta que reunisse todas as propriedades, representando uma superfície rigorosamente semelhante à superfície da Terra. Esta carta deveria possuir as seguintes propriedades:



1. Representação dos ângulos sem deformação e, em decorrência, manutenção da verdadeira forma das áreas a serem representadas (conformidade).
2. Inalterabilidade das dimensões relativas das mesmas (equivalência).
3. Constância das relações entre as distâncias dos pontos representados e as distâncias dos seus correspondentes na superfície da Terra (eqüidistância).
4. Representação dos círculos máximos por meio de linhas retas.
5. Representação das loxodromias (linhas de rumo) por linhas retas.
6. Facilidade de obtenção das coordenadas geográficas dos pontos e, vice-versa, da plotagem dos pontos por meio de suas coordenadas geográficas.

A Cartografia Aeronáutica necessita representar a linha de rumo (loxodromia) como uma linha reta e de modo que essa reta forme um ângulo constante e igual ao seu azimute com as transformadas dos meridianos. Desta forma, o tipo de projeção escolhido deverá satisfazer essa exigência.

As projeções, quanto ao método de construção, classificam-se em:

- geométricas.
- analíticas.
- convencionais.

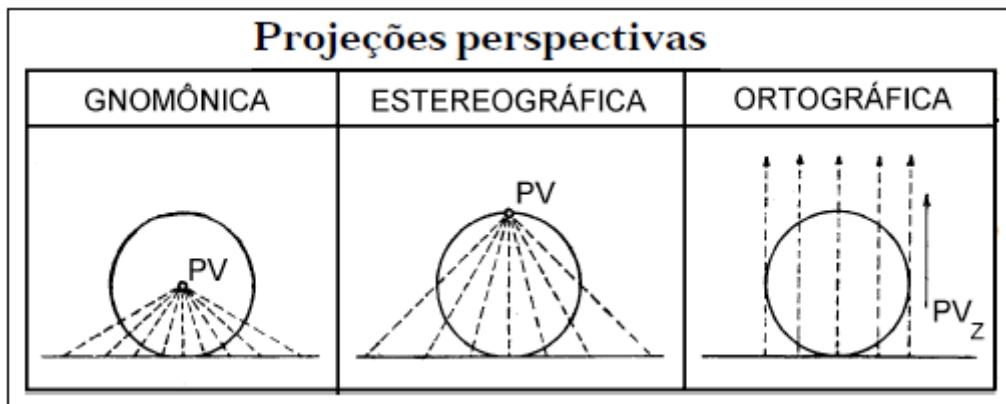
As projeções geométricas se baseiam em princípios geométricos projetivos. Classificam-se em:

- projeções perspectivas.
- Pseudo-perspectivas.

As projeções tipo perspectivas - são as obtidas pelas interseções sobre determinada superfície dos feixes de retas que passam pelos pontos correspondentes da superfície da Terra e por um ponto fixo, denominado ponto de vista.

O ponto de vista é sempre considerado como situado sobre a direção da vertical do ponto central da porção da superfície da Terra que se deseja representar, e pode estar disposto a qualquer distância do centro da Terra, desde o infinito até coincidente com esse próprio centro. Porém, ele é geralmente situado em três posições:

- a) gnomônica – ponto de vista no centro da Terra.
- b) estereográfica – ponto de vista na superfície da Terra.
- c) ortográfica – ponto de vista no infinito.



Projeções pseudo-perspectivas - são projeções perspectivas nas quais se recorre a algum artifício, de maneira a se obter determinada propriedade.

Um exemplo desse tipo de projeção é a projeção cilíndrica equatorial estereográfica, na qual o ponto de vista não fica fixo, mas vai percorrendo o equador, situando-se sempre no anti-meridiano do ponto a projetar.

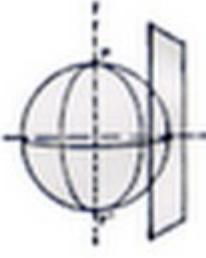
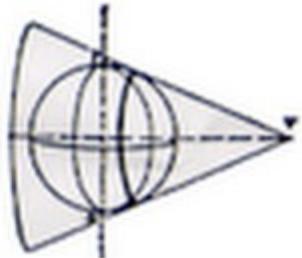
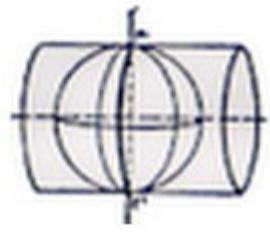
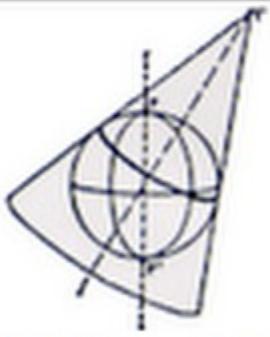
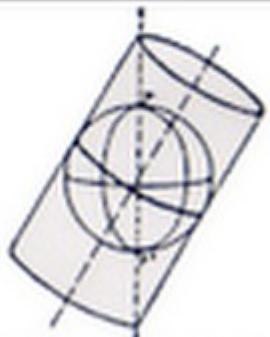
Projeções analíticas são aquelas que perderam o sentido geométrico propriamente dito, em consequência da introdução de leis matemáticas, visando-se conseguir determinadas propriedades. Em virtude das diversas adaptações que as projeções deste grupo podem sofrer quando se deseja obter essa ou aquela propriedade, tal grupo assume grande importância.

Projeções convencionais são as que se baseiam em princípios arbitrários, puramente convencionais, em função dos quais se estabelecem suas expressões matemáticas.

Outra importante classificação dos sistemas de projeções é de acordo com a superfície de projeção adotada. Essa superfície pode ser um plano ou uma superfície auxiliar desenvolvível em um plano. São classificadas em:

- projeções planas.
- projeções por desenvolvimento.

Projeção plana – a superfície de projeção é um plano que poderá ser tangente ou secante à superfície da Terra. A projeção plana é geralmente chamada azimutal, em virtude de os azimutes em torno do ponto de tangência serem representados sem deformações. As projeções azimutais também são denominadas de zenitais.

PLANAS	CÔNICAS	CILÍNDRICAS
		
POLAR - plano tangente ao polo	NORMAL - eixo do cone paralelo ao eixo da terra	EQUATORIAL - eixo do cilindro paralelo ao eixo da terra
		
EQUATORIAL - plano tangente ao Equador	TRANSVERSA - eixo do cone perpendicular ao eixo da terra	TRANSVERSA - eixo do cilindro perpendicular ao eixo da terra
		
HORIZONTAL - plano tangente em um ponto intermediário entre o Equador e um polo	HORIZONTAL - eixo do cone inclinado em relação ao eixo da terra	HORIZONTAL - eixo do cilindro inclinado em relação ao eixo da terra

Projeção por desenvolvimento - Desenvolvimento da Esfera:

Toda vez que tentamos desenvolver uma esfera num plano, ou parte de uma esfera, podemos observar que os limites externos da superfície em desenvolvimento são os mais alterados, ao passo que tais alterações vão diminuindo na direção do centro da projeção, onde a distorção é nula.

De acordo com a natureza do sólido projetado, as projeções desse tipo classificam-se em:

- cônicas e policônicas.
- Cilíndricas.
- Poliédricas.

Conforme a figura, As projeções planas ou azimutais são classificadas em:

- polares – ponto de tangência no polo; eixo da Terra perpendicular ao plano de projeção.
- equatoriais ou meridianas – ponto de tangência no equador.
- horizontais ou oblíquas – ponto de tangência em um ponto qualquer da superfície da Terra entre o Equador e um polo.

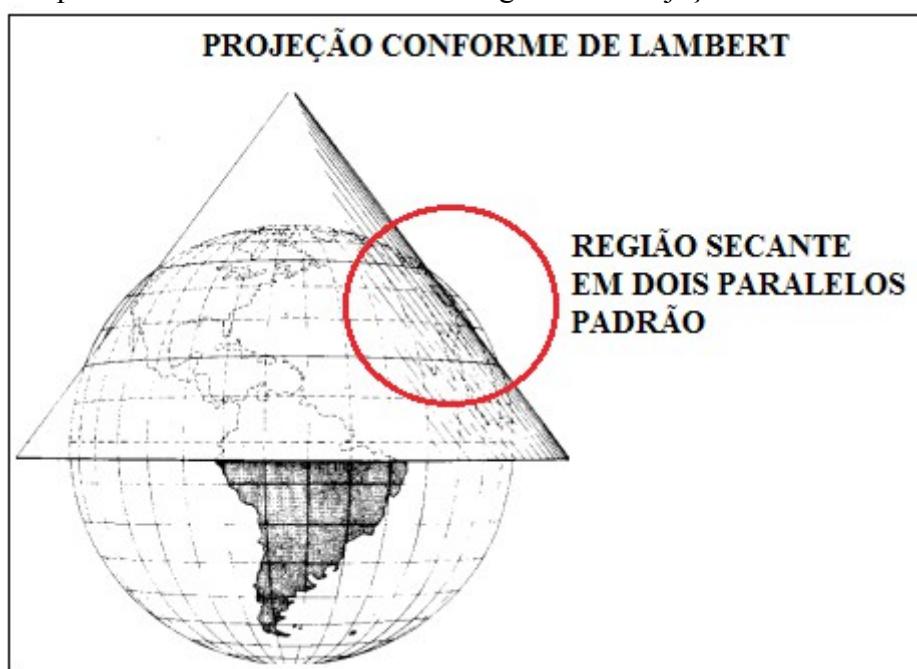
As projeções por desenvolvimento (cônicas e cilíndricas) são classificadas em:

- normais – eixo do cone paralelo ao eixo da Terra.
- equatoriais – eixo do cilindro paralelo ao eixo da Terra.
- transversas – eixos do cone ou do cilindro perpendiculares ao eixo da Terra.
- horizontais ou oblíquas – eixos do cone ou cilindro inclinados em relação ao eixo da Terra.

5.2 Projeção Lambert – Caracterização. Representação num plano. Tipos de construção.

Aplicação. Escalas gráfica e fracionária. Leitura de direções. Gradeado.

- Identificar rotas plotadas nas cartas aeronáuticas segundo as Projeções Lambert.



Uma projeção cônica simples utiliza um único cone tangente à superfície da Terra. A altura do cone aumenta à medida que a Latitude do paralelo de tangência diminui. No equador, a altura do cone é infinita e este torna-se um cilindro. No polo, a altura é zero e o cone transforma-se em um plano.

A Projeção Conforme de Lambert aumenta a faixa de Latitude da projeção cônica simples pelo uso de um cone secante, que intercepta a superfície da Terra em dois paralelos padrões

Projeção Cônica Conforme de Lambert - características gerais:

- paralelos como arcos de círculos concêntricos mas não são igualmente espaçados sendo o

espaçamento maior próximo aos paralelos-padrão e menor próximo às bordas norte e sul.

- A seleção de paralelos padrões, é estabelecida para uma região de 4° de amplitude a ser mapeada.
- As linhas retas entre pontos próximos aproximam-se de arcos de círculos máximos.
- A escala, reduzida entre os paralelos padrões, é ampliada exteriormente a eles. Isto aplica-se às escalas ao longo dos meridianos, paralelos ou qualquer outra direção, uma vez que é igual em um ponto dado.
- A projeção conforme cônica de Lambert é utilizada no tráfego aéreo.
- Utilizadas pela Organização Internacional da Aviação Civil (OIAM): Cartas Aeronáuticas na escala de 1:1.000.000;
- Estudo de fenômenos meteorológicos (Organização Mundial de Meteorologia);
- Cartas sinóticas;
- Atlas;
- Carta Internacional do Mundo na escala 1:1.000.000.
- Ponto de vista gnomônico.

VANTAGENS DA CARTA LAMBERT:

1. a escala de distância, é constante e poderá ser mantida em qualquer trecho;
2. ROTA ORTODRÔMICA - um Círculo Máximo é representado por uma reta;
3. é a carta ideal para plotagem de pontos Radiogoniométricos;
4. paralelos e meridianos cortam-se em ângulos de 90° .

DESVANTAGENS DA CARTA LAMBERT:

1. A ROTA LOXODRÔMICA é representada por uma linha curva;
2. a leitura das direções são obtidas no meridiano médio do trecho;
3. é de difícil construção, sendo possível somente por pessoas especialistas;
4. a plotagem de pontos, é mais difícil do que a Carta Mercator.

5.3 Cartas Mercator; Vantagens e desvantagens das Projeções Lambert e Mercator

Projeção Mercator: é projetada em um cilindro tangente à Terra, no Equador de modo que os paralelos e meridianos apareçam retos, cortando-se em ângulos de 90° . O mapa-mundi é um exemplo de carta com projeção de Mercator.

Características das Cartas Mercator:

- Os meridianos da projeção de Mercator são retas verticais paralelas, igualmente espaçadas;
- Os paralelos cortam os meridianos ortogonalmente, mas são espaçados a intervalos maiores, à medida que se aproximam dos polos;
- Utilizada em navegação marítima;
- Ponto de vista gnomônica.

VANTAGENS DA PROJEÇÃO MERCATOR:

1. é fácil a plotagem das coordenadas dos pontos;
2. paralelos e meridianos são linhas retas e cruzam-se a ângulos de 90° ;
3. é de fácil construção;
4. as direções podem ser lidas em qualquer meridiano que cruzem;
5. ROTA LOXODRÔMICA - representada por uma linha reta;



DESVANTAGENS DA PROJEÇÃO MERCATOR:

1. grandes distorções em altas latitudes;
2. limitação de uso em redor das latitudes 60° N e 60° S;
3. ROTA ORTODRÔMICA - um Círculo Máximo é representado por uma curva;
4. as distâncias são variáveis com as latitudes;
5. as marcações de rádio necessitam ser corrigidas em altas latitudes para serem plotadas na carta.

5.4 Mapas e cartas WAC – Caracterização. Origem. Símbolos. Interpretação. Índice das cartas para o Brasil

- Identificar e interpretar as simbologias convencionadas nas cartas aeronáuticas.

5.4.1 - WAC (World Aeronautical Chart) - Carta Aeronáutica Mundial é a principal carta utilizada em navegação VFR, escala 1:1.000.000.

Caracterização - É composta essencialmente de uma base geográfica sobre a qual são adicionadas as informações aeronáuticas, tais como: auxílios-rádio, aeródromos, espaços aéreos condicionados, bem como as altitudes máximas de quadrícula, que nada mais são que a maior elevação dentro de uma área compreendida entre um grau de diferença de latitudes e um grau de diferença de longitudes, arredondada para o múltiplo de dez metros imediatamente superior.

A atual série da WAC (3ª Edição) foi obtida através de compilação das cartas topográficas do mapeamento sistemático brasileiro, editadas pelo IBGE e DSG. Ainda baseou-se na Carta Brasil ao Milionésimo, 2ª Edição, 1976, da fundação IBGE, para regiões onde não há cartas topográficas. Para atualização das informações planimétricas foram utilizadas também imagens de sensores Orbitais Landsat e CBERS (denominação de um programa de cooperação tecnológica entre China e Brasil, para a produção de uma série satélites de observação da Terra).

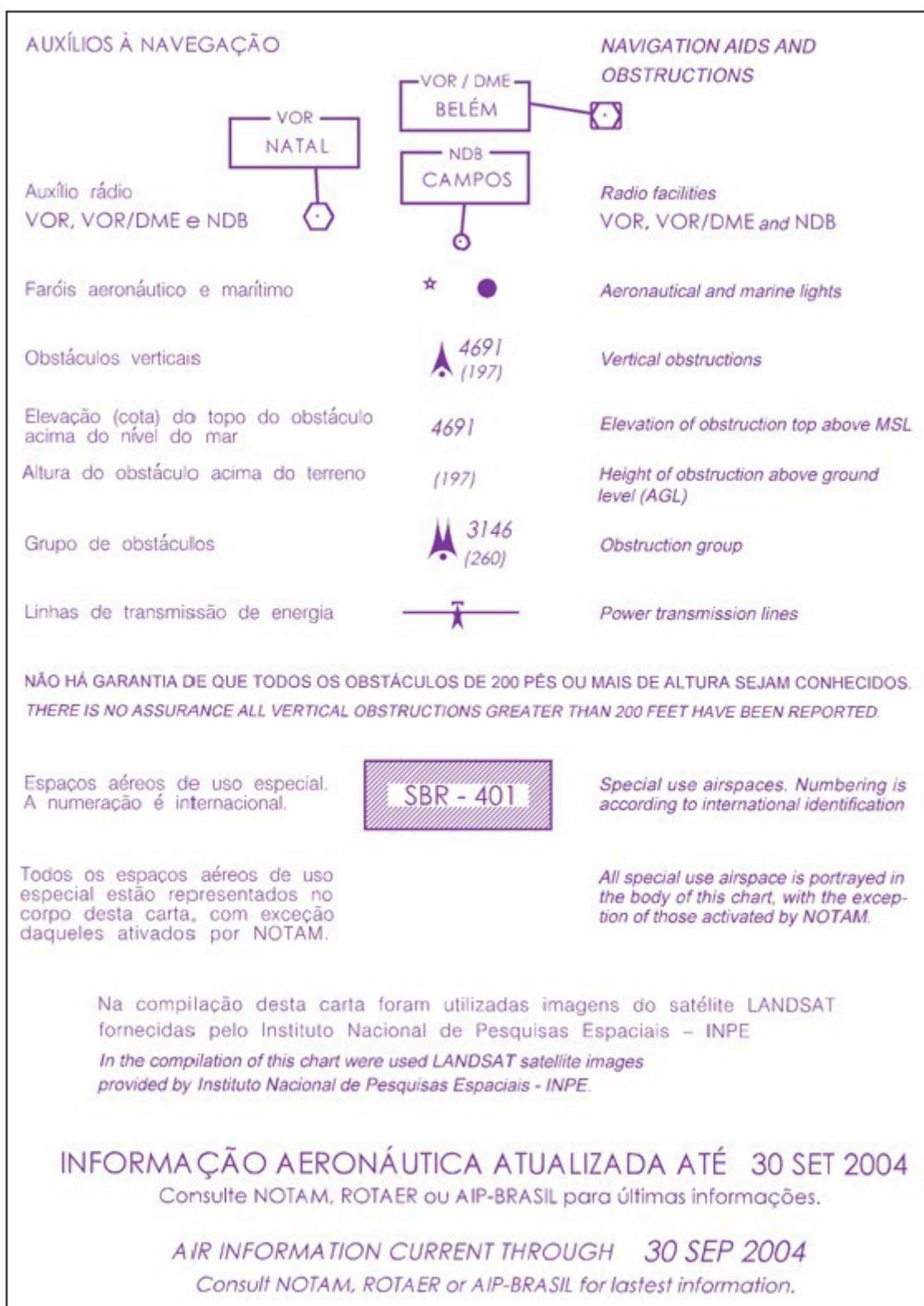
Símbolos nas cartas WAC:

A seguir, figuras das abas de legenda e informações das Cartas WAC.

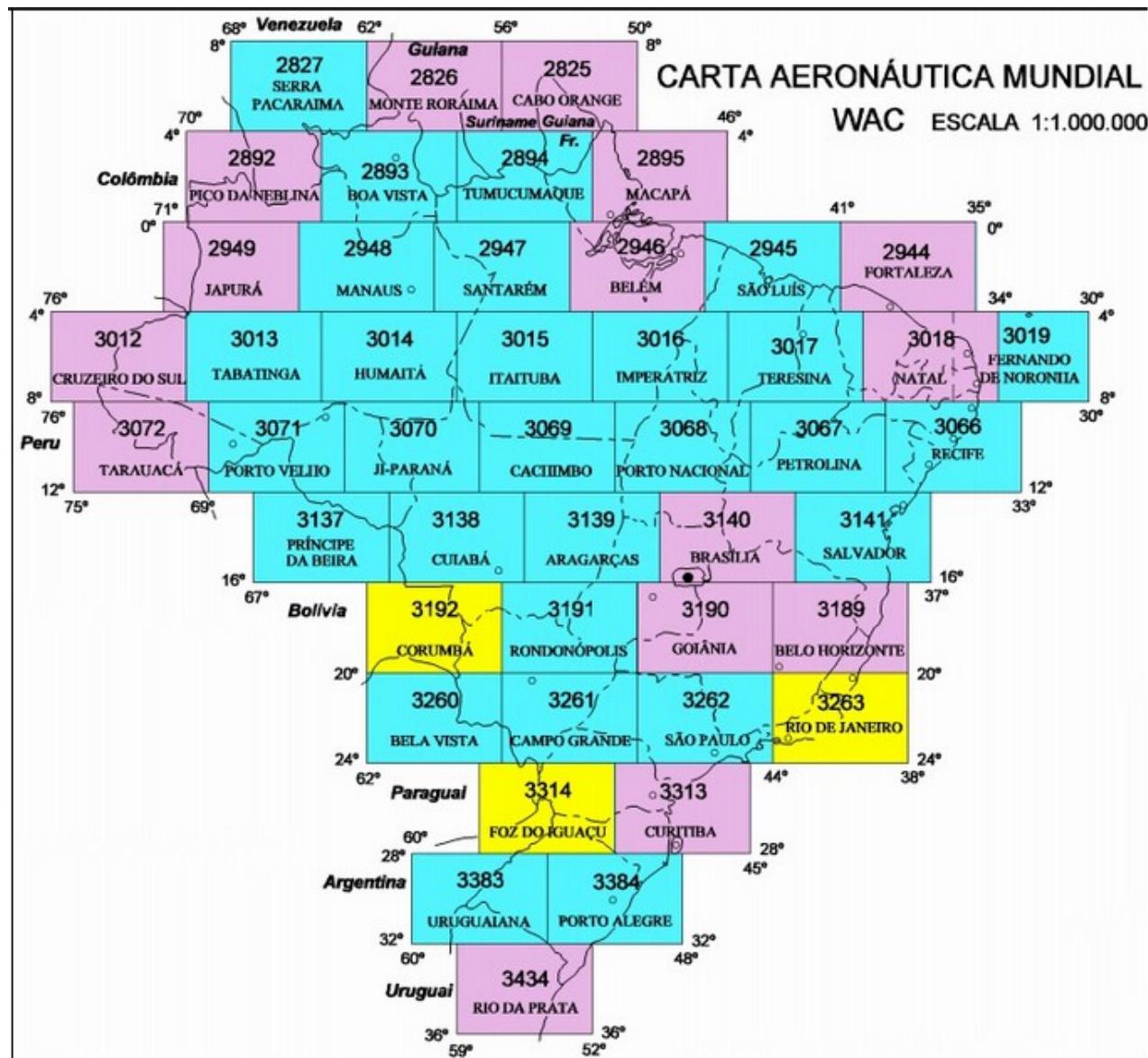
INFORMAÇÕES AERONÁUTICAS		AERONAUTICAL INFORMATION
AERÓDROMOS PRINCIPAIS		PRINCIPAL AERODROMES
Civil ou Civil/Militar		Civil or Civil/Military
Militar		Military
OUTROS AERÓDROMOS		OTHER AERODROMES
Civil ou Civil/Militar		Civil or Civil/Military
Militar		Military
Existência duvidosa		Doubtful existence
Heliporto		Heliport
Os aeródromos principais têm pistas pavimentadas com 1000m ou mais de comprimento. As pistas estão representadas na escala de 1:500.000. As pistas de todos os aeródromos estão representadas de acordo com seus rumos.		Major aerodromes have a hard surface runway length of 1000m (3280 feet) or more. Runway patterns are shown at 1:500.000 scale. The runways of all aerodromes are shown according to their bearings.
VIRACOPOS 2169 LH 32		Cota em pés acima do nível médio do mar (MSL) <i>Elevation in feet above MSL</i>
Iluminação mínima <i>Minimum lighting</i>		Comprimento da maior pista, em centenas de metros <i>Length of the longest runway in hundreds of meters</i>
Um traço (-) é inserido quando não há L ou H. <i>A dash (-) is inserted when there is not L or H.</i>		Pista pavimentada <i>Hard surface runway</i>
LINHAS ISOGÔNICAS PARA 2000 Variacão anual 3' W		ISOGONIC LINES FOR 2000 <i>Annual rate of change 3' W</i>

CONSTRUÇÕES		CULTURE	
Localidades com mais de 500.000 habitantes		OLINDA	Localities over 500.000 inhabitants
Localidades de 100.000 a 500.000 habitantes		ITAJAÍ	Localities from 100.000 to 500.000 inhabitants
Localidades de 20.000 a 100.000 habitantes		LUZIÂNIA	Localities from 20.000 to 100.000 inhabitants
Localidades com menos de 20.000 habitantes		Lontra	Localities under 20.000 inhabitants
Edificações isoladas		Faz. Golabal	Isolated buildings
Estradas de pista dupla			Dual lane roads
Estradas pavimentadas			Paved roads
Outras estradas			Other roads
Estradas de Ferro de várias linhas			Multiple track railroads
Estradas de Ferro de linha única			Single track railroads
LIMITES		BOUNDARIES	
Internacional			International
Outros			Others
Limite Internacional confirmado pela Comissão Brasileira Demarcadora de Limites. International boundary approved by Comissão Brasileira Demarcadora de Limites.			

AVISO	ATTENTION
<p>ESTA CARTA CONTÉM VALORES DE ELEVAÇÕES MÁXIMAS (VEM)</p> <p>Os valores das Elevações Máximas indicados nas quadrigulares limitadas pelas linhas graduadas de paralelos e meridianos são representados em MILHARES (algarismos grandes) e CENTENAS (algarismos pequenos) de PÉS acima do nível médio do mar. O valor é baseado na informação disponível, referente ao elemento de maior elevação (cota) conhecida em cada quadrigular, incluindo terreno e obstáculos.</p> <p>EM ÁREAS SEM INFORMAÇÕES COMPLETAS SOBRE O RELEVO, O VALOR DA ELEVAÇÃO MÁXIMA SERÁ OMITIDO.</p> <p>Exemplo: 5020 pés ----- 51</p>	<p>THIS CHART CONTAINS MAXIMUM ELEVATION FIGURES (MEF)</p> <p>The Maximum Elevation Figures shown in quadrangles bounded by ticked lines of latitude and longitude are represented in THOUSANDS (high digits) and HUNDREDS (low digits) of feet above mean sea level. The MEF is based on information available concerning the highest known feature in each quadrangle including terrain and obstructions.</p> <p>IN AREAS WITHOUT COMPLETE INFORMATION ON THE RELIEF, THE VALUE OF THE MAXIMUM ELEVATION FIGURES WILL BE OMITTED.</p> <p>Example: 5020 feet ----- 51</p>



Mapa índice de Cartas WAC para o território brasileiro:



5.4.2 - GEOREF - Sistema de Referencia Geográfico Mundial - azul (World Geographic Reference System - Blue) - é um método de designação de áreas para geração de relatórios estratégicos e navegação aérea.

Expressa as posições geográficas de forma apropriada para comunicação e plotagem e pode ser aplicado a qualquer mapa com sistemas de coordenadas: latitudes e longitudes.

GEOREF define uma área geográfica específica onde se encontra um determinado ponto de interesse. A Terra é dividida em quadrículas de longitude e latitude com um código sistemático que dá a identificação positiva para cada uma. São três níveis de divisão em quadrículas:

Primeiro nível:

São 24 zonas horizontais (largura das quadrículas) com 15° de longitude cada uma, identificadas com as letras “A” até “Z”, exceto as letras “I” e “O”.

O ponto de origem das letras horizontais é o meridiano 180° , iniciando com a letra “A” e seguindo da esquerda para a direita (Oeste para Leste), por 360° , até a letra “Z” .

São 12 zonas verticais (altura das quadrículas) com 15° de latitude cada uma, identificadas com as letras “A” até “M”, exceto a letra “I”.

O ponto de origem das letras verticais é o polo Sul (-90°), iniciando com a letra “A” e seguindo de baixo para cima (Sul para Norte) até a letra “M” ($+90^\circ$).

A primeira letra indica a longitude e a segunda letra indica a latitude.

Ex.: a quadrícula “AA” representa uma área com as coordenadas:
A (-180° a -175°), A(-90° a -75°).

Segundo nível:

Cada quadrícula de 15° agora é dividida em quinze quadrículas menores, de 1° .

Na largura, são quinze quadrículas, identificadas de “A” até “Q”, exceto as letras “I” e “O”.

O ponto de origem das letras é o meridiano Oeste da quadrícula principal, iniciando com a letra “A” e seguindo da esquerda para a direita (Oeste para Leste) até a letra “Q”.

Na altura, são também quinze quadrículas, identificadas de “A” até “Q”, exceto as letras “I” e “O”. O ponto de origem das letras é o paralelo Sul da quadrícula principal, iniciando com a letra “A” e seguindo de baixo para cima (Sul para Norte) até a letra “Q”.

Aqui também, a primeira letra indica a longitude e a segunda letra indica a latitude.

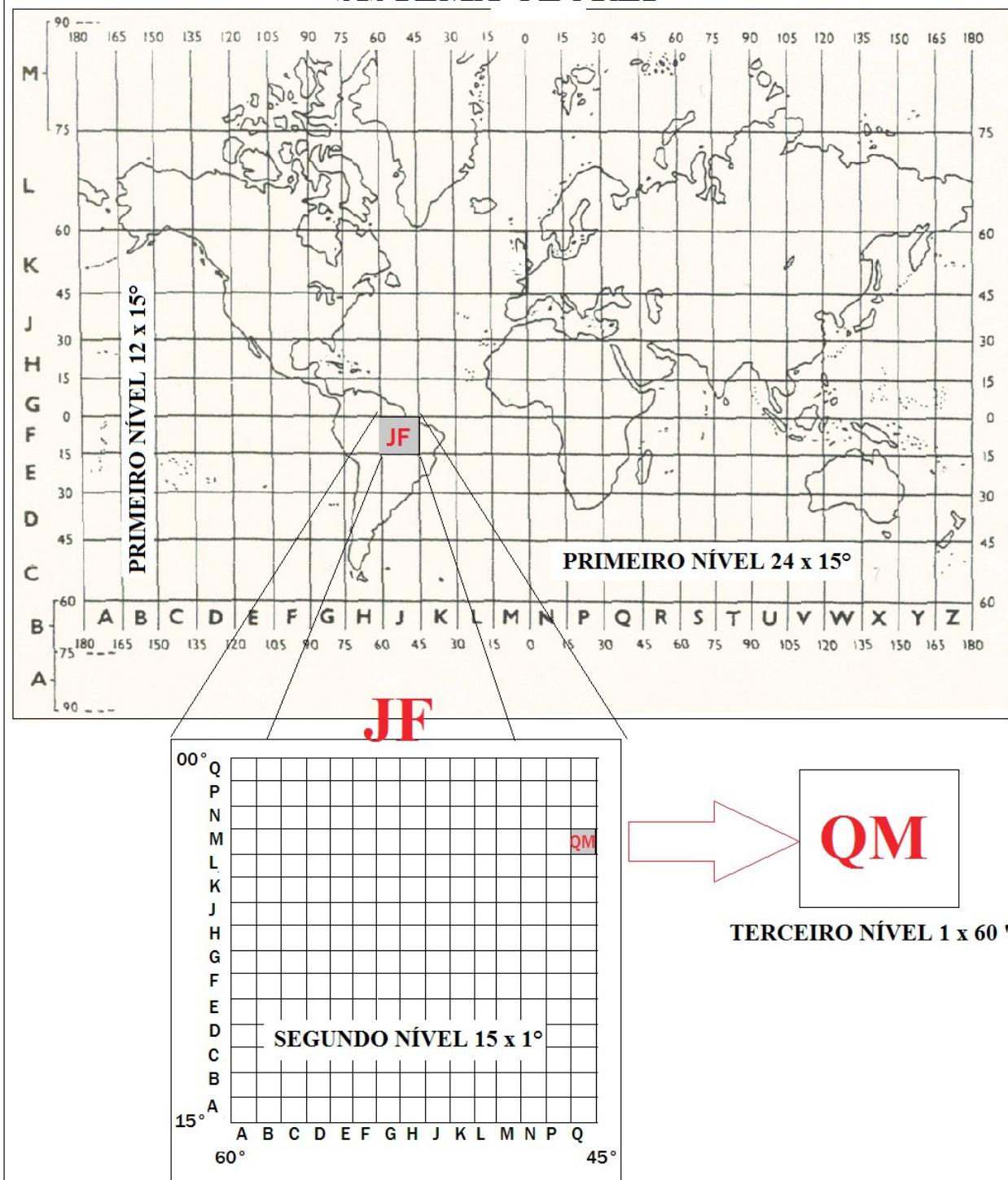
As quadrículas de 1° são identificadas por quatro letras: duas letras da quadrícula de 15° seguidas de duas letras da quadrícula de 1° .

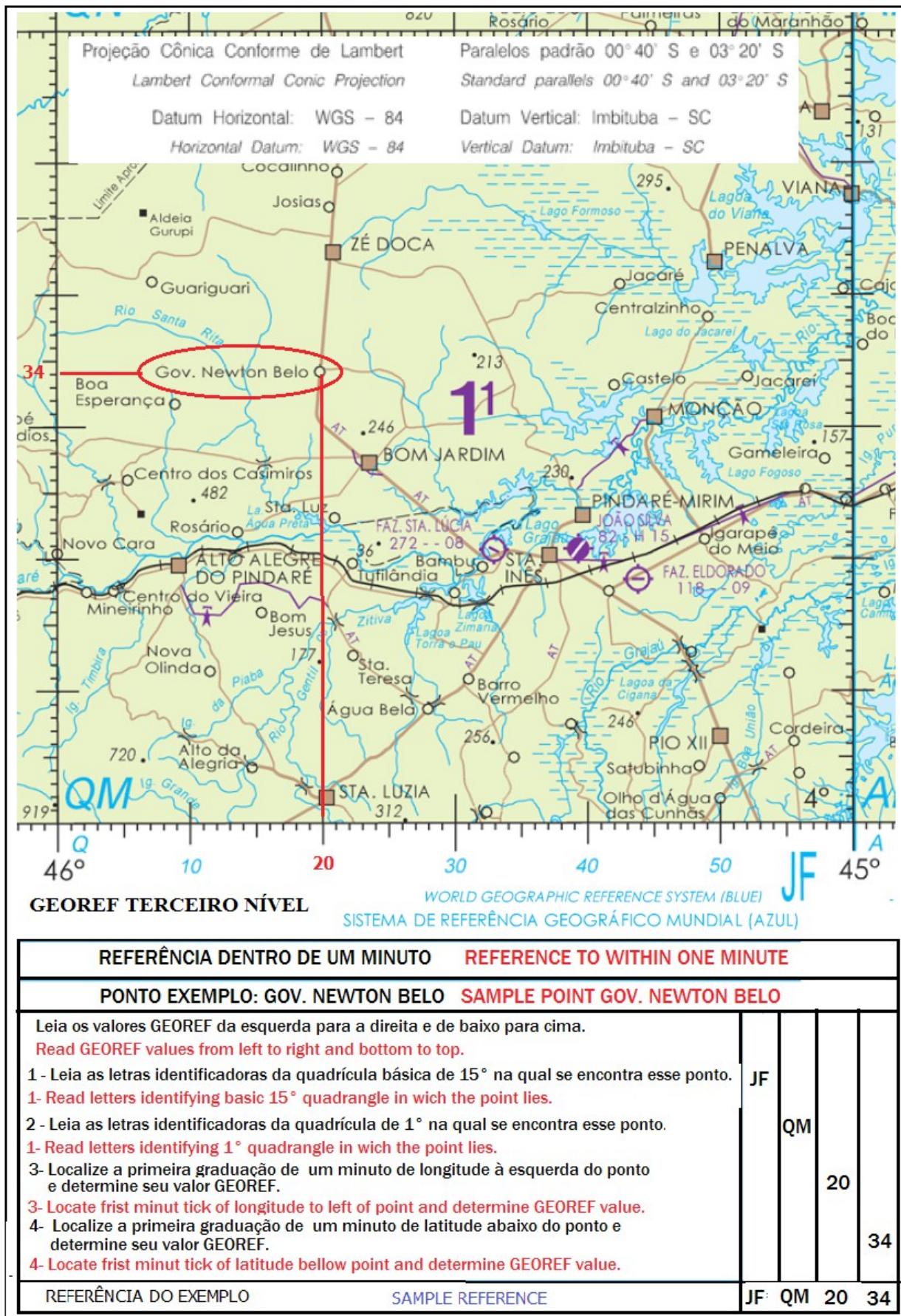
Terceiro nível:

Cada quadrícula de 1° é dividida em 60 minutos de Oeste para Leste e 60 minutos de Sul para Norte.

Exemplo de identificação de um ponto numa carta WAC nas figuras abaixo:

SISTEMA GEOREF





5.4.3 – Formas de navegação: ortodromia e loxodromia

As duas formas de navegação, que serão vistas em seguida, são idênticas quando o rumo coincidir com um paralelo ou com um meridiano. Em qualquer outro rumo, valem os conceitos descritos abaixo.

5.4.3.1 - Ortodromia – Navegação pelo círculo máximo (em linha reta na projeção cônicas)

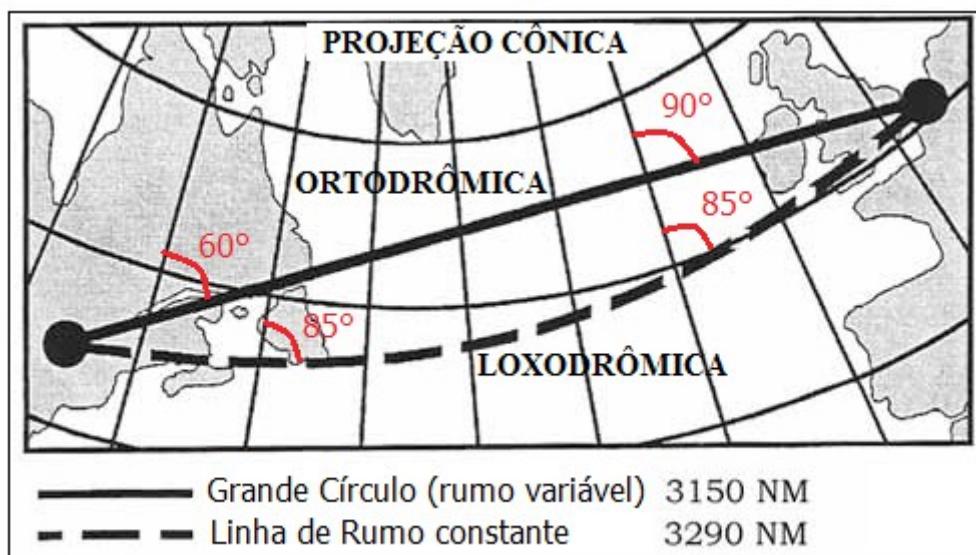
A navegação é feita numa linha reta geométrica, resultando na menor distância percorrida. Para isso, o rumo deve ser alterado progressivamente, o que significa um caminho com direção variável (ângulos diferentes em relação aos meridianos). Essa linha de rota vai coincidir com a representação em carta de um arco de círculo máximo da esfera terrestre. É ideal para distâncias acima de 850 NM.

5.4.3.2 Loxodromia – Navegação por ângulos iguais (ou arco geométrico na projeção cônica)

A navegação é feita num arco geométrico, resultando numa maior distância percorrida. Para isso, o rumo será constante, o que significa um caminho com a mesma direção (ângulo constante em relação aos meridianos). Essa linha não vai coincidir com um grande círculo representado em carta, mas é o método mais conveniente para navegar em rota.

5.4.3.3 - Rotas ortodrômicas e loxodrômicas nas projeções Lambert – Traços e segmentos

- Efetuar traçados e segmentos, bem como determinar a direção e medir distâncias em cartas aeronáuticas.



5.5 Leitura de direção e medição de distâncias nas cartas aeronáuticas

Determinação de Rumos e Distância – para estas tarefas utiliza-se o plotador, que nada mais é do que uma combinação de régua com transferidor.

Exemplo: achar as coordenadas geográficas do Aeroporto de Congonhas – São Paulo (SBSP):

- Longitude- trace uma linha perpendicular ao paralelo mais próximo, a partir do centro da pista, anotando os graus e minutos correspondentes: $46^{\circ} 39' W$.
- Latitude - trace uma linha perpendicular ao meridiano mais próximo, a partir do centro da pista, anotando os graus e minutos correspondentes: $23^{\circ} 38' S$

Plotagem de um ponto sendo conhecidas as suas coordenadas geográficas - é o processo inverso ao anterior:

- traçar linhas perpendiculares às coordenadas mais próximas, passando pelos valores de longitude e latitude conhecidos.
- O cruzamento das duas linhas determinará a localização do ponto geográfico.

Leitura do rumo – usando a carta WAC para encontrar o rumo verdadeiro entre os aeroportos de Congonhas – São Paulo (SP) e o aeroporto de Viracopos - Campinas (SP). Usando o plotador, encontram-se o rumo $325^{\circ} 30'$ e o contra-rumo $145^{\circ} 30'$.

Medição da distância entre dois pontos - é baseado no conceito de transformar um valor de DLA ou de DLO (na linha do Equador) em distância.

Equivalentes de medidas:

$$1^{\circ} = 60 \text{ NM}$$

$$1' = 1 \text{ NM} \text{ ou } 1,852 \text{ Km.}$$

EXEMPLO: cálculo da distância em NM e Km, entre os Aeroportos de Congonhas e Viracopos no Estado de S. Paulo, por coordenadas geográficas.



Coordenadas do Aeroporto de Congonhas – São Paulo (SP)

- $46^{\circ} 39' \text{ W}$
- $23^{\circ} 00' 30'' \text{ S}$

Coordenadas do Aeroporto de Viracopos - Campinas – São Paulo (SP)

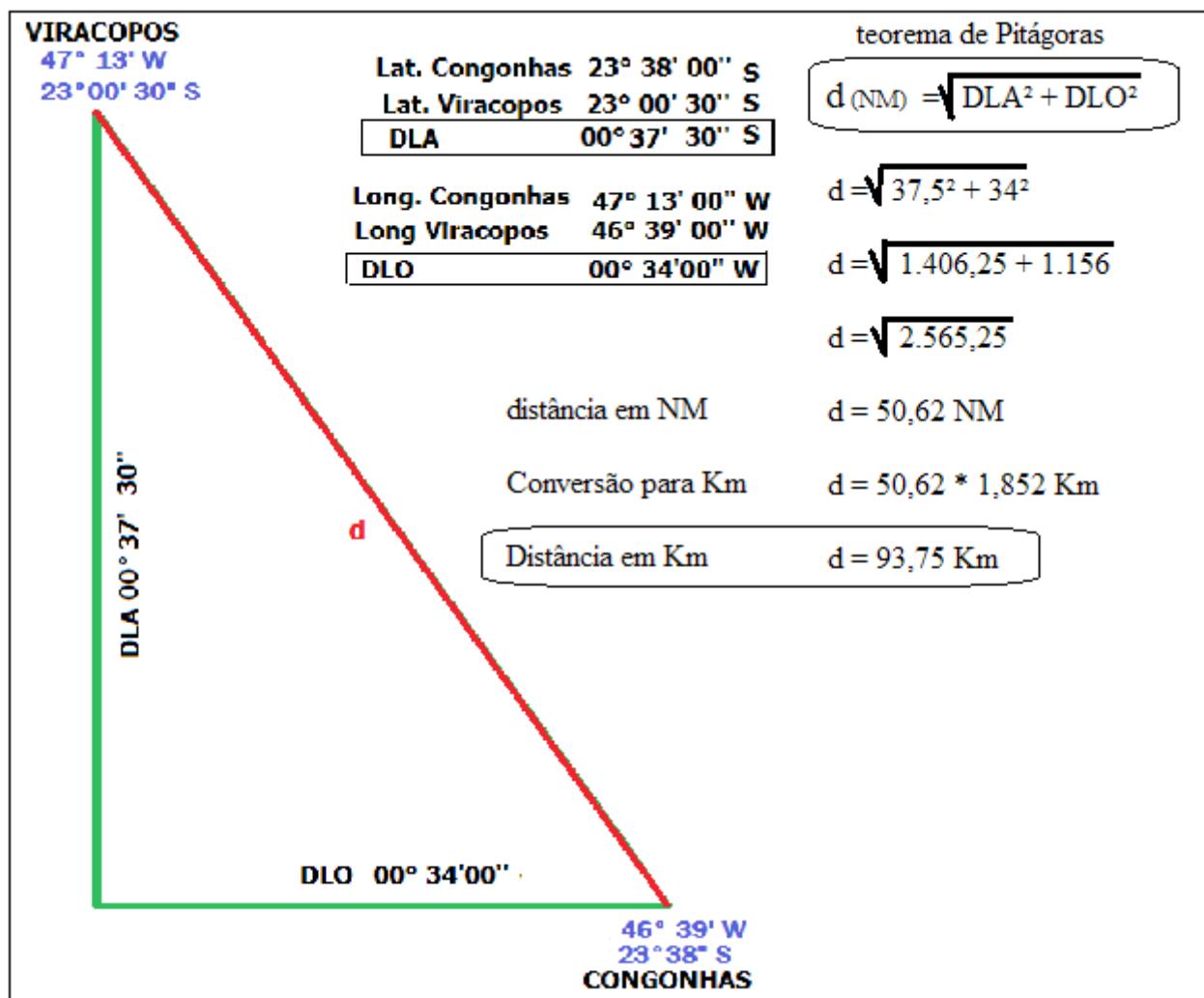
- $45^{\circ} 30' \text{ W}$
- $23^{\circ} 38' \text{ S}$

Método:

1. Calcular os valores de DLO e DLA das coordenadas dos Aeroportos.

2. utilizar o teorema de Pitágoras, considerando a distância (d) como hipotenusa do triângulo retângulo formado pelos módulos decimais de DLA e DLO.

Ver item 4.4 Conversões. Efetuar cálculos e conversões aplicáveis à navegação.



6 Instrumentos e conhecimentos básicos de navegação aérea.

- Identificar os instrumentos básicos de navegação aérea.
- Descrever o funcionamento dos instrumentos básicos de navegação.
- Interpretar e descrever as indicações dos instrumentos básicos de navegação.

1. Instrumentos de voo (indicam a performance da aeronave em velocidade, altura e atitude):
 - Velocímetro (Air speed indicator);
 - Altímetro;
 - Variômetro ou Climb (Vertical speed indicator);
 - Coordenador de curvas (Turn Coordinator);
 - Horizonte artificial (Attitude indicator).

O Altímetro, Velocímetro e o Variômetro, são os instrumentos de voo que utilizam o princípio de medição da pressão atmosférica (Pitot estático).

O Coordenador de curvas (precessão) e o Horizonte Artificial (precessão e rigidez no espaço) utilizam o Giroscópio.

1. Instrumentos de navegação:

- Indicam o rumo, a localização e o tempo de voo;
- Bússola magnética (indicador de proa).
- Giro direcional (indicador de proa).
- GPS (localização geográfica).
- relógio ou cronômetro.

NOTA: O Giro direcional (precessão) utiliza o Giroscópio.

6.1 Bússola magnética – Características e limitações. Precaução em relação às indicações. Linhas isoclínicas. Calibragem manual. Cartão de desvio. Emprego do desvio na correção de proa.



A Bússola ou Compasso Magnético é o instrumento de navegação obrigatório para as aeronaves. Numa bússola magnética, o movimento do mostrador é obtido por meio de uma ou mais barras

magnéticas fixadas paralelamente nessa armação, para girar livre e horizontalmente, apoiado sobre um pivô, num ponto acima de seu centro de gravidade.

A Terra é um grande ímã (Capítulo 7), portanto, tem um polo magnético Norte e um polo magnético Sul, e que estão em constante e lento deslocamento.

A ponta da agulha da bússola, que aponta para o polo Norte geográfico da Terra (polo Sul Magnético), chama-se de ponta Norte, e a outra, que aponta para o polo Sul geográfico da Terra (polo Norte Magnético), chama-se de ponta Sul.

As partes principais da bússola magnética são:

- a caixa de forma esférica ou cilíndrica, feita de material não magnético;
- o conjunto do mostrador que inclui o painel mostrador ou limbo e a linha de fértil, por meio dos quais se pode fazer a leitura do rumo magnético;
- o fluido amortecedor e lubrificador (querosene de absoluta transparência e sem acidez) preenchendo a caixa completamente;
- a câmara de compensação, local onde estão os ímãs compensadores;
- parafusos frontais de compensação;
- a armação anti-vibração para fixação da bússola no painel;
- lâmpada para iluminação do mostrador;

A bússola é montada com o limbo alinhado com o eixo longitudinal do avião.

As causas principais de ineficiência das bússolas nos aviões são as seguintes:

- Instalação incorreta;
- Vibração;
- Magnetismo espúrio ao redor da bússola;
- Erro de curva para o norte;

Limitações:

- A Agulha Magnética busca o Norte Magnético, em lugar do Norte Verdadeiro (ou Geográfico);
- É afetada por material magnético ou equipamentos elétricos;
- Não é tão precisa e fácil de usar como um Giro Direcional;
- Suas informações não podem ser transmitidas com facilidade para outros sistemas;
- É mais afetada por altas latitudes que o Giro Direcional;
- Necessita de calibragens periódicas;

Devem-se evitar campos magnéticos espúrios nas proximidades da bússola, quer de natureza permanente (ímãs, alto-falantes, ou fiação elétrica avulsa), ou causados pela proximidade de equipamentos elétricos portáteis (rádios, celulares, fones de ouvido, computadores, MP4, etc...)

Desvio de Bússola (DB) - Os equipamentos elétricos presentes na cabine do avião, e o próprio motor, causam interferência no campo magnético captado pela bússola. Isso gera uma diferença na indicação, que varia de acordo com a orientação da aeronave.

Calibragem manual da Bússola - A bússola deve ser substituída por outra, em condições de uso, quando existir qualquer uma ou mais, das seguintes condições:

- Líquido turvo ou descolorado, prejudicando a visibilidade;
- As marcações do cartão, ilegíveis, por estarem descoloradas, desbotadas ou sem tinta

luminosa;

- O limbo não girar livremente quando o avião estiver em condição normal de voo;
- A caixa rachada;
- A bússola não for sensível ou não acertar na indicação, mesmo após um procedimento de compensação;
- A linha de fé estiver frouxa ou fora de alinhamento;

Todas as bússolas instaladas em aviões devem ser compensadas e as leituras registradas, sempre que houver qualquer mudança do motor ou equipamentos elétricos, que possam afetá-las.

No entanto, em qualquer ocasião que houver suspeita de erro na bússola, a mesma deve ser verificada e compensada. A compensação da bússola magnética é feita obrigatoriamente quando esta for substituída.

Preparação para compensação da bússola :

- Utilizar sempre a declinação magnética atualizada do local do procedimento.
- O local do procedimento deve ser preparado antecipadamente com uma rosa-dos-ventos, com Norte Magnético determinado por uma bússola aferida ou GPS setado para Magnetic Bearing. O ideal é uma mesa giratória.
- A compensação nunca deve ser executada perto de outra aeronave, estrutura metálica de galpões ou hangares, fios elétricos, trilhos de ferrovias, condutores subterrâneos, tubulações de aço ou qualquer objeto que possa ter influência magnética na bússola.
- Os objetos fixos ou móveis, que contenham material ferro-magnético, devem ser mantidos nos seus lugares definitivos dentro do avião.
- As pessoas que farão a compensação não deverão portar objetos ferro-magnéticos ou aparelhos elétricos portáteis.
- Usar obrigatoriamente a chave de fenda de latão para ajustes na bússola.

Procedimento para Compensação:

1. Posicionar a aeronave no local do procedimento.
2. Desligar geral o sistema elétrico da aeronave.
3. Aproar a aeronave para o Norte Magnético da rosa dos ventos do procedimento.
4. Certificar-se de que a linha de fé da bússola está alinhada com o Norte da Rosa dos Ventos e com o eixo longitudinal da aeronave Nota: Se necessário, alinhar a bússola através dos parafusos de fixação.
5. Armar todos os disjuntores e ligar todos os rádios.
6. Anotar o valor indicado pela bússola após sua estabilização.
7. Fazer a leitura para as proas de 90°, 180° e 270° sucessivamente e anotar as diferenças algébricas.

Usando as fórmulas abaixo, calcular os coeficientes B e C, substituindo as letras dos pontos cardinais pelos valores das diferenças obtidas no item 7:

$COEF\ B = \frac{(E) - (W)}{2}$
$COEF\ C = \frac{(N) - (S)}{2}$

8. Direccionar novamente a aeronave para o Norte.

9. Usando uma chave de fenda não magnética, girar o parafuso N-S para somar algebraicamente o coeficiente C à leitura da proa magnética nesta direção.
10. Direccionar a aeronave para o Leste.
11. Girar o parafuso E-W para somar algebraicamente o coeficiente B à leitura da proa magnética nesta direção.



Nota: Somar algebraicamente significa que o valor do coeficiente B ou C deve ser subtraído da leitura, se positivo, ou, adicionado, se negativo.

Ao girar os parafusos N-S e E-W para a direita, a indicação de proa aumenta, enquanto que, ao girá-los para a esquerda, a indicação diminui.

12. Girar a aeronave em intervalos de 30° em 30° , começando do zero (Norte).
13. Registrar os erros de bússola no cartão de compensação de bússola.

A tolerância máxima do erro é de 10 graus, mas deve-se procurar corrigí-lo para o menor possível.

14. Colocar o cartão de compensação na frente da bússola, acima e abaixo do mostrador.
15. Desligar a alimentação da aeronave.

FICHA DE COMPENSAÇÃO DE BÚSSOLA – Ver nos anexos.

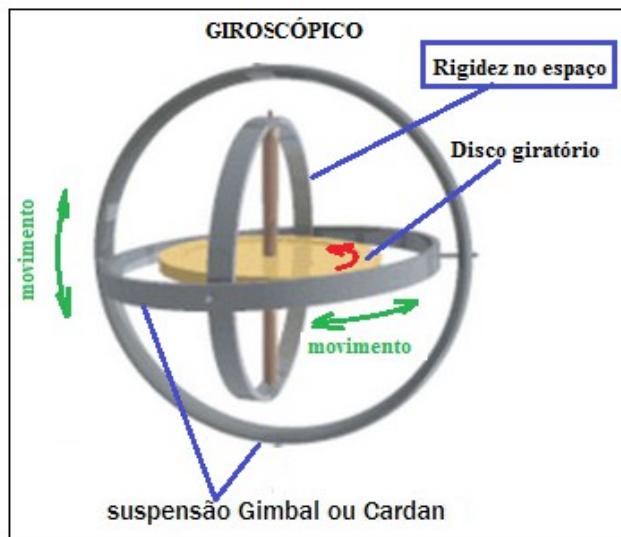
6.2 Giro direcional – Precessão e aferição.

RIGIDEZ NO ESPAÇO - Um giroscópio é um disco metálico (rotor), relativamente pesado, com o eixo apoiado em rolamentos, e que gira a alta velocidade e é acionado por fluxo de ar, por exemplo.

Esse disco em rotação oferece altíssima resistência a qualquer tentativa de mudar o seu plano de giro, portanto, tende a se manter na direção que estava quando iniciou a girar.

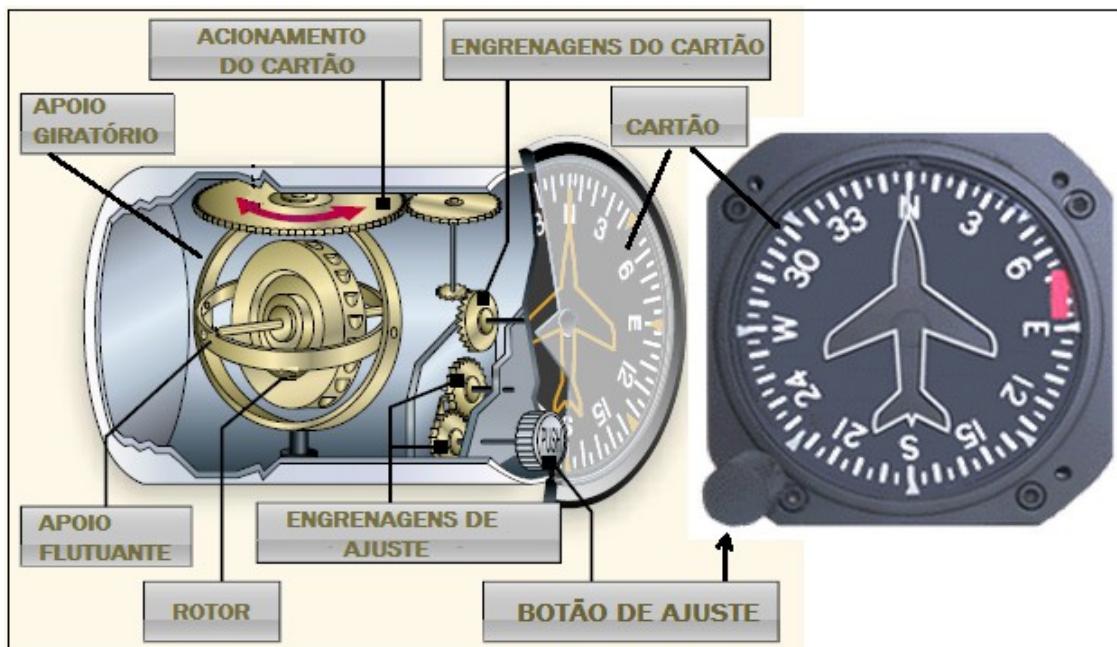
A esta propriedade dá-se o nome de "Rigidez no Espaço", e é aproveitada nos instrumentos aeronáuticos indicadores de atitude (Horizonte artificial) e direção (Giro Direcional).

INDICADOR DE PROA OU GIRO DIRECIONAL (Heading Indicator) - Este instrumento utiliza a propriedade "rigidez no espaço" de um giroscópio. O rotor é montado num suporte em forma de



anel, para girar sempre no plano vertical. Esse anel interno é pivotado no anel externo (suspensão Gimbal ou Cardan), com defasagem de 90° entre eixos.

O anel externo é pivotado na carcaça do instrumento e é quem aciona o cartão indicador dos rumos (mostrador), girando no plano horizontal, conforme mudar a proa da aeronave.



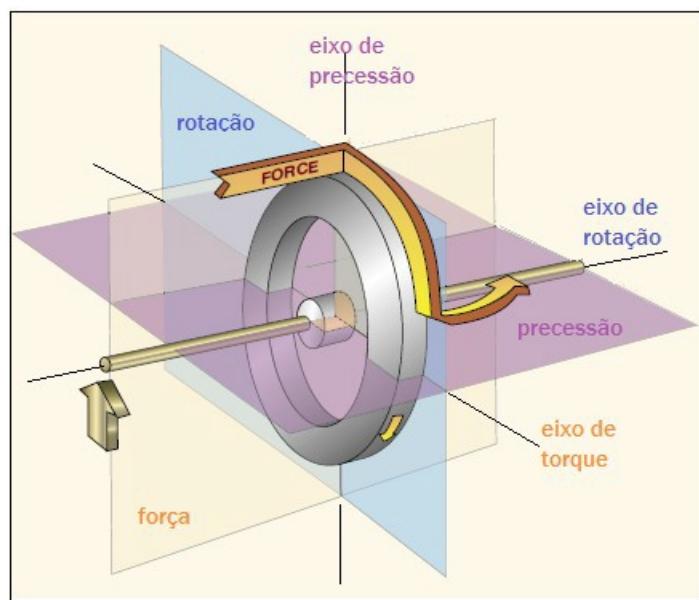
Ajuste pré-operacional – antes de acionar o instrumento, o piloto deve ajustar o mostrador com o botão de ajuste, conforme o rumo sugerido por uma bússola magnética.

Acionamento do instrumento – pode ser feito por uma bomba de vácuo, de palheta, acionada pelo motor. Em pequenas aeronaves é feito através de tubo Venturi. Entretanto, a importância crescente do indicador de atitude estimulou o desenvolvimento de instrumentos acionados eletricamente, e compatíveis com os aviões mais leves.

O inconveniente é que a proa precisa ser ajustada de tempos em tempos devido a um erro do próprio instrumento, conhecido como deriva do giro.

Sua vantagem é o baixo custo, razoável precisão e de maior confiabilidade para o piloto pois não sofre os efeitos de uma eventual turbulência que prejudica muito a leitura da bússola magnética, principalmente na execução de manobras.

Precessão – quando uma força constante tenta mudar o plano de rotação do volante em rotação, ele reagirá como se a força atuasse num ponto situado a 90° do ponto de aplicação, e no sentido da rotação. Esta propriedade é utilizada no acionamento do ponteiro dos instrumentos Turn & Bank e Turn Coordinator.



Comparando com a roda dianteira de uma bicicleta em movimento: quando inclinamos a bicicleta para a esquerda com um torque vertical para cima na extremidade direita do eixo de rotação, esse torque aparecerá na frente da roda (defasagem de 90° e no sentido da rotação), fazendo com que a bicicleta gire à esquerda sem necessidade de girarmos o guidão.

Aferição do Giro Direcional - Erros nas apresentações no indicador de altitude são oriundos de qualquer fator que impeça a operação do sistema de sucção dentro dos limites projetados, ou de qualquer força que impeça a rotação normal do giroscópio na velocidade projetada. Estes fatores podem incluir equipamentos mal balanceados, filtros obstruídos, válvulas inadequadamente ajustadas e mau funcionamento das bombas.

Tais erros podem ser minimizados pela instalação apropriada, por inspeção, e práticas de manutenção adequadas.

Outros erros, inerentes à construção dos instrumentos, são causados por fricção e partes desgastadas. Esses erros, resultando em precessão errada e falha do instrumento para manter indicações precisas, aumentam com o tempo de serviço do instrumento.

Outro erro no indicador de posição é causada pelo fato do giroscópio ser orientada no espaço, e da Terra girar no espaço a uma velocidade de 15° em 1 hora. Assim, descontando precessão causada por atrito, o indicador de rumo pode indicar até 15° de erro por cada hora de funcionamento.

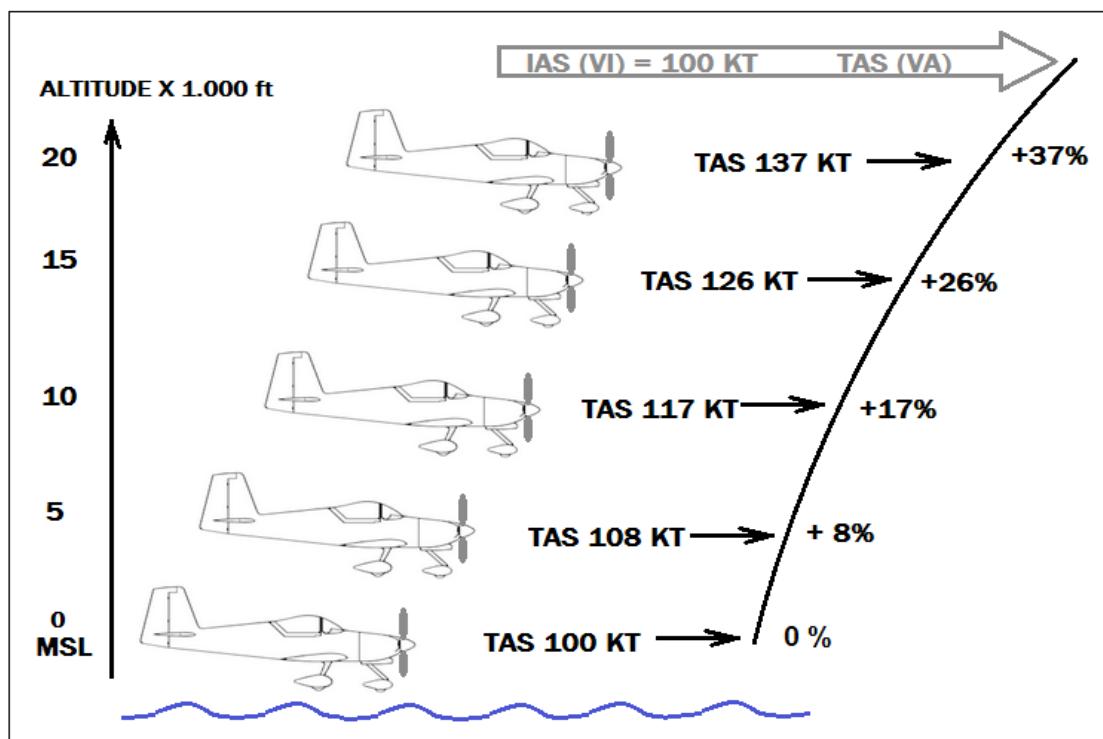
6.3 Velocidade – Obtenção dos diferentes tipos: velocidade indicada (Vi); velocidade calibrada (Vc); velocidade aerodinâmica (Va) e velocidade no solo (Vs).

- Identificar as diferentes formas de se obter a velocidade de deslocamento de uma aeronave no ar.

VELOCIDADE INDICADA – VI. (IAS - Indicated Airspeed). É o valor lido no velocímetro da aeronave, que na realidade é um manômetro aneróide que mede efetivamente a pressão do fluxo do ar externo, compressível adiabaticamente. O mostrador do instrumento é calibrado para exibir os valores da velocidade da aeronave em relação à superfície, estando ao nível do mar, numa atmosfera padrão e sem interferência de vento. Consta no manual da aeronave para informar as velocidades mínimas e máximas ou de manobras. (Livro Teoria do voo, item 6.6 Velocidades operacionais da aeronave e o Instrumento Indicador de Velocidades (Air Speed Indicator - ASI)

VELOCIDADE CALIBRADA- V.C (Calibrated Airspeed - CAS) - é a velocidade indicada (VI) corrigida de erros de instalação do tubo de Pitot e da posição do instrumento em relação à visão do piloto (paralaxe). As correções para esses erros são feitas experimentalmente e fornecidas no Manual de Operação da aeronave.

VELOCIDADE AERODINÂMICA - VA . (TAS – True Airspeed) . É a velocidade indicada (VI) corrigida em função da densidade do ar: depende da altitude e da temperatura. 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.



No MSL a VI é igual à VA. Se não há influência de vento, é igual à VS.

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

$$VA = IAS + [IAS \cdot 0,02 \cdot (ALTITUDE/1.000)] \quad \text{para Altitude.}$$

$VA = IAS + [IAS * 0,02 (FL/10)]$ para Nível de voo. Ou seja, o valor da VA cresce 2% a cada 1.000 pés de altitude.

Outra forma é utilizando o computador de voo, entrando com a Altitude Pressão, em centenas de pés, e a temperatura do ar em Graus Celcius. VA é inversamente proporcional à temperatura. O vento não afeta a Velocidade Indicada nem a Velocidade Aerodinâmica.

Usando o Computador de voo para calcular a VA devemos considerar a Altitude Densidade ou a temperatura da atmosfera onde estamos voando, a velocidade do velocímetro da aeronave (VI), e fazer a devida transformação.

Lembrete:

- Quanto mais quente a atmosfera ou maior a altitude, menor será a densidade do ar – para a mesma potência utilizada, a aeronave voará mais rápido (menor resistência ao avanço).

VELOCIDADE DE SOLO (VS) (Ground Speed) - é a velocidade aerodinâmica (VA) somada vetorialmente às componentes do vento (DV/VV). É obtida no computador de voo ou pela fórmula:

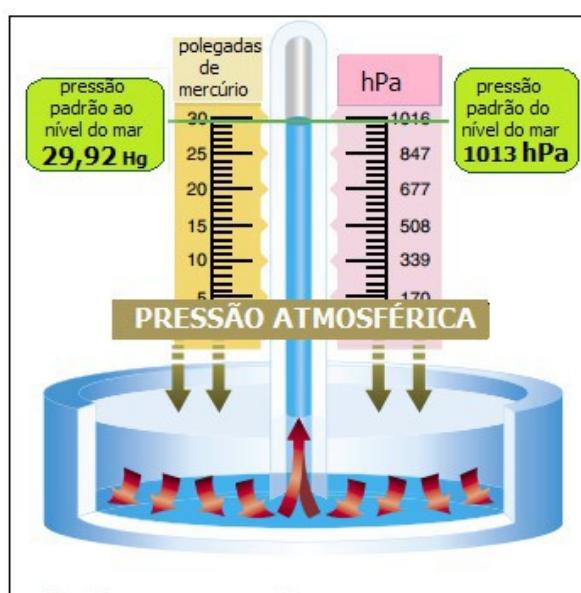
$$VS = \text{Dist.(NM)} * \text{tempo de voo (h)}$$

Varia diretamente proporcional ao vento: aumenta com vento a favor (TW – Tail Wind), e diminui com vento contra (HW – Head Wind).

6.4 Altimetria – Aplicação da pressão padrão.

- Conceituar pressão atmosférica e as formas convencionadas de medi-la para fins aeronáuticos.
- Citar os diferentes nominativos de altitude e as respectivas maneiras de se obtê-los.

Pressão atmosférica - é a pressão exercida pela atmosfera num determinado ponto, entre o nível do mar e a altura de 20.000 m. É a força por unidade de área exercida pela coluna de ar que está acima do ponto de medição. A pressão atmosférica é medida por meio de um equipamento conhecido como barômetro.



O pascal (Pa) é a unidade padrão de pressão e tensão no SI. Equivale a força de 1 N aplicada uniformemente sobre uma superfície de 1 m².

Outras unidades:

$$1.000 \text{ hPa} \rightarrow 1,02 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$1.000 \text{ hPa} \rightarrow 750,6 \text{ mm Hg}$$

$$1.000 \text{ hPa} \rightarrow 29,53 \text{ pol Hg}$$

$$1.000 \text{ hPa} \rightarrow 1 \text{ bar}$$

Com a finalidade de tornar o altímetro um instrumento eficiente para a navegação aérea, a OACI (ICAO - International Civil Aviation Organization) adotou, em 1952, para fins aeronáuticos, valores médios de alguns parâmetros meteorológicos. Essa padronização, dada ao conhecimento público em 1954, passou a ser conhecida por ISA ou “Atmosfera Padrão ICAO” (ISA).

CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTAIS

- Temperatura de 15° C ao NMM (nível médio do mar).
- Pressão ao NMM 1013,25 hPa.
- Gradiente térmico vertical 2°C/1.000 pés.
- Densidade ao NMM 1,225 kg/m³.
- Velocidade do som ao NMM 340 m/s.
- Temperatura da tropopausa -56,5°C.
- Latitude de referência 45°.
- Composição gasosa 78% de N₂, 21% de O₂, e 1% de outros gases.
- Umidade e impurezas 0% de umidade e sem impurezas.
- Lei física obedecida Lei dos Gases Perfeitos.

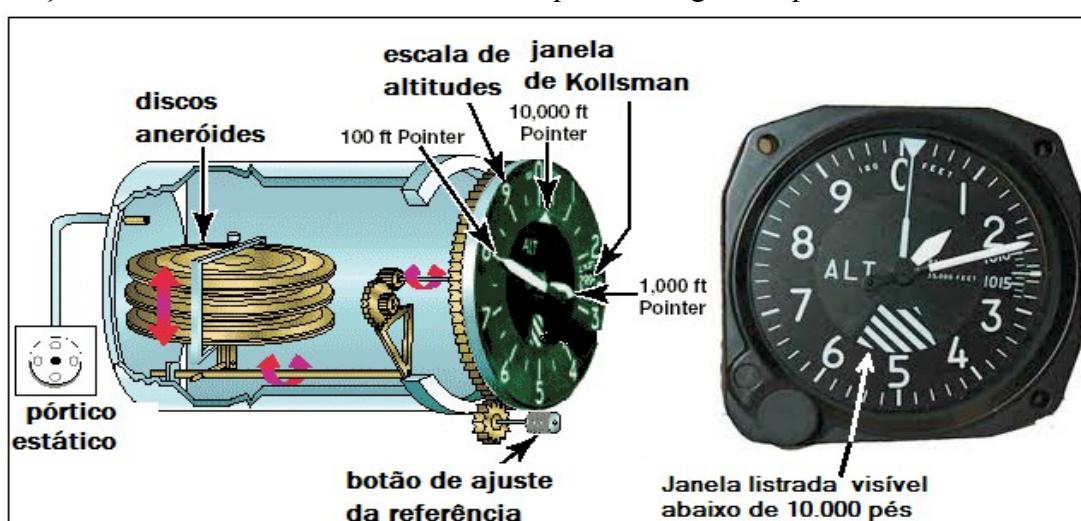
Densidade (ρ) - significa a razão entre a massa da matéria e o volume por ela ocupada.

$$\rho = m / V$$

A densidade dos gases é governada pelas seguintes regras:

- A densidade varia diretamente com a pressão.
- A densidade varia inversamente com a temperatura.

Tubo de Pitot – Trata-se de um dispositivo composto por dois ambientes e apontado no sentido do deslocamento da aeronave. O primeiro ambiente é o tubo central para coleta da pressão dinâmica ou total, que acontece no deslocamento da aeronave. O segundo ambiente é o tubo externo juntamente com a carcaça. Esse tubo externo tem furos laterais para sondagem da pressão atmosférica estática.



Os dois ambientes são providos de conexões tubulares para levar as duas pressões separadamente até os instrumentos que delas se utilizam na cabine da aeronave.

Altímetro - O Altímetro é um instrumento básico exigido para todas as aeronaves a serem certificadas. Ele mede a pressão atmosférica e apresenta-a como altitude em pés (feet = ft).

CÁLCULO DA TEMPERATURA PADRÃO

Visando solucionar problemas altimétricos, se faz necessário identificar o valor da temperatura padrão em determinado nível de voo. Para tanto, são necessários os seguintes dados:

Temperatura padrão ao NMM = 15°C.

Gradiente térmico vertical = 2°C/1.000 pés.

Nível de Voo = FL

Equação para o cálculo da Temperatura Padrão: $TP = 15 - (2 * FL/10)$

Exemplo: para o FL180 a Temperatura Padrão é $TP = 15 - (2 \times 180 / 10) = 15 - 36 = -21^\circ\text{C}$.

ALTITUDES - o altímetro, apesar de imprescindível ao voo, tem uma série de limitações, sobretudo devido ao fato de sua calibração se basear na atmosfera padrão (ISA). Nem sempre a atmosfera se comporta de forma fixa, havendo variações locais de temperatura, densidade e pressão. Uma vez que várias pressões podem ser ajustadas no altímetro, por exemplo, o ajuste de pressão local, o ajuste de pressão ao nível do mar, o ajuste de pressão de referência ISA (1013,25 hPa), há várias definições de altitude:

- Altitude Pressão.
- Altitude Verdadeira.
- Altitude Indicada.
- Altitude Absoluta.
- Altitude Densidade.

NOTA: Para cálculos práticos, adota-se a diminuição de 1 HPa a cada incremento de 30 pés de altitude.

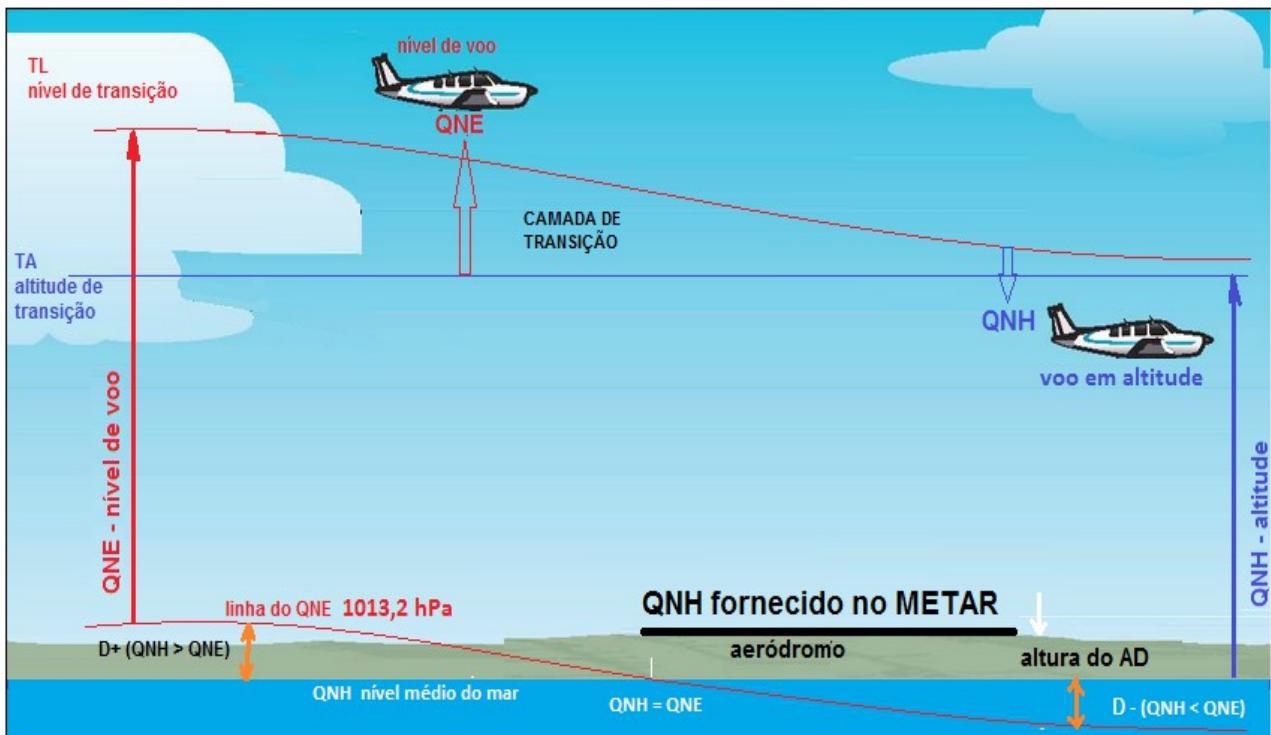
QNE - é a altitude fictícia de um ponto, indicada por um altímetro ajustado para a pressão padrão de 1013.2 hPa.

QFE (Question Field Elevation) – é o ajuste a Zero, isto é, a pressão barométrica reduzida ao nível médio da pista, corrigida para erro de instrumento, gravidade (latitude) e temperatura.

NOTA: Caso esta pressão seja introduzida na subescala do altímetro, fará com que indique a altitude zero quando a aeronave estiver no solo. É fornecido apenas a pedido do piloto.

QNH – é o ajuste do altímetro de uma aeronave referente ao Nível Médio do Mar (MSL) e fará com que este indique a altitude oficial do aeródromo, quando a aeronave se encontrar pousada.

Altitude Indicada (AI) - é a altitude lida com o altímetro ajustado para a pressão dada ao nível do mar (ajuste QNH). A altitude indicada nem sempre corresponde à altitude real pelas variações ocorrentes da atmosfera.



Altitude Pressão (AP) - Altitude Pressão: é a altitude obtida com o ajuste de 1.013,25 hPa (29,92 pol/Hg). Ao se fazer esse ajuste, a leitura de altitude, dividida por 100, é chamada Nível de Voo (FL).

Altitude Verdadeira (AV) – é obtida por cálculo, pela correção do valor da Altitude Indicada (ajuste QNH), considerando-se o erro entre a temperatura real do local (OAT – Outside Air Temperature) onde se encontra a aeronave, e a temperatura padrão desse local ($\Delta T = T_{REAL} - T_{ISA}$).

Também chamada *altitude geométrica*, é a distância vertical real, acima do nível médio do mar. Nas cartas aeronáuticas, as altitudes de objetos fixos como aeroportos, torres, antenas, morros e outros obstáculos, são dadas em altitude verdadeira.

Altitude Absoluta – é o mesmo que altura (H). É a distância vertical acima da superfície do globo terrestre sobre a qual a aeronave está voando, desde que esteja com o altímetro ajustado para a pressão do local (ajuste QFE).

Altitude Densidade (AD) - é a altitude pressão (AP) corrigida para a temperatura real (TR) da atmosfera onde se encontra a aeronave. À medida que a densidade do ar aumenta (menor altitude densidade), aumenta o desempenho da aeronave e vice-versa.

O altímetro fornece a altitude onde a aeronave voa, baseado na pressão local e no ajuste de referência (QNE). Quando a temperatura real (TR) da atmosfera onde se encontra a aeronave está acima ou abaixo da temperatura padrão ISA (TP) para aquela altitude, existe uma diferença que pode ser calculada.

Se a temperatura local estiver acima da temperatura ISA, a densidade local será menor, e a Altitude

Pressão lida no altímetro é menor do que a altitude densidade.

Equação para o cálculo aproximado da Altitude Densidade:

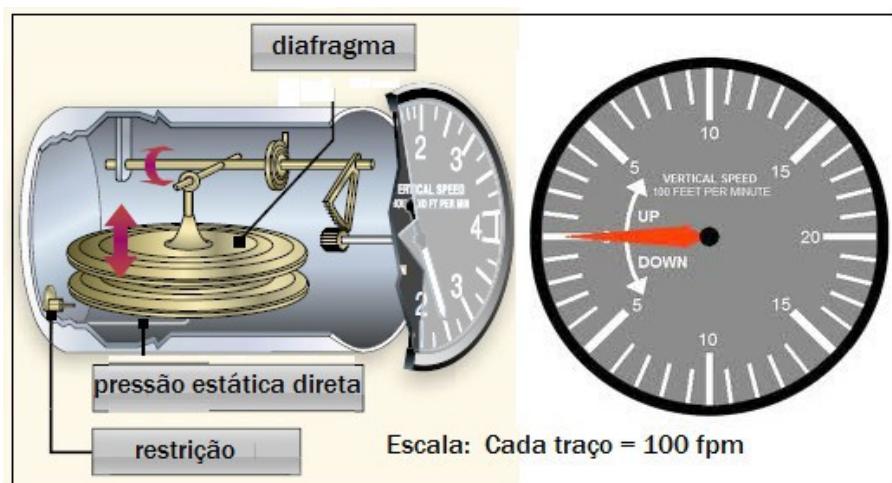
$$AD = AP + 100 (TR - TP)$$

Deve ser calculada com o computador de voo.

6.5 Subidas e descidas – Unidade padrão de medida do CLIMB (variômetro).

Variômetro - (Vertical Speed Indicator -VSI) – é o instrumento que indica se a aeronave está subindo, descendo ou em voo nivelado. Se devidamente calibrado, o VSI indicará zero em voo nivelado.

A taxa de subida ou descida é indicada em pés por minuto (fpm) e cada traço do mostrador é igual a 100 fpm.



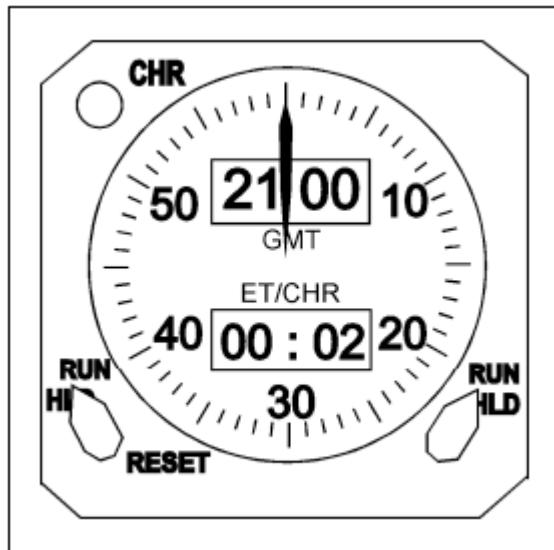
Funcionamento do Variômetro - Embora o VSI funcione a partir da pressão estática, é um instrumento de pressão diferencial.

Ele tem um diafragma conectado diretamente no pórtico de pressão estática e cujos movimentos são transmitidos ao ponteiro indicador por um mecanismo de engrenagens.

A caixa hermética do instrumento também é ligada ao pórtico de pressão estática, mas através de um orifício com regulagem, para retardar o movimento do ar, e assim, provocar o diferencial de pressão no tempo, entre o interior do diafragma e o ambiente exterior.

6.6 Relógio de Bordo

O relógio de bordo é estremamente importante como instrumento auxiliar nos voos visuais ou por instrumentos. Pode mudar o tipo mas deve ter, pelo menos, as seguintes funcionalidades:



Possibilidade de aferição do relógio para exibição correta da hora ocorrente.

1. Programação do tempo decorrido e memorização para auxílio em manobra padrão.
2. Parada do tempo decorrido e retorno da contagem a partir do tempo acumulado.
3. Reset do cronômetro.

Utilização do relógio de bordo:

- Horário local UTC.
- Horário UTC do destino.
- Tempo decorrido para o TOC.
- Tempo decorrido para o TOD.
- Tempo decorrido de cruzeiro.
- Tempo total de voo.
- Tempo de combustível (autonomia).
- Horário de bloqueio de um fixo.
- Cálculo de velocidade de solo.
- Cálculo de consumo de combustível.
- Horário estimado.
- Tempo das manobras em Órbitas.
- Tempo de Glide.

7 Magnetismo terrestre.

- Conceituar magnetismo e descrever seus efeitos e sua influência na navegação aérea.

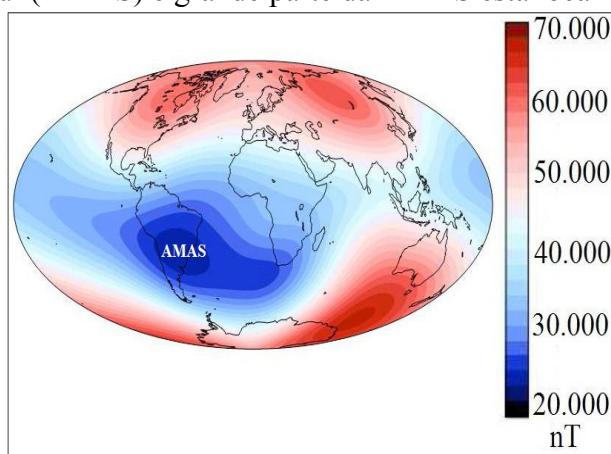
7.1 A Terra como um ímã – Efeitos do magnetismo. Campo Magnético. Polos Magnéticos N e S. Variação do campo magnético.

A Terra comporta-se como um ímã, mas tem uma distribuição irregular das linhas de força do seu campo magnético. Essas linhas magnéticas saem do polo Norte magnético e penetram no globo terrestre pelo polo Sul magnético. Elas não se cruzam nem se interrompem, e isto garante sua utilização para orientação e navegação em qualquer lugar do planeta.

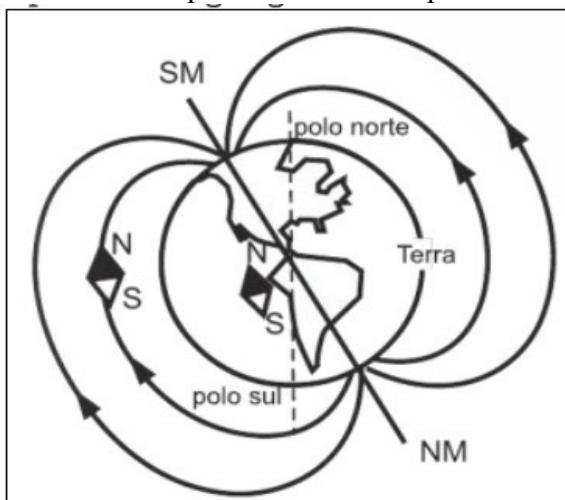
Campo magnético terrestre – é o conjunto de todas as linhas de força que circundam o globo terrestre. A intensidade do campo magnético é medida em uma unidade chamada Tesla. O campo geomagnético é expresso em nano-tesla (nT) que é igual a 10^{-9} tesla.

A intensidade do campo na superfície da Terra é da ordem de 70.000 nT próximo aos pólos e cerca da metade deste valor próximo ao equador.

Mas há uma região da Terra onde o campo é mais fraco e essa área é chamada de Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS) e grande parte da AMAS está localizada no Brasil.



Polos magnéticos - a localização dos polos magnéticos é defasada dos polos geográficos, além do que sua localização não é estática. Os dois polos oscilam independentemente um do outro, portanto,



não são opostos simétricos.

O polo Norte geográfico da Terra é o polo Sul Magnético, e o polo Sul geográfico é o polo Norte Magnético.

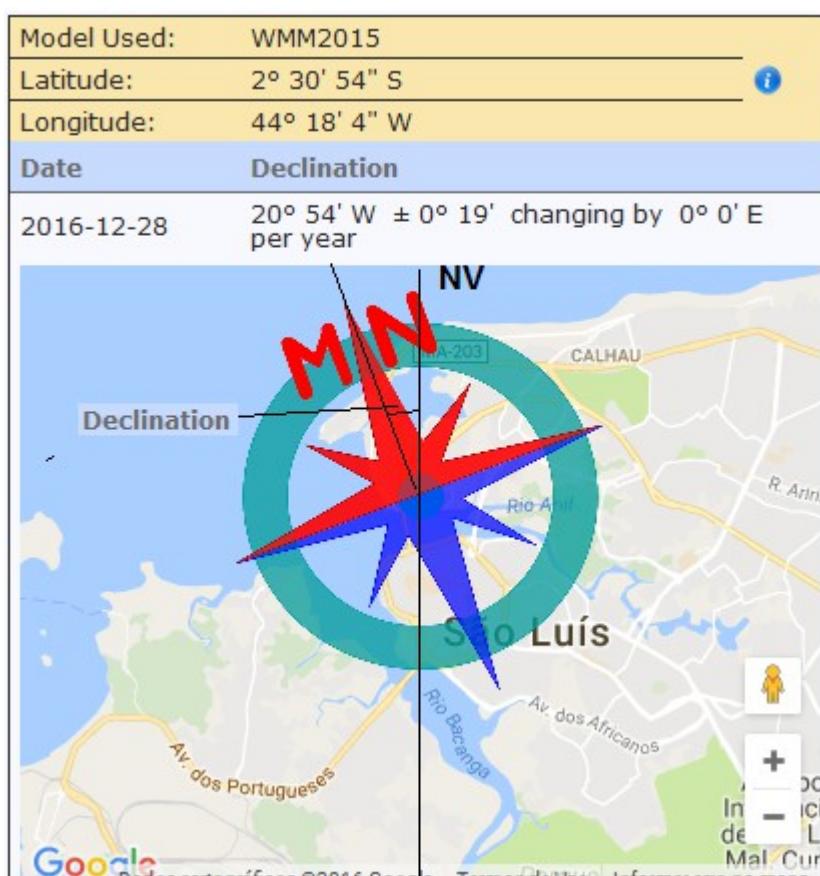
7.2 Razão da numeração do campo magnético da Terra. Declinação magnética (DMG).

Linhas representativas da DMG agônica e isogônica numa carta. Linha isoclínica.

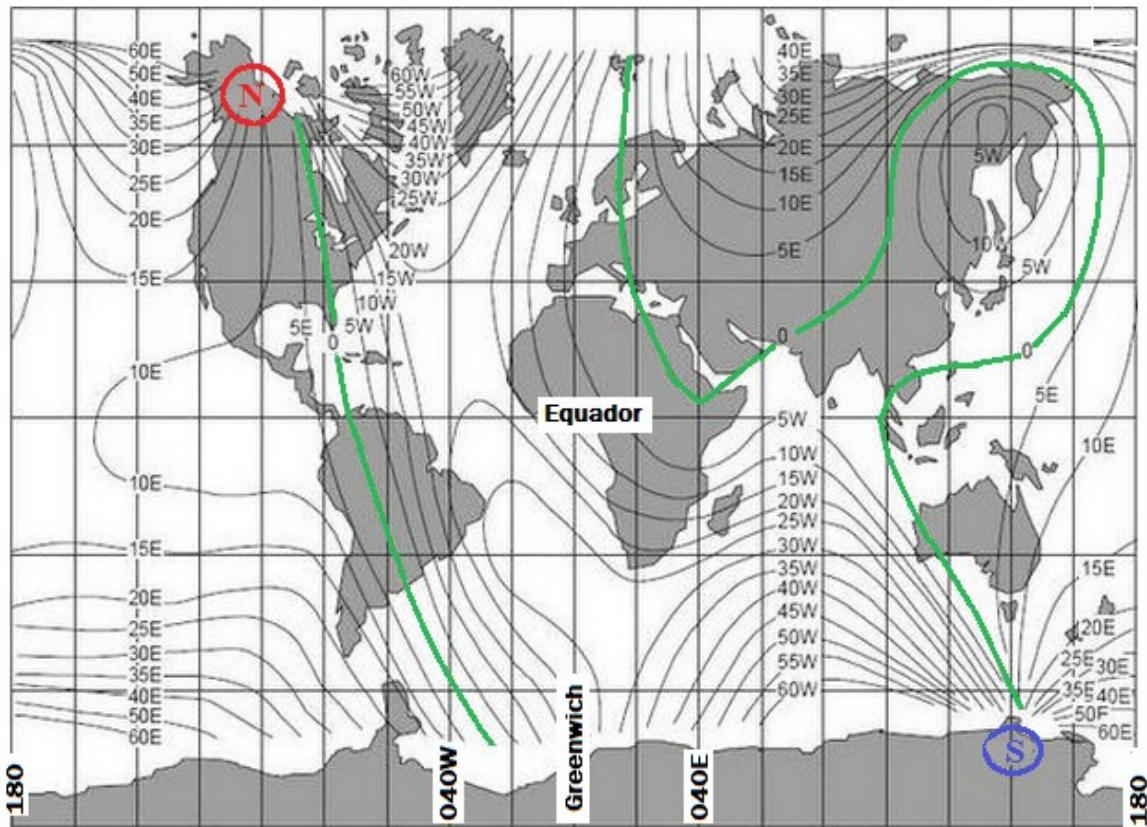
Declinação Magnética (DGM) - os polos magnéticos e geográficos não coincidem, de modo que a bússola não aponta diretamente para o norte verdadeiro (NV) ou geográfico, conforme mostrado na figura abaixo. Outro fenômeno relaciona à declinação magnética da Terra, é o percurso irregular das linhas de força, porque não são alinhadas ou perfeitamente paralelas como seria o campo magnético de um ímã, por exemplo. Os valores das declinações são dados nas Cartas de Rota e nas Cartas WAC.

Verificação Online da declinação magnética de São Luis – ma. :

<http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/>



Validade dos valores de DMG – Para garantia de precisão nas indicações magnéticas é obrigatório a utilização de cartas atualizadas, haja vista a mudança contínua desses valores e suas localizações ao longo do tempo.



Linhas Isogônicas – representam os locais com a mesma Declinação Magnética. São representadas nas Cartas de Rota (ENRC) por linhas tracejadas indexadas por valores em graus e uma letra (W ou E) indicando o lado da DMG.

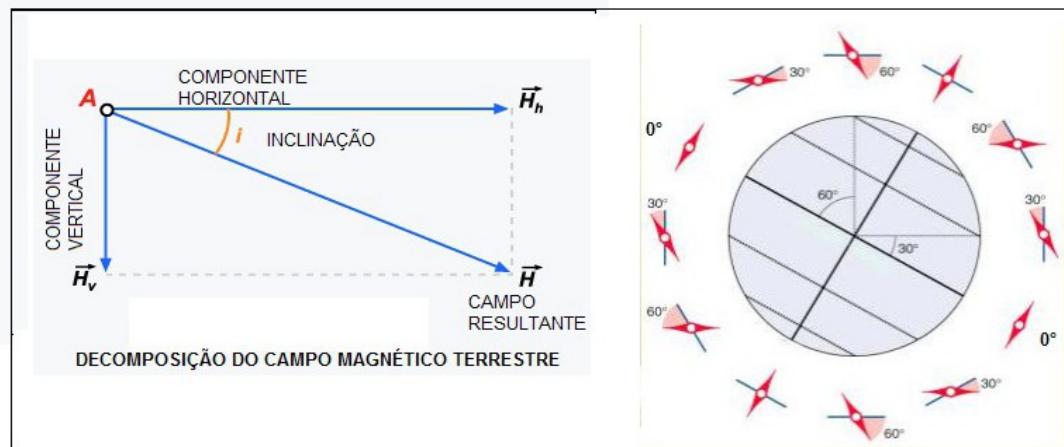
Linhas Agônicas – representam locais onde a DGM é nula (cor verde na figura).

Inclinação Magnética - A inclinação magnética num dado local é o ângulo vertical da direção do campo magnético nesse local.

Ao posicionararmos uma bússola na posição “lateral”, num local sobre a linha do Equador, o normal é a agulha ficar na Horizontal perfeita, apontando no sentido Norte – Sul. Dizemos então que a Inclinação Magnética é zero grau. Se essa experiência for feita num local próximo a um polo, a agulha tenderá a baixar a ponta e apontar diretamente para o polo, de tal forma que, sobre a região polar, a agulha tenderá a se inclinar para 90°.

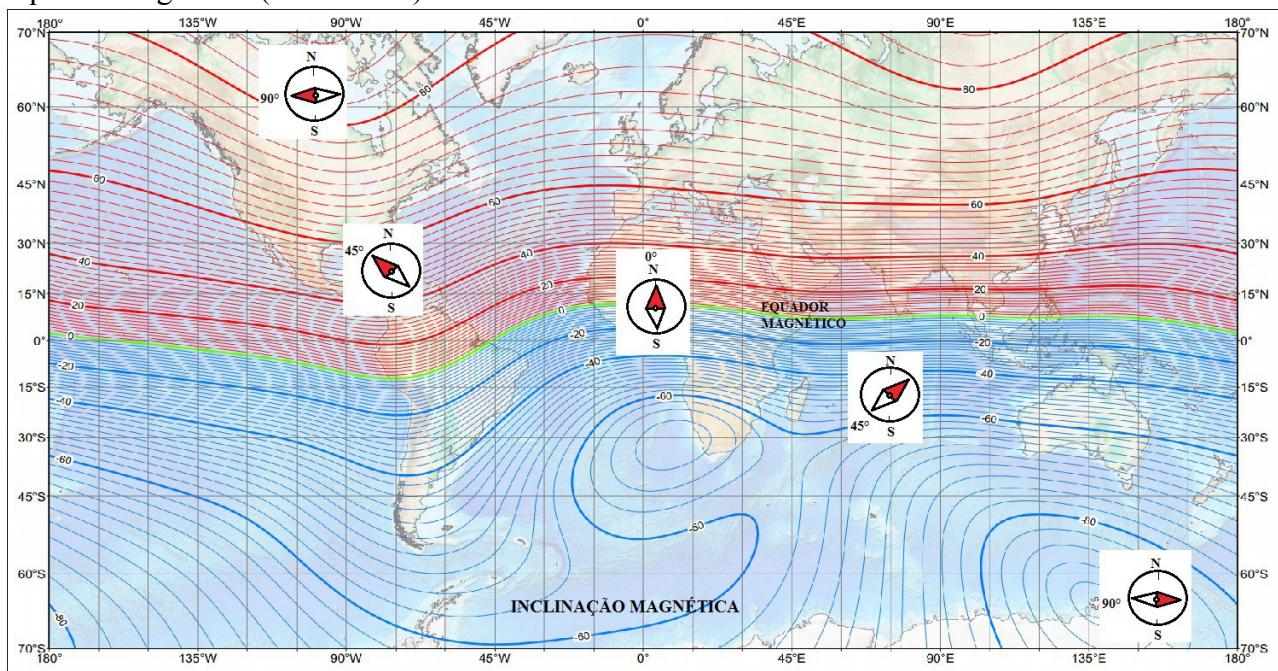
A inclinação é expressa em graus N (+) ou em graus S (-), conforme a ponta N ou S da agulha fica abaixo da linha horizontal nivelada, paralela à tangente nesse local.

O campo magnético terrestre pode ser decomposto vetorialmente em componente Horizontal (rumo Norte – Sul) e Vertical (inclinação).



Linhas Isoclínicas – São as linhas que representam a mesma inclinação magnética nas cartas de navegação.

Carta com os valores de Inclinação Magnética. Notar a distorção entre o Equador geográfico e o Equador magnético (linha verde).



8 Proas e rumos.

- Conceituar os indicadores de direção aplicada à navegação aérea.
- Identificar os métodos gráficos demonstrativos da DMG e de desvio da bússola e suas respectivas aplicabilidades.
- Aplicar os conhecimentos sobre DMG e desvio de bússola na determinação de proas e rumos.

8.1 Indicações de direção – Proa e Rumo: conceituação e aplicabilidade. Deriva e ângulo de deriva: aplicabilidade.**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).

ROTA (Route) – Linha traçada numa carta entre dois pontos da superfície terrestre.

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

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

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

TRAJETÓRIA (Track) – Direção do caminho percorrido pela aeronave em relação ao Norte.

De acordo com o Norte de referência, teremos:

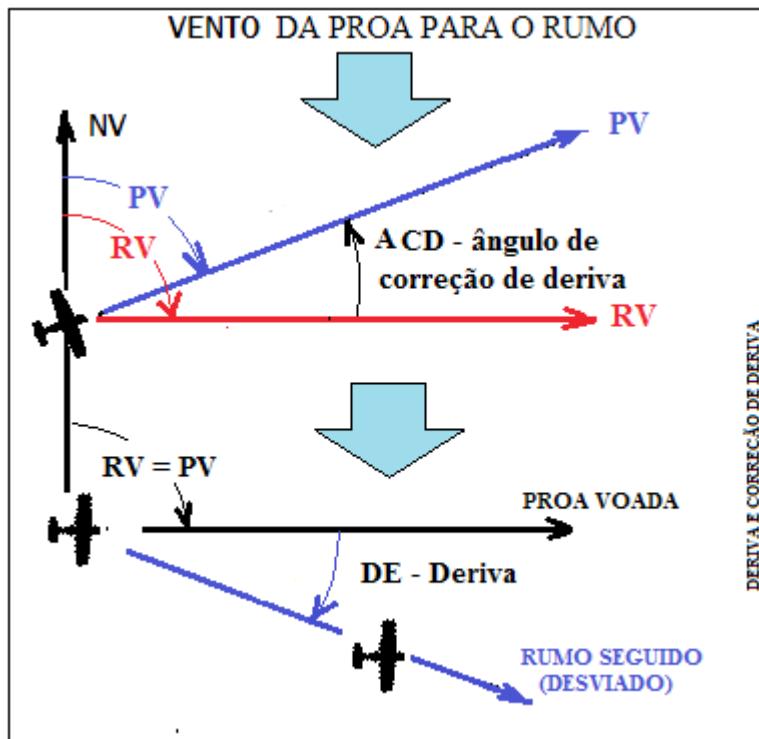
- Rumo Verdadeiro (RV)– direção de uma rota em relação ao Norte Verdadeiro (NV) ou Norte Geográfico.
- Rumo Magnético (RM)– direção de uma rota referente ao Norte Magnético (NM) dado pela linha Isogônica do local onde a aeronave se encontra.
- Proa Verdadeira (PV) – direção do eixo longitudinal da aeronave em relação ao Norte Verdadeiro (NV). Obtida a partir do Rumo Verdadeiro, em função do vento.
- Proa Magnética (PM) - direção do eixo longitudinal da aeronave em relação ao Norte Magnético (NM). Obtida a partir da Proa Verdadeira, em função da Declinação Magnética (DMG) local.
- Proa de Bússola (PB) – direção do eixo longitudinal da aeronave em relação ao Norte de Bússola (NB). Obtida a partir da Proa Magnética, em função do Desvio de Bússola (DB) aferido para aquela proa navegada.

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

8.1.1 - DERIVA - (DE) (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 a rota pretendida, ela se afastará gradualmente dessa rota.

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

8.1.2 - ÂNGULO DE CORREÇÃO DE DERIVA - (ACD) (WCA - Wind Correction Angle) – é



o ângulo a ser corrigido, entre a proa da aeronave e o rumo da rota pretendida: a aeronave parte do ponto “A” para o ponto “B” com a proa apontada no sentido oposto à direção do vento, com valor suficiente para vencer a incidência lateral do vento, e assim, se manter navegando dentro da rota pretendida.

- É o ângulo que vai do rumo pretendido para a proa a ser voada.

Como a orientação dos pontos cardinais NESO é destróbira (girando à direita), teremos então:

- 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). $PV = RV + ACD$

8.1.3 – Triângulo das Velocidades pelo método gráfico

Neste caso, usa-se uma régua-transferidor de plotagem.

DV – Direção do vento (de onde o vento sopra)

VV – Módulo da velocidade do vento (Kt). Plotado sobre a Direção do Vento (DV).

VA – Módulo da Velocidade Aerodinâmica (True Air Speed – TAS). Plotada sobre o Rumo Verdadeiro (RV).

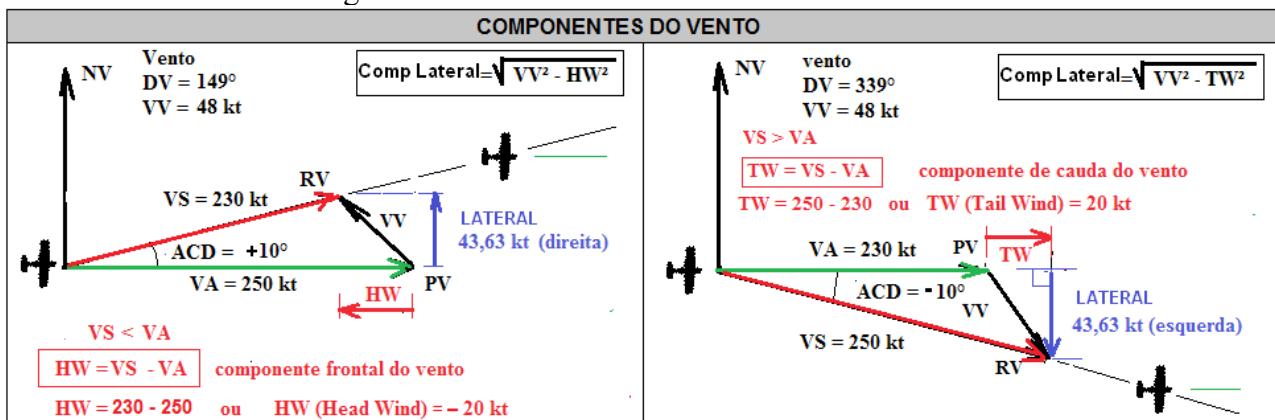
VS – Módulo da Velocidade de Solo (Ground Speed – GS). Plotada sobre a Proa Verdadeira (PV).

8.1.4 - 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.

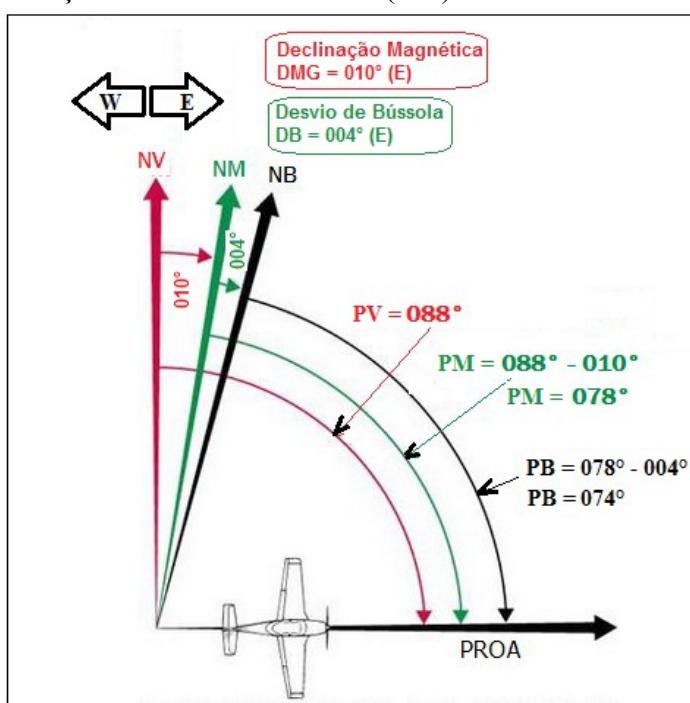
Tomando-se como referência a VA da aeronave, no triângulo das velocidades, poderemos achar diretamente as componentes:

1. Componente longitudinal: O módulo deste vetor indica quantas milhas náuticas a aeronave atrasa ou adianta em uma hora de voo.
 - Se $VS < VA$, teremos vento de proa (HW – Head Wind), com $HW = VS - VA$ cujo resultado será negativo e significa menor distância percorrida em uma hora de voo.
 - Se $VS > VA$, teremos vento de cauda (TW – Tail Wnd), com $TW = VS - VA$ cujo resultado será positivo e significa maior distância percorrida em uma hora de voo.
2. Componente lateral: O módulo deste vetor indica quantas milhas náuticas a aeronave se afastaria lateralmente da rota pretendida, caso não fosse aplicada a correção de deriva.
 - A componente lateral pode ser calculada graficamente, pelo Teorema de Pitágoras, conforme figura abaixo.



8.2 Método gráfico (calunga ou pé de galinha) demonstrativo da Declinação Magnética (DMG) e do Desvio de Bússola (DB), para E ou W.

O método gráfico é utilizado pelo navegador para determinar direções de proa e rumo sobre uma carta aeronáutica em relação ao Norte Verdadeiro (NV):



- Norte Magnético (NM): depende da Declinação Magnética (DMG).
- Norte de Bússola (NB): depende do Desvio de Bússola (DB) encontrado para cada proa durante a aferição da bússola.

8.3 Aplicabilidade da DMG nos rumos e proas magnéticos.

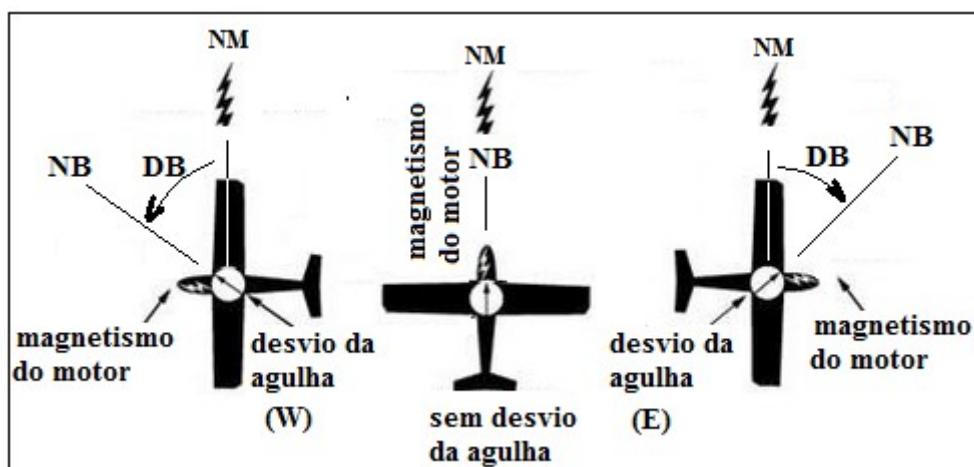
Os equipamentos de bordo fornecem direções referidas ao Norte Magnético, portanto, precisamos compensar a diferença entre o valor lido na carta, que se refere ao Norte Verdadeiro, e o valor indicado nos instrumentos de navegação, que dependerão da DMG indicada na Carta de Navegação, pela linha agônica local ou a mais próxima.

Esta compensação deve ser feita, adicionando-se o valor da DMG W ou subtraindo-se a DMG E.

8.4 Desvio de Bússola (DB) - é a diferença entre a indicação do Norte Magnético (NM), feita por uma bússola sem influência de campos magnéticos espúrios, e a indicação da bússola que está sob a influência dos campos magnéticos presentes no próprio avião.

No processo de aferição são verificados os desvios a cada 30 graus, girando-se a aeronave no sentido NESO (destrógiro), e anotados em um cartão padrão de correções, que fica no corpo da bússola.

A cada posição da proa da aeronave em relação ao Norte Magnético, a agulha da bússola sofre a influência de campos espúrios presentes na própria aeronave, portanto ***o Norte de Bússola (NB) é variável, de acordo com a proa da aeronave.***



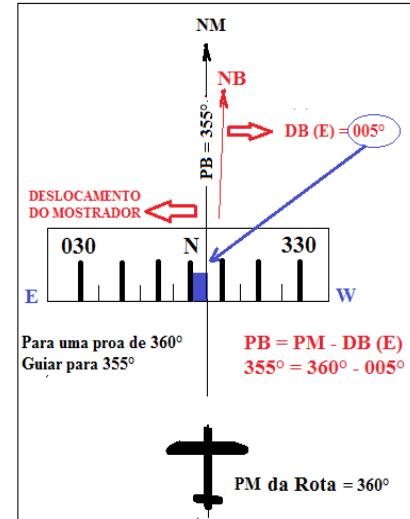
Aplicabilidade do Desvio de Bússola

Proa de bússola (PB) – é a Proa Magnética (PM) somada algebricamente ao Desvio de Bússola (DB) indicado no cartão de correção para cada faixa de valores.

- DB a oeste do NM → PB = PM + DB (W).
- DB a leste do NM → PB = PM - DB (E).

8.6 Resumo de Rumos e Proas

$PV = RV - ACD (\text{esq})$	$PM = PV + DMG (\text{W})$	$PB = PM + DB (\text{W})$
$PV = RV + ACD (\text{dir})$	$PM = PV - DMG (\text{E})$	$PB = PM - DB (\text{E})$
vento à Esq. subtrair ACD vento à Dir. somar ACD	somar DMG (W) subtrair DMG (E)	somar DB (W) subtrair DB (E)
rumo verdadeiro RV true bearing	proa verdadeira PV true heading	proa magnética PM magnetic heading
ACD	DMG	DB
vento à Esq. somar ACD vento à Dir. subtrair ACD	subtrair DMG (W) somar DMG (E)	subtrair DB (W) somar DB (E)
$RV = PV + ACD (\text{esq})$	$PV = PM - DMG (\text{W})$	$PM = PB - DB (\text{W})$
$RV = PV - ACD (\text{dir})$	$PV = PM + DMG (\text{E})$	$PM = PB + DB (\text{E})$



8.7 Exemplos

Observando-se o Cartão de Desvio de Bússola da figura, deve-se considerar que para (for) uma proa magnética (PM) de $240^\circ \pm 015^\circ$, guiar (steer) a proa de bússola (PB) para 246° , portanto um Desvio de Bússola (DB) de 006° W.

Se este exemplo ocorre em uma localidade com $DMG = 20^\circ$ W, teremos as seguintes proas:

1. cproa magnética $\rightarrow PM = 240^\circ$
2. proa de bússola $\rightarrow PB = PM + DB (\text{W}) \rightarrow PM = 240^\circ + 006^\circ \rightarrow PM = 246^\circ$.
3. proa verdadeira $\rightarrow PV = PM - DMG (\text{W}) \rightarrow PV = 240^\circ - 20^\circ \rightarrow PV = 220^\circ$



EXERCÍCIOS

1- DADOS: $DMG = 21^\circ$ W $PV = 155^\circ$ $DB = 002^\circ$ E

Pedem-se: PM e PB

$$PM = PV + DMG (\text{W}) \rightarrow PM = 155 + 21 \rightarrow PM = 176^\circ$$

$$PB = PM - DB (\text{E}) \rightarrow PB = 176 - 002 \rightarrow PB = 174^\circ$$

2- DADOS: $PV = 155^\circ$ $PM = 176^\circ$ $PB = 174^\circ$

PEDEM-SE: DMG e DB

$$DMG (\text{W}) = PM - PV \rightarrow DMG = 176 - 155 \rightarrow DMG = 21^\circ (\text{W})$$

$$DB (\text{E}) = - PB + PM \rightarrow DB = - 174 + 176 \rightarrow DB = - 002^\circ \text{ ou } DB = 002^\circ (\text{E})$$

3- DADOS: $PB = 048^\circ$ $DB = 005^\circ$ W $DMG = 019^\circ$ E

Pedem-se: PV e PM

$$PM = PB - DB \text{ (W)} \rightarrow PM = 048 - 005 \rightarrow PM = 043^\circ$$

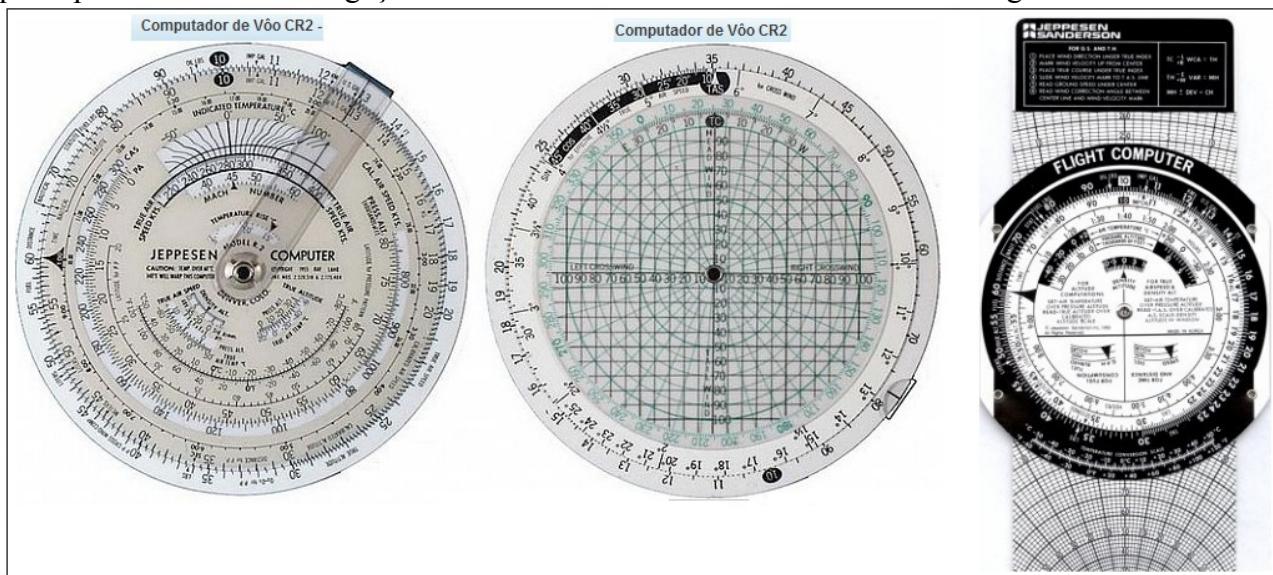
$$PV = PM + DMG \text{ (E)} \rightarrow PV = 043 + 019 \rightarrow PV = 062^\circ$$

9 Computador (ou calculador) de voo.

- Identificar os diferentes tipos de computador de voo.
- Demonstrar a correta utilização de computadores de voo na obtenção de dados e na resolução de problemas de aeronavegação.
- Processar informações sobre o vento e seus efeitos imediatos no deslocamento da aeronave, em relação à manutenção da rota pretendida.

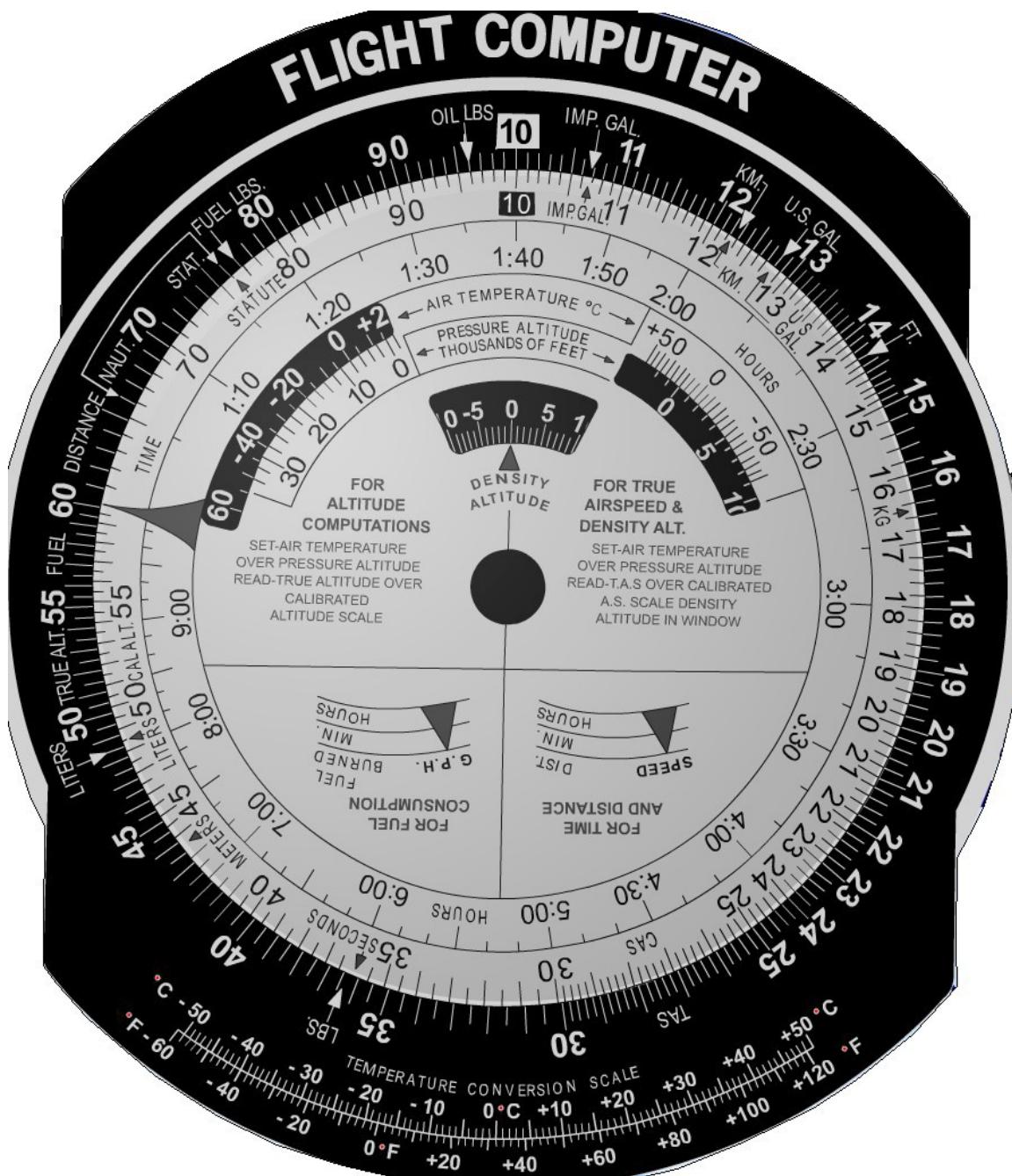
9.1. Tipos: de régua e circular. Modelos em uso na atualidade.

O Computador de Voo é um instrumento básico, tipo régua de cálculo, dedicado para resolver os principais cálculos de navegação aérea. Os modelos mais difundidos são: de régua e circular.



Análise do computador tipo régua - as duas faces ou lados que possui são chamadas de face "A" ou "de cálculo" e face "B" ou "do vento". A face "A" possui um círculo móvel que tem em sua periferia uma escala graduada de 10 a 100, além de janelas com diversas finalidades. O círculo externo é igualmente graduado. A face "do vento" possui uma Rosa dos Ventos móvel e, quando os cálculos forem efetuados neste lado, para o caso do computador "de régua", esta deverá estar inserida no computador.

9.2 Face A do computador. Indicações para cálculo de tempo, velocidade, distância, combustível, razão de subida e de descida e altitudes. Operações de regra de três simples.

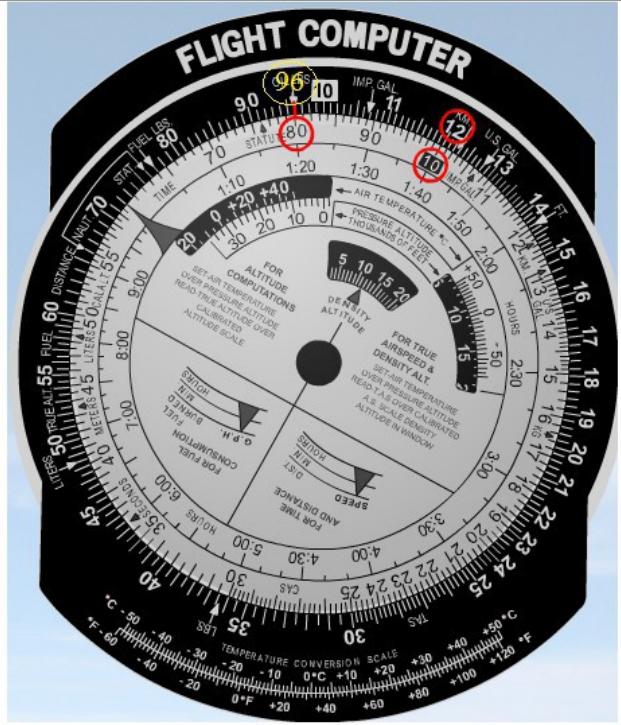


Computador de voo – estudo da face “A”.

Computador de voo - Multiplicação

MULTIPLICAÇÃO:
multiplicar 12 * 8.

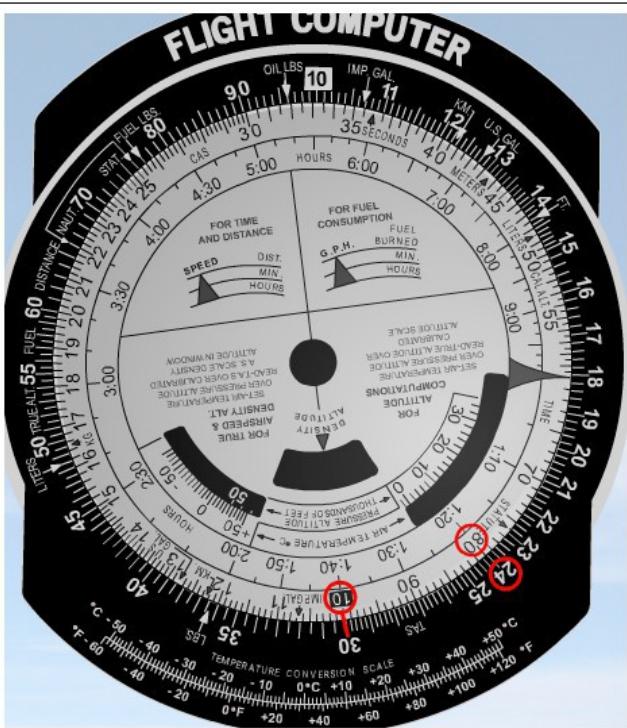
- ajustar o número 12 do disco externo com o 10 do disco interno.
- localizar o número 08 no disco interno e o resultado estará sobre ele, no disco externo = 96.



Computador de voo - Divisão

DIVISÃO
Dividir 240 por 8:

- Ajustar o número 8 do disco interno sob o 240 do disco externo.
localizar o número 10 do disco interno e sobre ele está o resultado = 30.



Computador de voo – Razão de subida

RAZÃO DE SUBIDA, QUANTIDADE A SUBIR E TEMPO DE SUBIDA

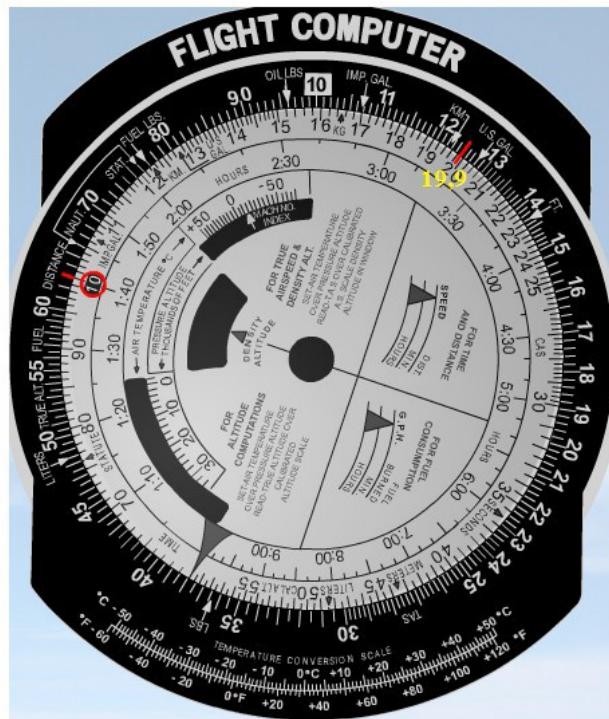
Dados:

Razão de subida 630 fpm
Altitude a atingir 12.500 ft

Encontrar o tempo de subida:

- Posicionar o número 10 do disco interno sob o número 630 fpm do disco externo.
- localize no disco externo o valor 12.500 ft e o valor abaixo, no disco interno será o tempo procurado.

Resposta = 19,9 min.



9.2.1 Tempo – Unidade de medida. Transformações: horas – minutos – segundos.

TRANSFORMAR HORAS EM MINUTOS

As duas escalas do disco interno são horárias:

- A interna contém quantidades de horas de uma a dez.
- A externa, contém os minutos correspondentes a essas quantidades.

TRANSFORMAR MINUTOS EM SEGUNDOS

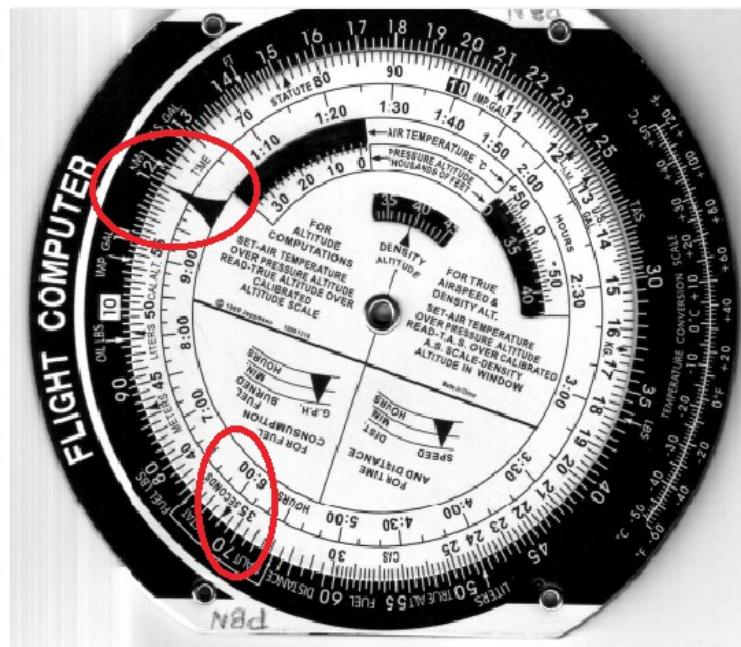
Colocar a seta do número 60, do disco interno, sob um número no disco externo que representará minutos.

O valor de segundos será lido na mesma escala do disco externo, sobre a seta "seconds", próxima ao número 35, no disco interno.

Exemplo:

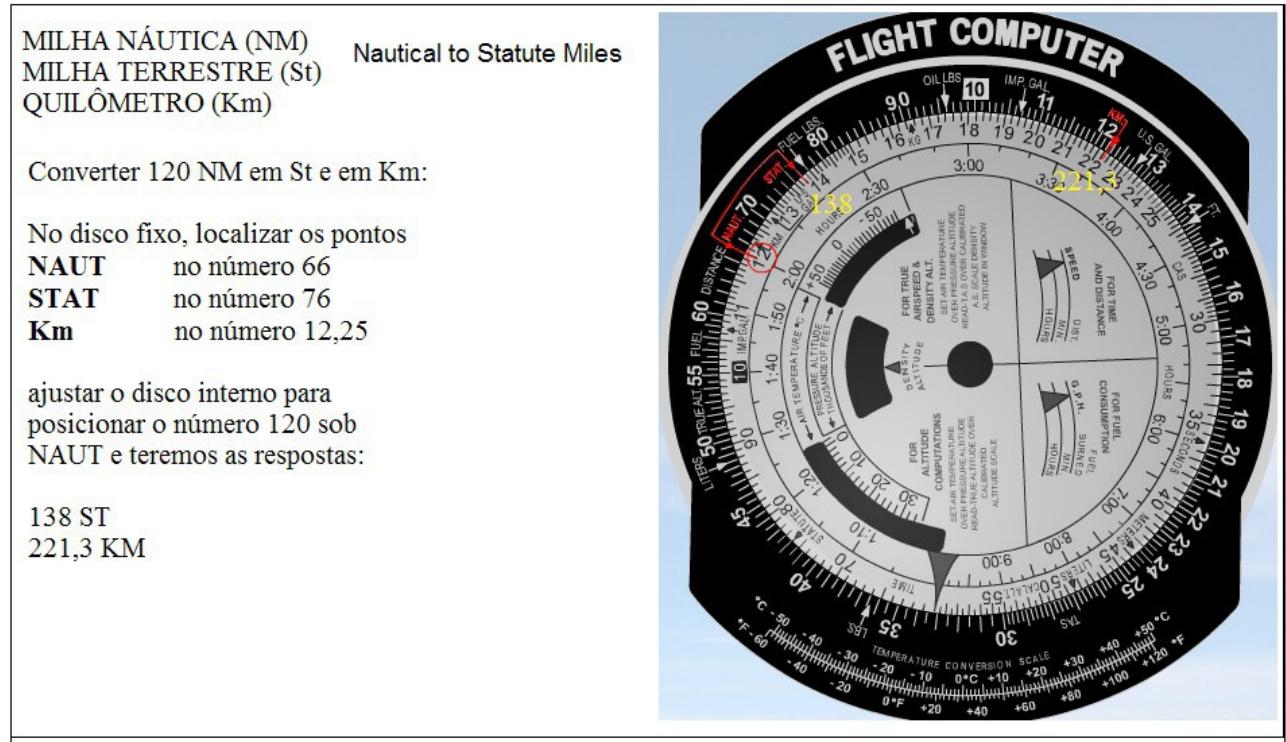
Seta "60" no número 12 minutos

Seta de segundos no número 720 s.

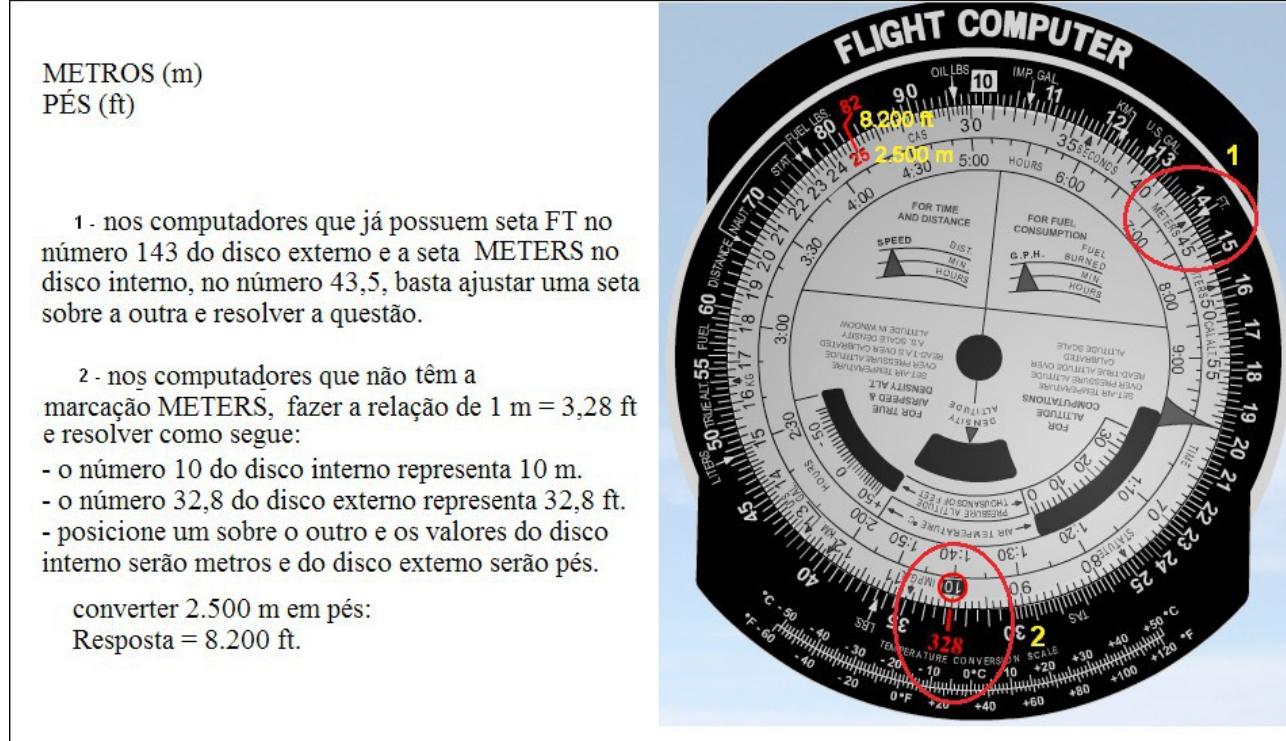


9.2.2 Distâncias – Conversões: pés – metros – quilômetros – milhas náuticas – milhas terrestres.

Computador de voo – Milhas Náuticas em Quilômetros e em Milhas Terrestres



Computador de voo - Metros em pés



9.2.3 Velocidade Aerodinâmica – Unidade de medida: nó (Kt = knot), milha por hora (MPH). Conversões. Cálculo da relação velocidade-tempo-distância. Cálculo de combustível tempo-consumo.

VELOCIDADE AERODINÂMICA (VA)
UTILIZANDO (VI)

Dados:

VI de cruzeiro 130 kt
FL de cruzeiro 070
Temperatura no FL 10°C

Encontrar VA

- ajustar o disco interno para que o valor 7.000 do FL fique sob o valor da temperatura na janela "air temperature °C".
- localizar no disco interno, o valor da VI de 130 kt, e no disco externo, sobre esse valor, estará o valor da VA procurada.

Resposta = 146 kt



Computador de voo – Tempo de voo

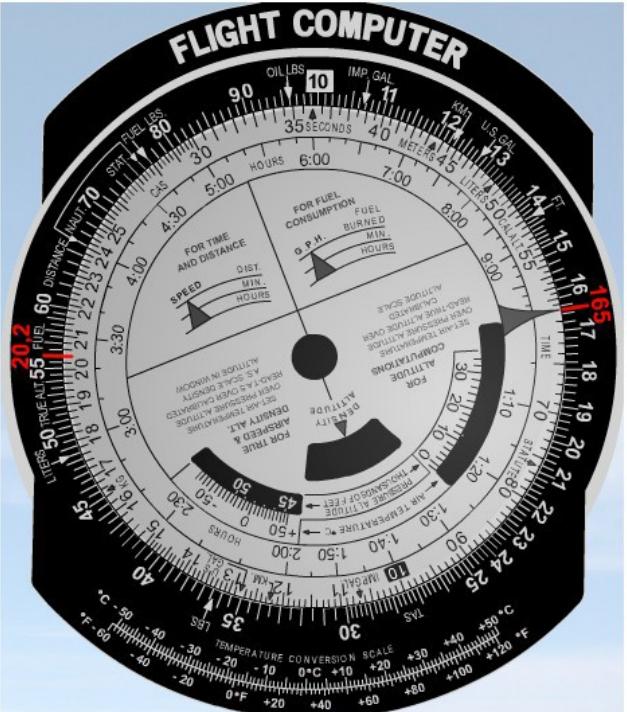
VELOCIDADE, DISTÂNCIA E TEMPO

Dados:

Velocidade 165 kt.
Distância percorrida 56 NM

Encontrar o tempo decorrido:

- posicionar a seta horária do disco interno no valor 165 do disco externo.
 - o tempo será lido no disco interno, abaixo do valor 56 do disco externo.
- Resposta: 20,2 minutos.



Computador de voo – Velocidade em nós

VELOCIDADE, DISTÂNCIA E TEMPO

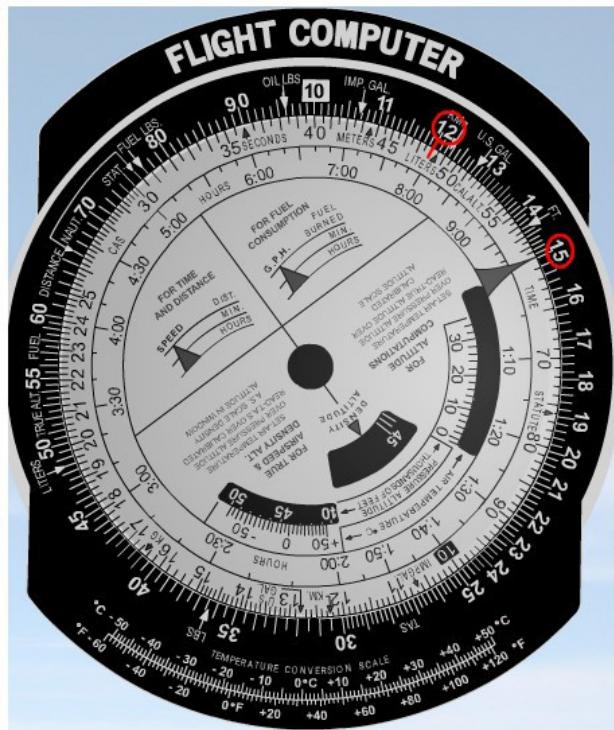
Dados:

Distância percorrida 120 NM.
Tempo decorrido 48 min.

Encontrar a velocidade:

- posicionar o valor de 48 min do disco interno sob o valor 120 NM do disco externo
- a velocidade será o valor, no disco externo, apontado pela seta horária.

Resposta: 150 kt.



Computador de voo - Autonomia

AUTONOMIA

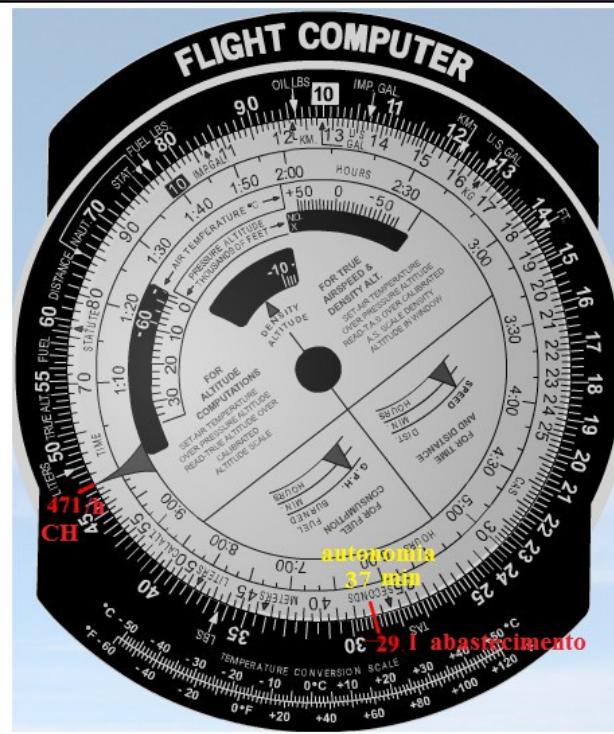
Dados:

Consumo horário 47 l/h
Abastecimento 29 l

Encontrar o tempo voado:

- no disco externo localizar o valor 47 l/h e posicione a seta horária do disco interno sob esse valor.
- localize no disco externo o número 29 l e abaixe deste número, no disco interno, estará o tempo voado.

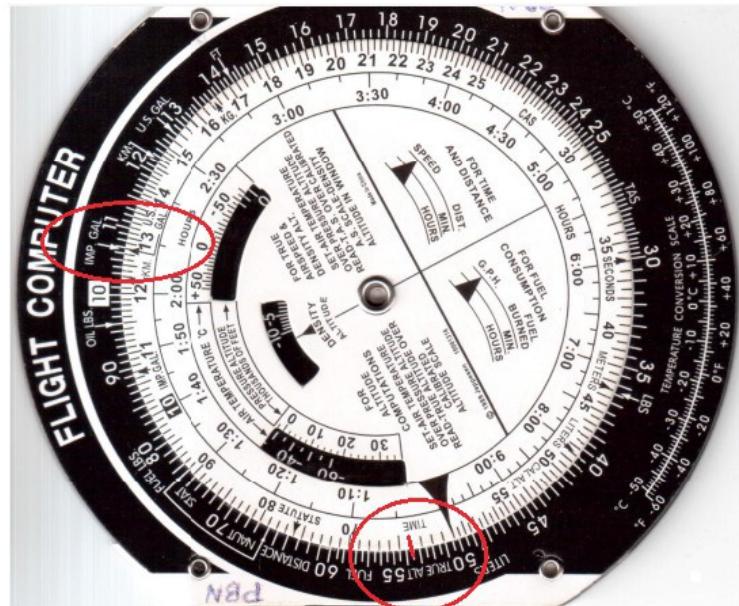
Resposta: 37 min.



9.3 Capacidade volumétrica – Conversões: galões – litros – US galões.

GALÃO (IMP. GAL) EM U.S. GAL

- Posicionar a seta US GAL do disco interno, em frente à seta IMP GAL do disco externo.
- Os valores lidos na escala do disco externo são Galões (IMP GAL) e os valores lidos no disco interno são US GAL.
- no exemplo, 64 US GAL = 53,2 IMP GAL.



Para conversão de Litros para IMP GAL, basta posicionar a seta “LITERS”, do disco interno, em frente à seta de IMP GAL, no disco externo, e fazer as leituras dos valores.

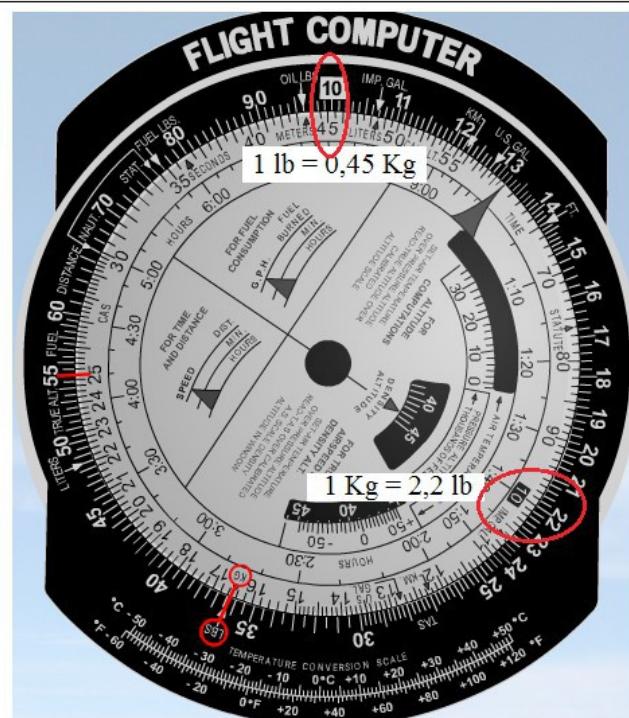
9.4 Massa – Conversão: quilograma – libra.

QUILOGRAMA (Kg) LIBRA (Lb)

- localizar a seta LBS no disco externo, no número 37,8.
- localizar a seta KG no disco interno, no número 16,6.
- posicionar uma seta sobre a outra, então todos os valores à direita das setas (acima de 1680) no disco interno serão quilogramas e os valores correspondentes no disco externo serão libras, e vice-versa.

Converter 2.500 Kg em libras
resposta = 5.500 lb

$$\begin{aligned}1 \text{ lb} &= 0,45 \text{ Kg} \\1 \text{ Kg} &= 2,2 \text{ lb}\end{aligned}$$



9.5 Altitude – Determinação da altitude verdadeira e da altitude densidade.

ALTITUDE VERDADEIRA

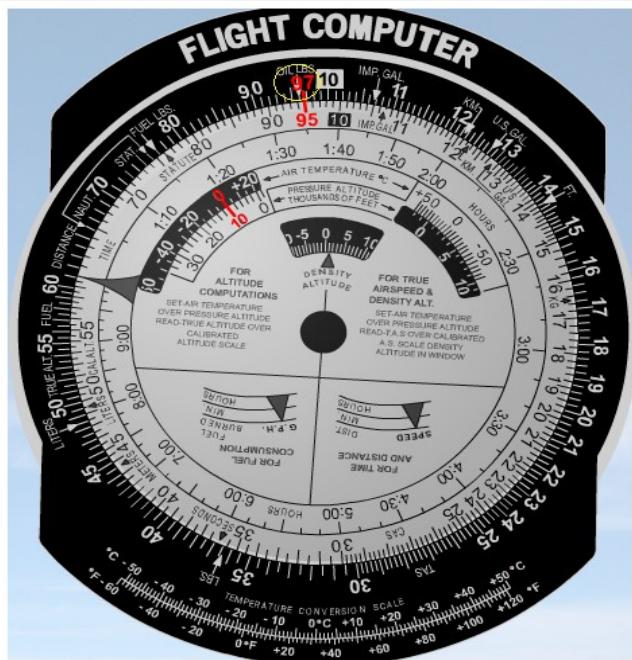
Dados:

Altitude de Pressão	10.000 ft
Temperatura	0°C
Altitude QNH	9.500 ft

Encontrar a Altitude Verdadeira

- na janela esquerda, ajustar o valor de 0°C sobre o valor da altitude pressão de 10.000 ft.
- localizar no disco interno o valor de 9.500 ft QNH e o valor sobre ele, no disco externo, será a Altitude verdadeira.

Resposta = 9.700 ft



Computador de voo – Altitude Densidade .

ALTITUDE DENSIDADE

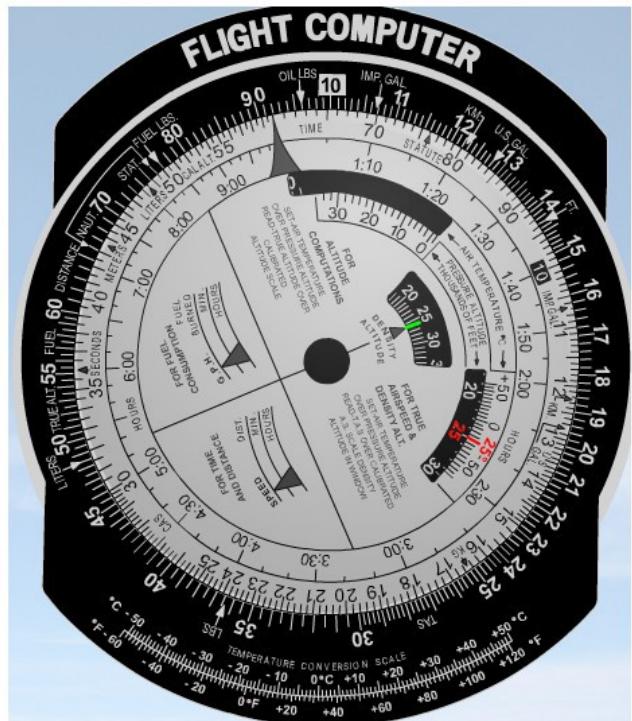
Dados:

Nível de voo	FL 250
Temperatura real	- 25°C

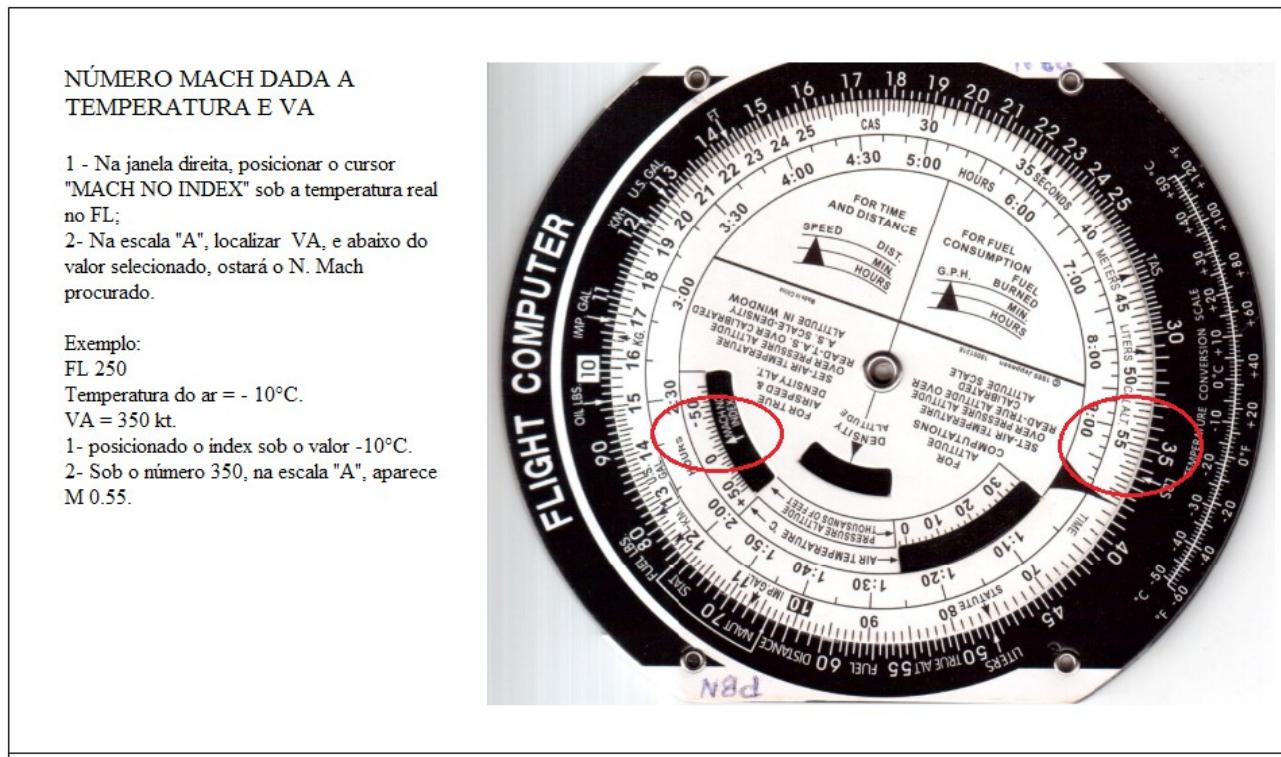
Encontrar Altitude Densidade:

- na janela "air temperature °C" ajustar a Altitude Pressão de 25.000 ft
- o valor da altitude densidade é dado na janela central.

Resposta = 26.000 ft



Computador de voo – Número Mach.



Computador de voo – VA a partir do Número Mach.

VELOCIDADE AERODINÂMICA (VA) UTILIZANDO NÚMERO MACH

Dados:

Número Mach = 0,75 M

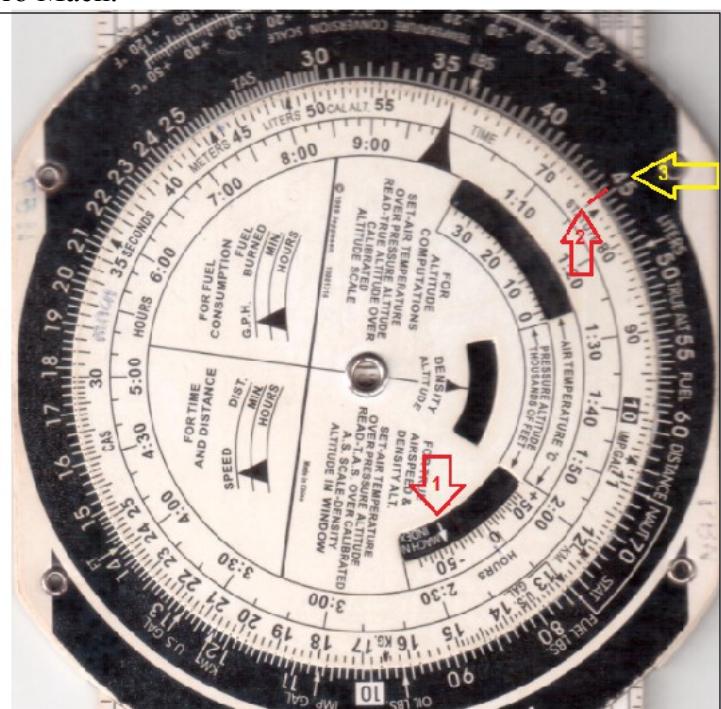
Temperatura no nível de voo (T. no FL) = - 40° C

CALCULAR A VA:

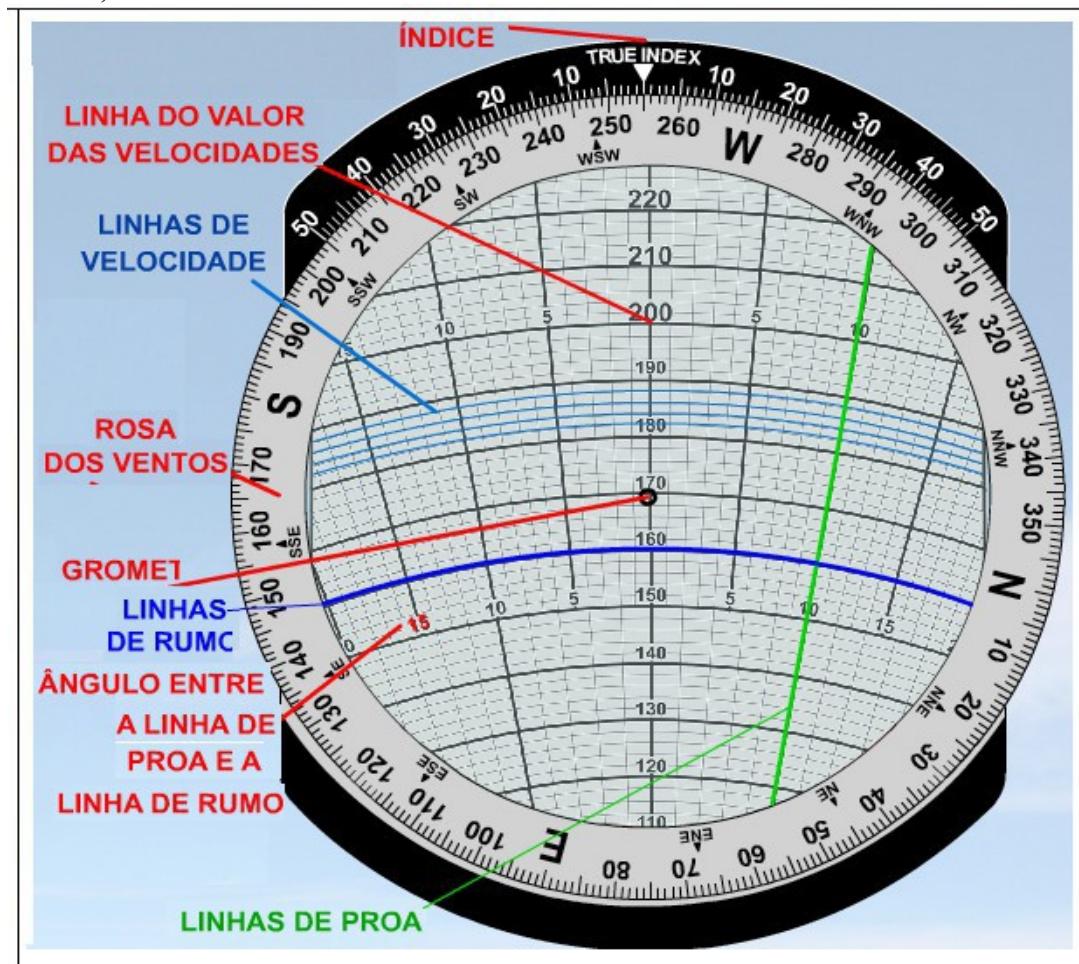
1- Ajustar o Mach Index na temperatura - 40° na janela "air temperature °C".

2- Na escala do disco interno (móvel), localizar o número Mach = 0,75.

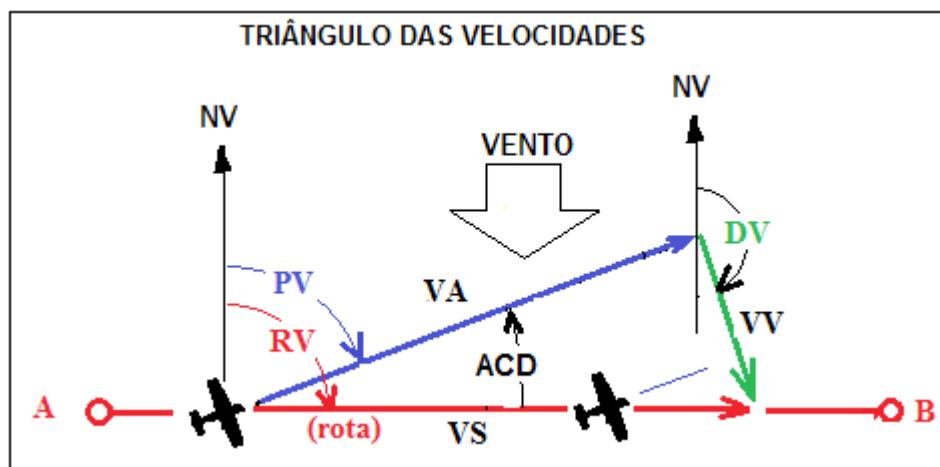
3- A VA procurada é o número coincidente na escala do disco externo (fixo) = 446 kt



9.6 - Face B do computador – Determinação de dados através da aplicação de triângulos de velocidade: 1º, 2º e 3º casos.



9.6.1 Triângulo das velocidades.



Caso 1: Calcular PV e VS utilizando o Computador de voo.

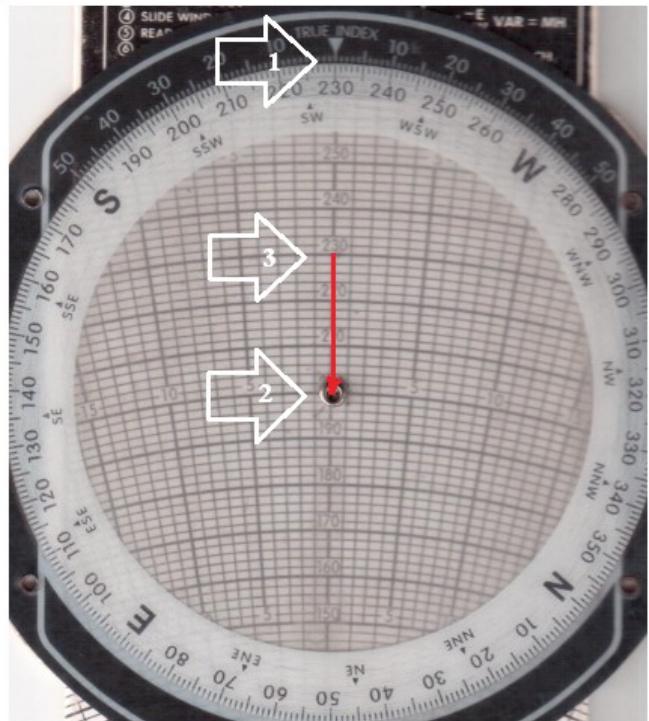
**ENCONTRAR VELOCIDADE DE SOLO (VS)
E PROA VERDADEIRA (PV).**

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 "groumet" num valor arredondado (exemplo 200) para marcar o valor da VV = 30 kt.
- 3 - utilizar a escala para marcar o valor da VV (200 + 30 = 230).



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

PASSO 2

Dados:

RV 190°
VA 214 Kt (velocidade aerodinâmica ou verdadeira)
VV 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°).

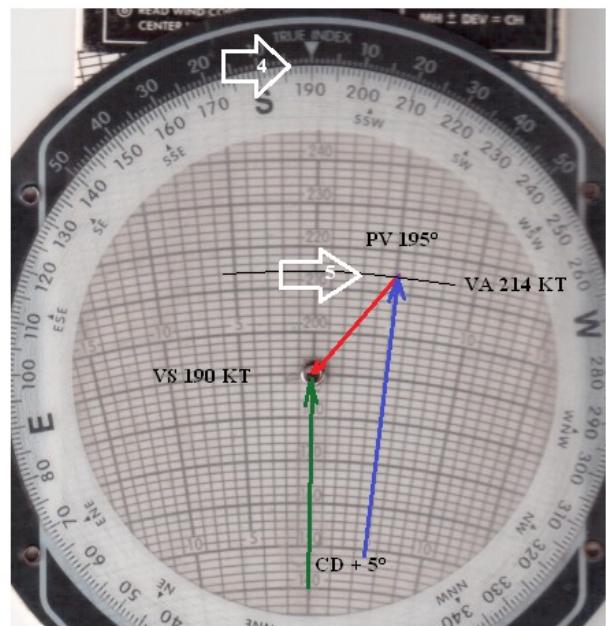
Cálculo da Proa Verdadeira PV:

$$PV = RV +/- CD$$

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

Determinação da Velocidade de solo VS:

A linha horizontal que passa sob o "groumet" é que determinará a VS: 190 kt.



Caso 2: Calcular RV e VS utilizando o Computador de voo.

DADOS: PV; VA; DV; VV;

ENCONTRAR RV e VS

Passo 1

Dados: PV = 280°

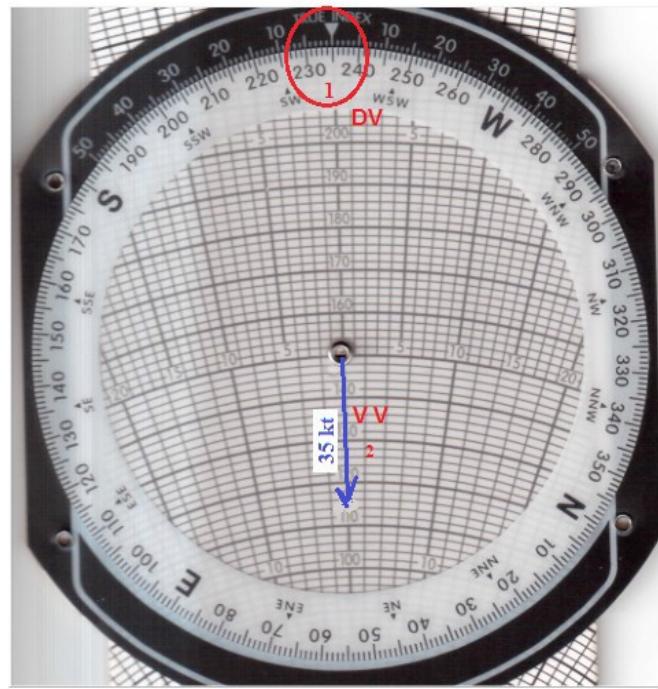
VV = 35 kt

DV = 235°

VA = 160 kt.

1)- colocar o true index sob o valor da DV = 235°.

2)- marcar a VV, para baixo do grommet = 35 kt.



ENCONTRAR RV e VS

Passo 2

Dados: PV = 280°

VV = 35 kt

DV = 235°

VA = 160 kt.

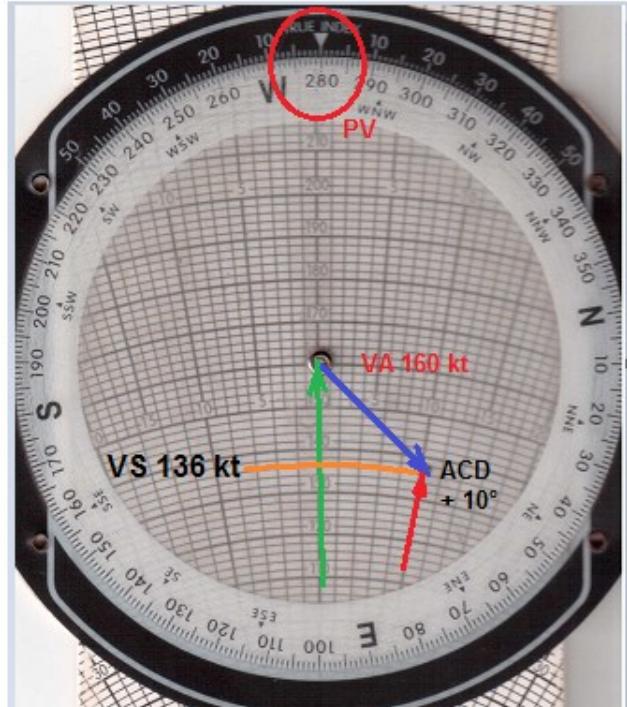
3 - girar o disco pra colocar PV= 280° no TI.

4 - colocar o gromet na linha da VA = 160 kt.

5 - o ACD lido será de + 10°

6 - RV = PV + ACD \rightarrow RV = 280 + 010 \rightarrow RV = 290°

7 - a linha da VS = 136 kt



Caso 3: Calcular DV e VV utilizando o Computador de voo.

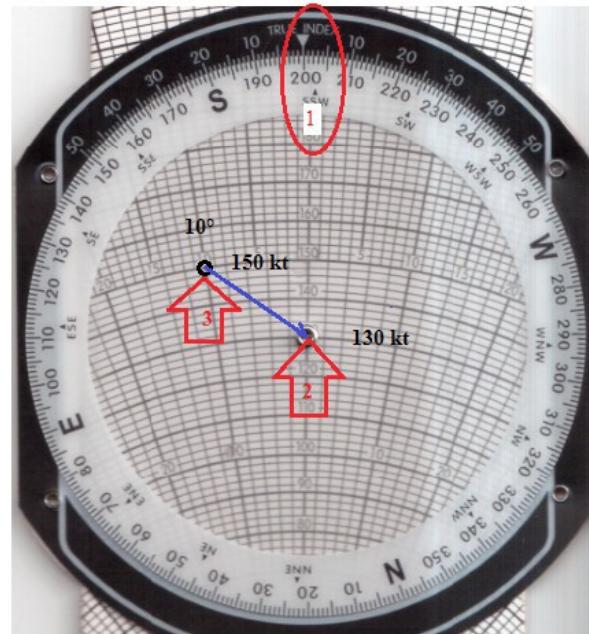
DADOS: PV; RV; VA; VS;

ENCONTRAR DV e VV

PASSO 1

DADOS:
 PV = 200°
 RV = 210°
 VA = 150 kt
 VS = 130 kt
 $CD (\text{correção de deriva}) = RV - PV \text{ ou } CD = 10^\circ$

- 1)- colocar o valor de RV = 200° sob o True Index.
- 2)- colocar o groumet sobre a linha de VS = 130 kt.
- 3)- marcar um ponto sobre a linha da VA = 150 kt, correspondente ao valor de 10°. Como PV < RV, esse ponto ficará à esquerda da linha central.

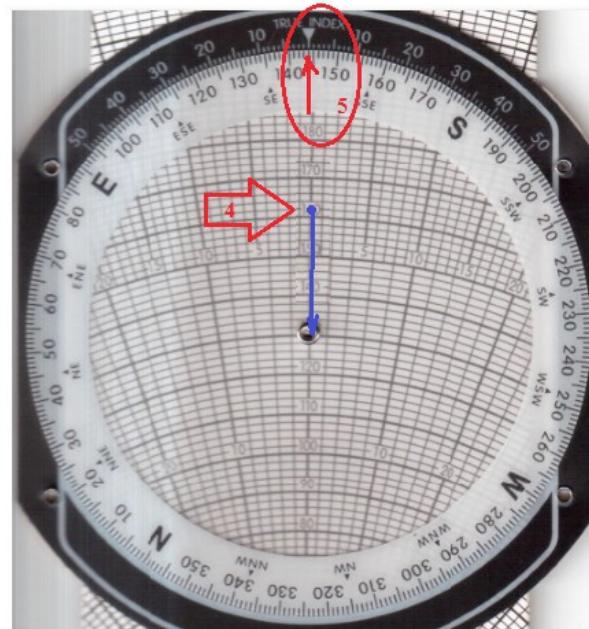


ENCONTRAR DV e VV

PASSO 2

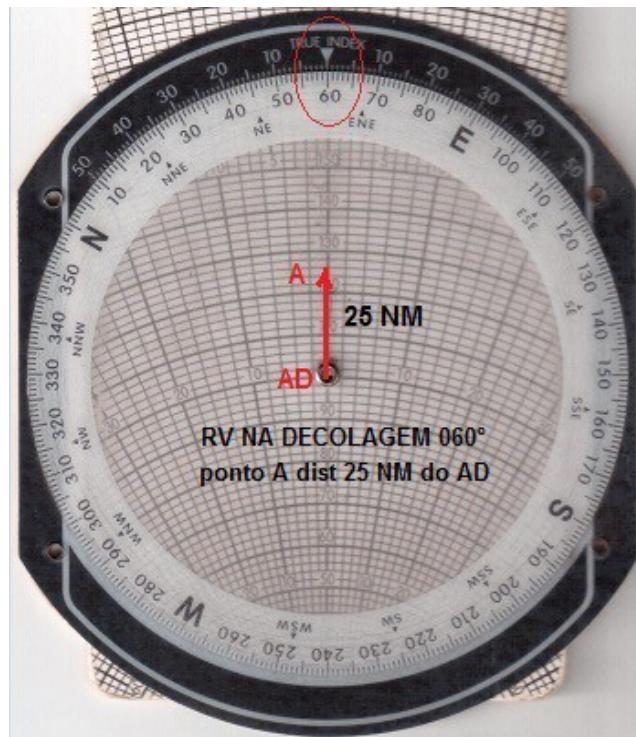
DADOS:
 PV = 200°
 RV = 210°
 VA = 150 kt
 VS = 130 kt
 $CD (\text{correção de deriva}) = RV - PV \text{ ou } CD = 10^\circ$

- 4)- girar o disco para que o vetor do vento fique na linha vertical, acima do groumet.
- 5)- o valor lido sob o True Index é a DV = 144°.
 A distância do ponto para o groumet é a VV = 33 kt

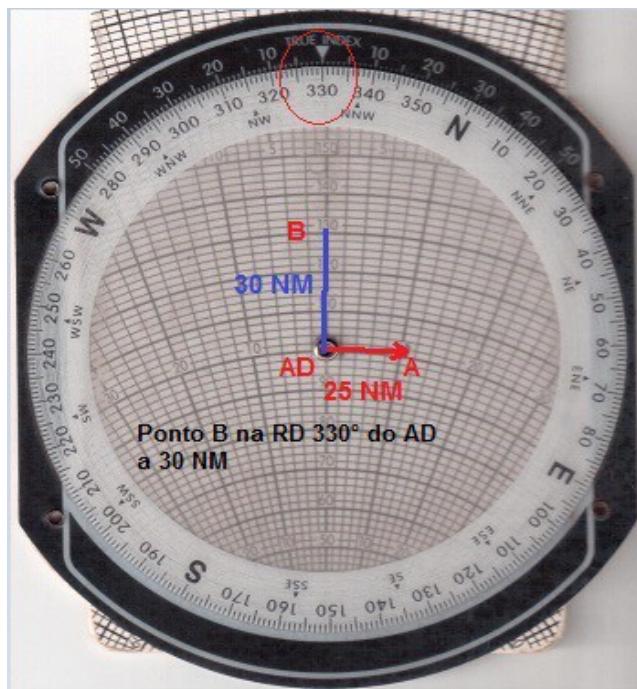


TRIANGULAÇÃO: uma aeronave decola de um AD com RV = 060° para um ponto “A” distante 25 NM do AD. Neste ponto ela tem que voar para um ponto “B” localizado na radial 330° do VOR do AD, e a 30 NM de distância do AD.

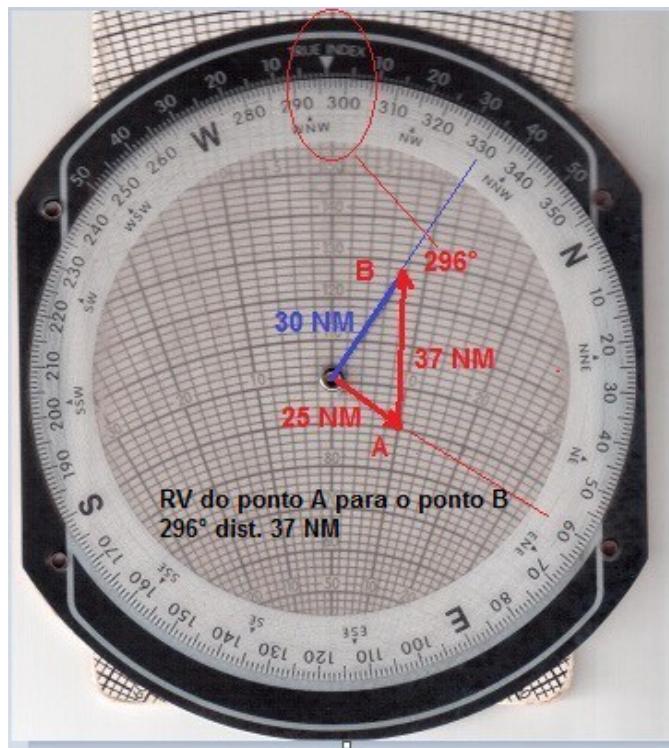
PASSO 1: posicionar 60° no TI da régua e marcar um vetor com 25 NM.



PASSO 2: girar a régua para posicionar o RV do ponto “B” = 330° no TI e marcar o ponto “B” a 30 NM do AD.



PASSO 3: traçar o vetor entre o ponto “A” e o ponto “B”, e girar a régua para que esse vetor fique paralelo com a linha central. O valor que ficar sob o TI da régua será o RV a ser voado do ponto “A” para o ponto “B”. Nesta posição, medir a distância entre os dois pontos.



10 Tempo, fusos horários, hora e seus designativos.

- Descrever os elementos básicos da Geografia Matemática ou Astronômica, aplicáveis à navegação aérea.
- Aplicar corretamente conhecimentos sobre cálculos de tempo relacionados a longitude e aos fusos horários nos planejamentos de voo.

A unidade de tempo no Sistema Internacional de Unidades é o *segundo*.

Notaçāo: s Exemplo 25s

Unidades derivadas:

- Minuto $01\text{min} = 60\text{s}$
- hora $01\text{h} = 60\text{min} = 3.600\text{s}$

O tempo nas atividades aeronáuticas utiliza somente hora e minuto e é sempre referenciado à hora UTC (zulu).

NOTA: As operações aritméticas com hora e minuto são semelhantes às operações com grau angular.

10.1 Relação tempo-longitude.

Longitude no tempo - Vamos considerar o equador terrestre dividido em 360 arcos, com um grau de abertura cada. O sol, no seu movimento aparente, percorre um arco de 15° em uma hora. Portanto, teremos as seguintes relações:

Tempo	Longitude
1 hora	$15^\circ 00'$
4 minutos	$01^\circ 00'$
1 minuto	$00^\circ 15'$
4 segundos	$00^\circ 01'$

10.2 Terra – Movimento real.

Movimento real - É o movimento de rotação da Terra, de Oeste para Leste, com duração de 23 horas, 56 minutos e 4 segundos, originando os dias e as noites.

10.3 Sol – Movimento aparente – Trânsito.

Movimento aparente – é o movimento do Sol, de Leste para Oeste, percebido por um observador na superfície terrestre, como consequência do movimento real de rotação da Terra em relação ao Sol.

10.4 Fuso horário – Valor em graus de longitude e sua composição. Número de fusos em cada um dos lados do globo terrestre. Longitude central de cada fuso. Fuso 0° . Fuso 12° .

A divisão do globo terrestre em 24 horas, cria 24 arcos de paralelo, com 15° de longitude cada, onde cada uma das faixas de 15° é denominada de fuso horário, e cada fuso horário tem um meridiano central, dividindo o fuso em $07^\circ 30' E$ e $07^\circ 30' W$.

Para questões horárias o meridiano de origem (Fuso Zero) é o de Greenwich.

A partir de Greenwich, os **fusos horários** são ordenados da seguinte forma:

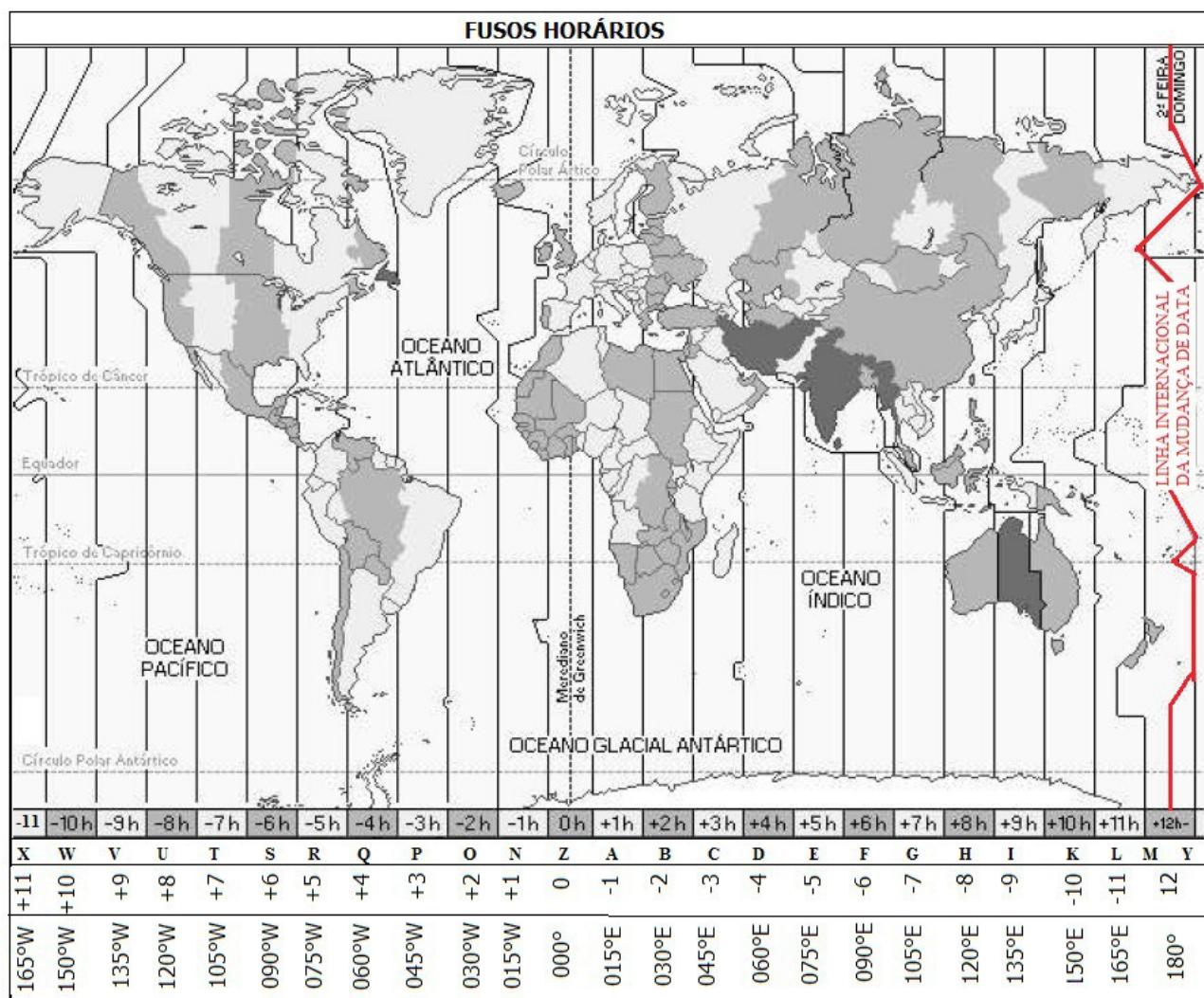
- para Leste, são numerados de + 01h a +12 h
- para Oeste, são numerados de – 01h a -12h

Percebe-se aqui, que o fuso de +/- 12h é único.

A distância do meridiano central de cada fuso, para o meridiano de Greenwich, é igual ao número do fuso multiplicado por 15.

10.5 Linha internacional de mudança de data (meridiano de 180°).

LINHA INTERNACIONAL DE DATA (LID) – é o meridiano de 180°, ou o Antimeridiano de Greenwich.



10.6 Meridiano de Greenwich. Tempo universal coordenado (UTC). Hora local (HLO). Hora legal (HLE). Horário brasileiro de verão (HBV).

TEMPO UNIVERSAL (hora Zulu) - O Tempo Universal Coordenado (em inglês: Coordinated Universal Time), ou UTC (acrônimo de Universal Time Coordinated), também conhecido como tempo civil, é o horário ocorrente no fuso horário de referência, a partir do qual se calculam todas as

outras zonas horárias do mundo. É a hora média local ou hora civil de Greenwich.

Na aviação, as cartas de navegação, autorizações de voo e autorizações de tráfego aéreo utilizam o horário UTC para evitar confusões decorrentes dos diferentes fusos e horários de verão. Assim é possível assegurar que todos os pilotos, independente da localização, estejam usando a mesma referência horária.

NOTA: A HORA UTC (Zulu) É A MESMA EM QUALQUER MERIDIANO.

Especialmente na comunicação por rádio, o horário UTC é conhecido como horário zulu, desde aproximadamente os anos 1950. Isto porque, no alfabeto fonético da OTAN, a palavra usada para Z (de zero, que corresponde ao fuso horário de referência) é zulu.

HORA LOCAL (HLO) - é a hora que corresponde especificamente à hora em um determinado meridiano de longitude. Para calculá-la, basta dividir a longitude do local por 15°.

Tempo Local (TL) [Time Zone (TZ)] - é qualquer longitude transformada em tempo (permitirá chegar-se à hora local).

HORA LEGAL (HLE) - é a hora do fuso, ou seja, aquela que utilizamos no nosso dia-a-dia, e que é a mesma em uma faixa de 15 graus de longitude, correspondente à hora local no meridiano médio do fuso (somente no meridiano médio do fuso é que a hora legal é igual à hora local).

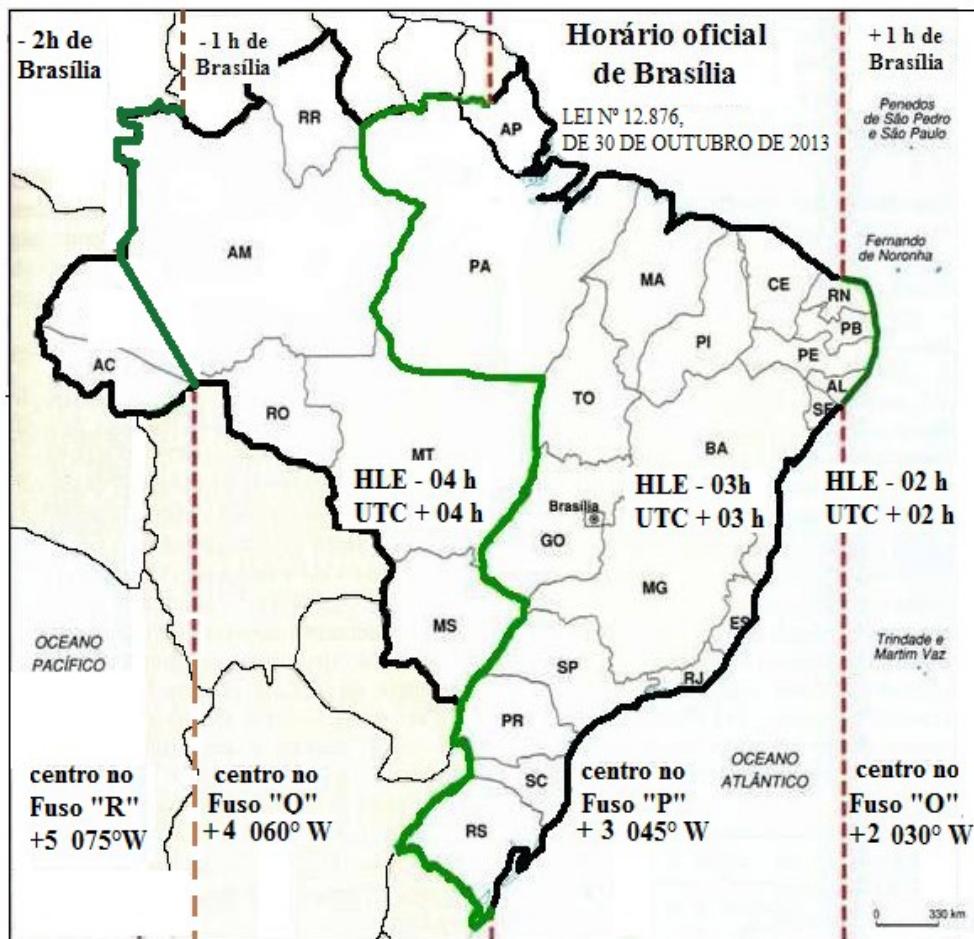
HORA DE ZONA (HZ) ou TEMPO DE FUSO (TF) [Zone Description (ZD)] - é a transformação de uma longitude equivalente à longitude central em tempo (permitirá chegar-se à hora legal).

FUSOS HORÁRIOS BRASILEIROS - (LEI Nº 12.876, DE 30 DE OUTUBRO DE 2013)

Altera o Decreto no 2.784, de 18 de junho de 1913, para restabelecer os fusos horários do Estado do Acre e de parte do Estado do Amazonas, e revoga a Lei no 11.662, de 24 de abril de 2008.

1. Fuso 2 “O”, centrado no meridiano 030° W: abrange as ilhas de Fernando de Noronha, Trindade, Martin Vaz, Atol das Rocas e os penedos de São Pedro e São Paulo.
 - HLE: - 2 horas (+1 hora de Brasília).
 - UTC: + 2 horas.
2. Fuso 3 “P”, centrado no meridiano 045° W: abrange o Distrito Federal e os Estados do Rio Grande do Sul, de Santa Catarina, do Paraná, de São Paulo, do Rio de Janeiro, de Minas Gerais, do Espírito Santo, de Goiás, do Tocantins, da Bahia, de Sergipe, de Alagoas, de Pernambuco, da Paraíba, do Rio Grande do Norte, do Ceará, do Piauí, do Maranhão, do Pará e do Amapá.
 - HLE: -3 horas (hora legal de Brasília).
 - UTC: + 3 horas.
3. Fuso 4 “Q” , centrado no meridiano 060° W : abrange os os Estados de Mato Grosso, de Mato Grosso do Sul, de Rondônia e de Roraima e a parte do Estado do Amazonas que fica a leste da linha que, *partindo do Município de Tabatinga, no Estado do Amazonas, segue até o Município de Porto Acre, no Estado do Acre;*
 - HLE: - 4 horas (- 1 hora de Brasília).
 - UTC: + 4 horas.
4. Fuso 5 “R” , centrado no meridiano 075° W: abrange o Estado do Acre e a parte do Estado do Amazonas que fica a Oeste da linha fixada na alínea ‘3’.

- HLE: - 5 horas (- 2 hora de Brasília).
- UTC: + 5 horas.



DIFERENÇA DE HORAS (Δh) - Como 15° de longitude correspondem a 1 hora, podemos calcular a diferença de horas entre duas longitudes dadas de duas formas:

1. Longitudes no mesmo hemisfério (utiliza-se a diferença das longitudes):

$$\Delta h = \Delta\lambda / 15$$

2. Longitudes em hemisférios diferentes (utiliza-se o valor bruto da soma das longitudes):

$$\Delta h = \Sigma\lambda / 15$$

O HORÁRIO DE VERÃO BRASILEIRO - tem início a zero hora do terceiro domingo do mês de outubro e vigora até zero hora do terceiro domingo do mês de fevereiro, mas apenas em parte do território nacional, quando os relógios são adiantados em 1 hora.

Quando houver coincidência entre o domingo previsto para o término da hora de verão e o domingo de Carnaval, o encerramento da hora de verão ocorrerá no domingo seguinte.

A hora de verão é observada no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Bahia (desde 2011) e no Distrito Federal. As ilhas brasileiras não observam o horário de verão.

10.7 Representação simbólica dos fusos: letras e números.

Os fusos horários, além de receberem os números "0" (para Greenwich) e variarem de 1 a 12 para cada lado, também são classificados por letras:

- O fuso "0" (zero) recebe a letra "Z" – motivo pelo qual acostumou-se a chamá-lo "zulu".
- Do lado "Este", as letras são lidas de "A", no fuso 1, ao "M", no fuso 12, excluindo-se dessa sequência a letra "J".
- Do lado "Oeste", as letras são lidas de "N", no fuso 1, ao "Y", no fuso 12.

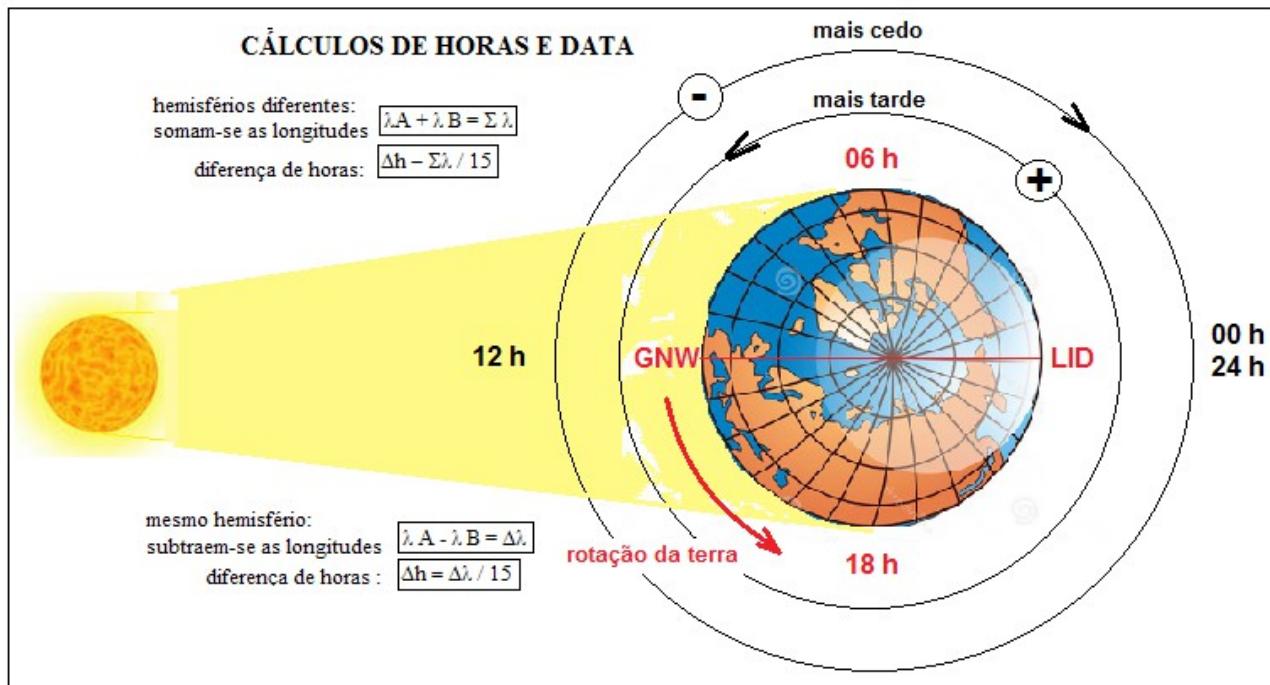
NOTA: Ao atribuir números para os fusos, utiliza-se os sinais "+" (positivo) para o lado "W" e "-" (negativo) para o lado "E". O fuso "0" não recebe sinal).

Assim, para descobrir-se rapidamente a hora UTC, basta somar (se o sinal for "+") ou diminuir (se o sinal for "-") o respectivo número à HLE do fuso.

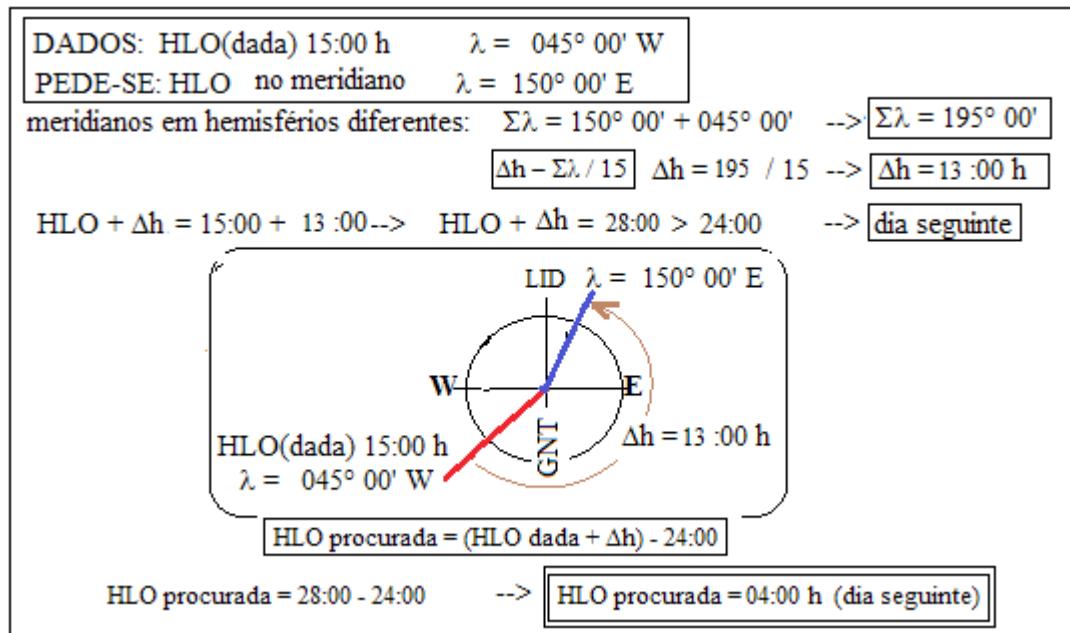
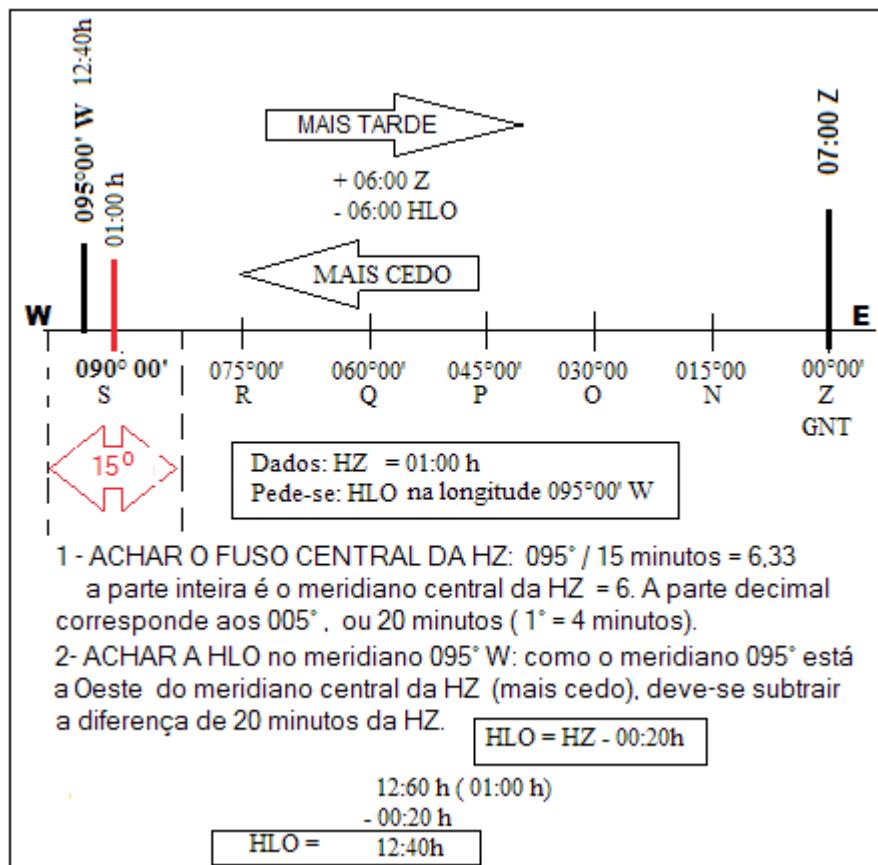
Exemplo: O fuso horário correspondente à Hora de Brasília será "+3" letra "P", no horário normal, e "+2" letra "O", no horário de verão. Quando, nesse fuso, a HLE for 14 h, a hora UTC será 17 h ou 16 h, respectivamente.

Tipos de cálculos de horas e mudança de datas

- 1) HLO → HLO no mesmo hemisfério;
- 2) HLO → HLO em hemisférios diferentes (de Leste para Oeste);
- 3) HLO → HLO em hemisférios diferentes (de Oeste para Leste);
- 4) HLO → UTC (de Leste para Oeste);
- 5) HLO → UTC (de Oeste para Leste);
- 6) HLE → HLE no mesmo hemisfério;
- 7) HLE → HLE em hemisférios diferentes (de Leste para Oeste);
- 8) HLE → HLE em hemisférios diferentes (de Oeste para Leste);
- 9) UTC → HLO para Leste;
- 10) UTC → HLO para Oeste;
- 11) UTC → HLE para Leste;
- 12) UTC → HLE para Oeste;



CÁLCULOS DE HORAS E DATA				
	sentido	Δh	equação	data
HLO para HLO	W para E (mais tarde)	HLO dada + $\Delta h \geq 24:00$ HLO dada + $\Delta h < 24:00$	$HLO = (HLO d + \Delta h) - 24:00$ $HLO = HLO d + \Delta h$	dia seguinte mesmo dia
	E para W (mais cedo)	$\Delta h \geq HLO$ dada $\Delta h < HLO$ dada	$HLO = 23:60 - (\Delta h - HLO d)$ $HLO = HLO d - \Delta h$	dia anterior mesmo dia
UTC para HLE	W para E (mais tarde)	UTC + $\Delta h \geq 24:00$ UTC + $\Delta h < 24:00$	$HLE = (UTC + \Delta h) - 24:00$ $HLE = UTC + \Delta h$	dia seguinte mesmo dia
	E para W (mais cedo)	$\Delta h \geq UTC$ $\Delta h < UTC$	$HLE = 23:60 - (\Delta h - UTC)$ $HLE = UTC - \Delta h$	dia anterior mesmo dia
Se a sobra de $\Delta h < 7^{\circ} 30' 00''$, o Tempo de Fuso (TF) será o próprio valor da hora cheia. Se a sobra de $\Delta h > 7^{\circ} 30' 00''$, deve-se adicionar 1 ao resultado da divisão para se obter o Tempo de Fuso (TF).				
UTC para HLO	W para E (mais tarde)	UTC + $\Delta h \geq 24:00$ UTC + $\Delta h < 24:00$	$HLO = (UTC + \Delta h) - 24:00$ $HLO = UTC + \Delta h$	dia seguinte mesmo dia
	E para W (mais cedo)	$\Delta h \geq UTC$ $\Delta h < UTC$	$HLO = 23:60 - (\Delta h - UTC)$ $HLO = UTC - \Delta h$	dia anterior mesmo dia
HLO para UTC	W para E (mais tarde)	HLO + $\Delta h \geq 24:00$ HLO + $\Delta h < 24:00$	$UTC = (HLO + \Delta h) - 24:00$ $UTC = HLO + \Delta h$	dia seguinte mesmo dia
	E para W (mais cedo)	$\Delta h \geq HLO$ $\Delta h < HLO$	$UTC = 23:60 - (\Delta h - HLO)$ $UTC = HLO - \Delta h$	dia anterior mesmo dia



11 Navegação estimada: planejamento de voo em rota.

- Aplicar os conhecimentos básicos de navegação estimada em planejamentos de voo em rota.
- Identificar e/ou relacionar os elementos básicos para a elaboração de um Plano de Voo VFR.

O sucesso na realização de um voo depende, obrigatoriamente, de um bom Planejamento desse voo. O Planejamento deve ser abrangente, portanto, além das condições de navegação, devem ser avaliadas, com bastante responsabilidades, as condições do Piloto (ou tripulação) e da Aeronave.

NOTA: Todo voo VFR realizado além de 27 Nm (50 km) do aeródromo de partida ou além dos limites da TMA/CTR será considerado como voo VFR em rota.

11.1 Orientação geral – Estudo da(s) carta(s) e de mapa(s) da rota a ser traçada e da(s) declinação(ões) a ser(em) aplicada(s). Elementos a considerar: pontos visuais de referências. Condições meteorológicas, ventos reinantes na área.

Roteiro do Planejamento:

1. Condição do Piloto (ou tripulação) e condição da Aeronave;
2. Condições Meteorológicas;
3. Dados dos aeródromos de partida, destino e alternativo(s);
4. Definição de rota (navegação horizontal);
5. Definição de altitude (s) e manobras de subida e descida (navegação vertical);
6. Autonomia do combustível;
7. Plano de contingência;
8. Plano de voo;

11.1.1 - Condição do Piloto (ou tripulação) e condição da Aeronave

DO PILOTO - O Piloto deve possuir, no mínimo, Certificado de Habilitação Técnica (CHT) da categoria da Aeronave o para o tipo de voo pretendido, dentro da validade, além do Certificado de Capacidade Física (CCF), também dentro da validade.

A consulta desses dois documentos é feita no site:

<http://www2.anac.gov.br/consultasdelicencias/consultas2.asp>

Além da documentação atualizada, o piloto (ou tripulação) deverá respeitar as limitações físicas e mentais impostas por doença, uso de drogas ou álcool, além de estresse emocional.

Outros fatores que devem ser considerados são, a habilidade e a concentração, no caso de longo tempo fora da atividade de piloto.

DA AERONAVE - Documentos obrigatórios a bordo das aeronaves, segundo RBHA 091:

1. Diário de bordo;
2. certificado de matrícula e certificado de aeronavegabilidade, válidos, emitidos pelo Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB);
3. manual de voo e lista de verificações;
4. NSMA 3-5 e 3-7, expedidas pelo CENIPA;
5. exceto para aeronaves operadas segundo o RBHA 121 ou 135:
 - i. apólice de seguro ou certificado de seguro com comprovante de pagamento;
 - ii. licença de estação da aeronave;
 - iii. Ficha de Inspeção Anual de Manutenção (FIAM) ou registro dos últimos serviços de

- manutenção que atestaram a IAM;
6. para aeronaves operando segundo os RBHA 121 ou 135, os documentos e manuais requeridos pelo RBHA aplicável.

A consulta ao documento da Aeronave é feita no site:

http://www2.anac.gov.br/aeronaves/cons_rab.asp

Um dos pontos mais importantes para a segurança do voo é a plena capacidade operacional da aeronave. Isto é conseguido através da execução de todas as atividades voltadas à manutenção, tanto em relação à periodicidade como à qualidade das inspeções, serviços e materiais empregados.

DO COMBUSTÍVEL - Outro ponto importante a ser observado para o perfeito funcionamento da aeronave e total segurança no voo, é o combustível.

Deve ser observado com muito critério a qualidade do combustível, quanto a contaminantes e impurezas, além da garantia do tipo correto, de acordo com o fabricante do motor da aeronave. Lembrar que não pode haver troca do tipo de combustível em hipótese alguma, assim como misturas accidentais durante o abastecimento.

DA MANUTENÇÃO

RBHA 91 - REGRAS GERAIS DE OPERAÇÃO PARA AERONAVES CIVIS

SUBPARTE “E” - MANUTENÇÃO, MANUTENÇÃO PREVENTIVA, MODIFICAÇÕES E REPAROS

91.401 - APlicabilidade

(a) Esta subparte estabelece regras governando a manutenção, manutenção preventiva, modificações e reparos de aeronaves civis registradas no Brasil e operando dentro ou fora do território brasileiro.

91.403 - GERAL

(a) O proprietário ou o operador de uma aeronave é primariamente o responsável pela conservação dessa aeronave em condições aeronavegáveis, incluindo o atendimento ao RBHA 39, subparágrafo 39.13(b)(1) (informação de defeitos ao DAC).

11.1.2 – Condições Meteorológicas

A realização de um voo VFR parte do princípio básico de que as condições meteorológicas na área de abrangência do voo estão de acordo com as regras para voo visual. Isto inclui o aeródromo de partida, toda a extensão da rota e o aeródromo de destino, assim como o(s) aeródromo(s) alternativo(s).

Cabe ao Piloto fazer a verificação criteriosa dessas condições, utilizando os meios adequados. Hoje, todas as informações já estão disponíveis em tempo real através da Internet. Mas, neste Brasil imenso, ainda há muitos aeródromos que não têm os serviços meteorológicos, portanto, cabe ao Piloto, mesmo assim, buscar as informações básicas do tempo no aeródromo de destino, através de telefone, por exemplo.

SALA AIS DE AERÓDROMO

FINALIDADE - A Sala AIS de Aeródromo é um órgão do SISCEAB, estabelecido com a finalidade de coletar, selecionar e fornecer aos aeronavegantes as informações aeronáuticas necessárias à realização segura, eficiente e regular de seus voos, bem como receber e processar as

mensagens ATS, CONFAC (Controle e Fiscalização de Atividades Aeronáuticas) e mensagens

administrativas veiculadas nas Salas AIS.

LOCALIZAÇÃO - Deve estar situada em local de fácil acesso para os usuários, nas proximidades do pátio de estacionamento das aeronaves e junto aos órgãos de despacho de voo das empresas aéreas, do Centro Meteorológico de Aeródromo, do representante da administração do aeródromo e do responsável pela arrecadação de tarifas, quando houver.

ATRIBUIÇÕES - A Sala AIS tem como atribuições a prestação do serviço de informação prévia ao voo, o tratamento das informações posteriores ao voo, o recebimento, análise e encaminhamento dos planos de voo e das mensagens correlatas.

AIS WEB

The screenshot shows the AISWEB interface for the airport SBSL (Marechal Cunha Machado, São Luis/MA). At the top, there's a navigation bar with links to Início, Abreviaturas, Cartas, NOTAM, Publicações, Suplemento AIP, Nascer/Pôr do Sol, and Plano de Voo. Below the navigation, the airport name "MARECHAL CUNHA MACHADO (SBSL)" and its location "SAO LUIS/MA | FIR: SBAZ" are displayed. On the left, there's a section for "Meteorologia" with "METAR" and "TAF" data. The METAR section shows: 2015052220 - METAR SBSL 222000Z 03002KT 9999 BKN017 FEW023TCU 26/24 Q1012= TAF: 2015052220 - TAF SBSL 221600Z 2218/2318 06010KT 9999 SCT020 FEW025TCU TN26/2306Z TX31/2316Z PROB30 2218/2221 5000 TS SCT020 FEW025CB BECMG 2222/2224 08005KT FEW017 BECMG 2308/2310 06008KT BECMG 2311/2313 09008KT BECMG 2314/2316 06010KT BKN017 FEW020TCU RMK PD2=

On the right, there's a search bar with "SBSL" and a magnifying glass icon. Below the search bar, there's a green button labeled "SUPLEMENTOS AIP". Underneath it, a section titled "Suplementos AIP (3)" lists "148/2014/CORREÇÃO IAC | AMDT 13.11.2014" with a detailed description of the correction procedure. It also mentions the period from November 13, 2014, to December 31, 2014.

Dos Aeródromos de partida, destino e alternativo(s).

Consultar METAR e TAF no site: <http://wwwaisweb.aer.mil.br/?i=aerodromos>

Da Rota

Carta de Vento em altitude: Cartas confeccionadas pelo WAFC (Centro Mundial de Previsão de Área de Washington) com os prognósticos de vento em altitude nos níveis de voo.

Consultar o site: <http://www.redemet.aer.mil.br/>

Carta de Tempo significativo: Cartas SIGWX. Cartas de Prognóstico de Tempo Significativo dos Níveis da Superfície ao FL250, do FL100 ao FL450 e do FL250 ao FL630.

Consultar o site: <http://www.redemet.aer.mil.br/>

Imagen de satélite

Consultar o site: <http://www.redemet.aer.mil.br/>

11.1.3 – Dados dos aeródromos de partida, chegada e alternativo(s)

Aqui buscam-se as informações de Pistas, instalações, obstáculos, sinalizações, procedimentos, comunicações, recursos e combustível para abastecimento.

Cartas de aeródromos utilizadas para voo VFR: Cartas de Aproximação e Pouso Visual dos aeródromos de partida, destino e alternativo(s). Cartas de pistas de táxi dos aeródromos de partida, destino e alternativo.

Dados operacionais são obtidos através de consulta ao ROTAER Capítulo 3 ou no site:

Informações prévias ao voo: <http://www.aisweb.aer.mil.br/?i=aerodromos>

11.1.4 – Definição da rota (navegação horizontal)

Cartas de rota utilizadas em voos VFR: WAC (World Air Chart) - Carta Aeronáutica Mundial são as principais cartas utilizadas em navegação VFR, escala 1:1.000.000.

Consultar o site: <http://www.aisweb.aer.mil.br/index.cfm?i=cartas&filtro=2&nova=1&v=1#tabs-visuais>

11.1.5 – Definição de altitude(s) , Níveis de voo em Cruzeiro e manobras de subida e descida (navegação vertical)

A navegação vertical é dependente, em primeiro lugar, da definição da altitude de cruzeiro. Por sua vez, a definição da altitude de cruzeiro é definida em função dos seguintes parâmetros:

- MEF – Maximum Elevation Figure – Valor de Elevação Máxima (na carta WAC);
- Performance da aeronave;
- Distância do voo; Em voo de curta distância, não utilizar altitudes que demorem para ser atingidas, pois pode ocorrer que o ponto de descida (TOD) seja alcançado ainda na rampa de subida. É uma questão de bom senso.
- Teto de serviço da aeronave e condição de climatização e pressurização da cabine.
- Tabela de níveis de voo padronizados;
- Ventos em altitude;

Determinada a Altitude de cruzeiro, podemos juntar as elevações dos aeródromos, e assim, calcular as manobras de subida e descida.

Verificar a existência dos espaços aéreos condicionados ao longo da rota e ajustar o planejamento e execução de seu voo, segundo as peculiaridades de cada um desses espaços.

Consultar o site:

<http://www.aisweb.aer.mil.br/arquivos/publicacoes/AIP-BRASIL/25-F74402BA-B4FE-4CEA-9410CE906F6DED7B.pdf>

Consultar a Altitude de Transição (TA) na carta de partida dos aeródromos de partida e chegada.

11.1.6 – Autonomia e Alcance

- Autonomia - tempo de voo com determinada quantidade de combustível.
- Alcance - distância percorrida em voo, com determinada quantidade de combustível.

Estes dados da aeronave são referidos a um regime de potência, altitude de voo e regime de vento. Por exemplo: a 60% da potência, 10.000 pés de altitude e vento calmo.

- Consumo horário de combustível: é dado pelo fabricante do motor, referenciado a um regime de potência do motor para determinada altitude de voo.

O vento não altera a autonomia, altera somente o alcance. Vento a favor, maior alcance.

NOTA: referência RBHA 91(Regras Gerais de Operação de Aeronaves Civis) seção 91.151. e RBHA 135 (Requisitos Operacionais: operações complementares por demanda) seção 135.209 - ANAC

Autonomia mínima para voo VFR

- Ninguém pode iniciar uma operação VFR em um avião, a menos que, considerando o vento e as condições atmosféricas conhecidas, esse avião tenha combustível e óleo lubrificante suficiente para voar até o aeródromo de destino e, assumindo consumo normal de combustível e óleo lubrificante em cruzeiro:
 - (1) durante o dia, voar pelo menos mais 30 minutos; e
 - (2) à noite, voar pelo menos mais 45 minutos.

11.1.7 – Plano de contingência

Dependendo da região onde ocorrerá o voo, o Piloto terá três cenários para planos emergenciais:

1. Disponibilidade de aeródromos alternativos, distribuídos ao longo da rota;
2. Disponibilidade de apenas um aeródromo alternativo, relativamente próximo da rota;
3. Indisponibilidade de aeródromos alternativos, a não ser os de partida e destino.

Percebe-se claramente que a condição 1 é a mais favorável; a condição 2 é viável e a opção 3 deve ser encarada com bastante cuidado no planejamento do voo, principalmente no que tange à autonomia.

Fatores que podem contribuir para uma alteração significativa do plano de voo:

- falha de equipamento;
- problema de saúde com o piloto;
- rápida degradação das condições do tempo;
- interdição acidental do aeródromo de destino;

O plano de contingência, para ser eficaz, deve contemplar alternativas factíveis para contornar os fatores acima enumerados.

Para o voo VFR em rota, no período NOTURNO, é necessário que os aeródromos envolvidos possuam balizamento luminoso da pista, farol de aeródromo e indicador de direção do vento (biruta) iluminado, bem como o piloto estar habilitado para voar IFR e a ACFT homologada também para voo IFR. Neste caso o acréscimo de combustível será para 45 minutos;

Ao voo VFR em CTA, será prestado FIS pelo ACC responsável pela área ou pelo órgão que prestar o FIS no espaço aéreo considerado.

11.1.8 - Plano de voo

Assunto tratado com detalhes na disciplina Regulamentos de Tráfego Aéreo:

Plano de voo e Notificação de voo (ICA 100 – 15/11/2012)

Finalidade. Obrigatoriedade da apresentação de Plano de voo Prazos de entrega ao órgão ATS e de validade.

11.1.9 - Roteiro de Planejamento do voo VFR (considerando o vento):

tenha em mãos o seguinte:

- Cartas WAC da região do voo;
- Cartas dos aeródromos para voos visuais;
- Formulário de Planejamento VFR;
- Formulário de Acompanhamento de Voo VFR.
- Formulário de Notificação e/ou Plano de Voo.
- Plotador / transferidor.
- Lápis/borracha.
- Computador de voo.
- Manual de operação da aeronave.

ROTEIRO:

1. Verificar as condições meteorológicas para voo VFR, consultando os boletins, previsões e cartas meteorológicas referentes aos aeródromos que serão utilizados e a rota do voo. Consultar imagens de satélite da região do voo.
2. Coletar informações operacionais do Aeródromo de partida e do Aeródromo de destino, plotar a rota principal, considerando as máximas elevações do terreno (MEF), e espaços aéreos restritos(SBR), perigosos (SBD) ou proibidos (SBP).
3. Determinar aeródromos e rotas alternativos.
4. Determinar os pontos de referência nas rotas principal e alternativa (waypoint) e cacular as distâncias entre os pontos de referência e as rotas.
5. Determinar a altitude de cruzeiro (FL).
6. Método das médias.
7. Calculos do voo: subidas, descidas, transições de nível e cruzeiro.
8. Preencher o Plano de Voo e entregar ou transmitir ao controle de tráfego aéreo.

11.2 O planejamento de voo – Dados e informações obrigatórias: hora de saída, hora nos pontos de sobrevoo; cálculo do combustível necessário para voar com autonomia mínima regulamentar; controle do consumo no decorrer da viagem para um possível prosseguimento até a alternativa mais afastada. Determinação de pontos de referência bem definidos na rota, ou por coordenadas geográficas; observação dos símbolos nas cartas; correção de vento e sua determinação para qualquer eventualidade; deriva e correção de deriva.

11.3 Localização de pontos de sobrevoo com auxílio de coordenadas geográficas. Como traçar a rota. Como obter a declinação magnética a ser aplicada.

11.4 Obtenção dos dados para a navegação a partir das cartas e mapas.

11.5 Auxílios à navegação disponíveis – Natureza. Utilização. Frequência com que as observações são usadas.

11.6 Determinação da PV e da VS, sendo dados o RV, a VA e o vento. Demonstração gráfica, em diferentes tipos de computador para cálculos de voo.

11.7 Determinação do vento, sendo dados: PV, VA, RV e VS. Modificações a serem processadas no planejamento e na ocorrência de mudanças de vento.

11.8 Montagem de um planejamento de navegação estimada, considerando o vento nulo – Cálculo do tempo de voo, do rumo, das proas e da quantidade mínima de combustível.

11.9 Montagem de um planejamento de navegação estimada com as informações meteorológicas

EXERCÍCIO: Planejar voo VFR entre as cidades de São Luís (Ma) e Teresina (Pi).

DADOS INICIAIS DO VOO:

- Voo a ser realizado às 10:00 UTC de 14/08/2012.
- Aeródromo de partida: Aeroporto Marechal Cunha Machado São Luís – Ma, SBSL - pista 09.
- Aeródromo de destino: Aeroporto Senador Petrônio Portela – Teresina – Pi, SBTE – pista para pouso 02.
- Aeronave : CESSNA 172-G MATRÍCULA PT-JHJ, dentro dos requisitos da RBHA 091.
- Piloto: João José Barbosa : Certificado de Habilitação Técnica (CHT) da categoria da Aeronave o para o tipo de voo pretendido, dentro da validade, além do Certificado de Capacidade Física (CCF), também dentro da validade.

Passo 1 - Verificar as condições meteorológicas para voo VFR, consultando os boletins, previsões e cartas referentes aos aeródromos que serão utilizados e a rota do voo. Consultar imagens de satélite da região do voo.



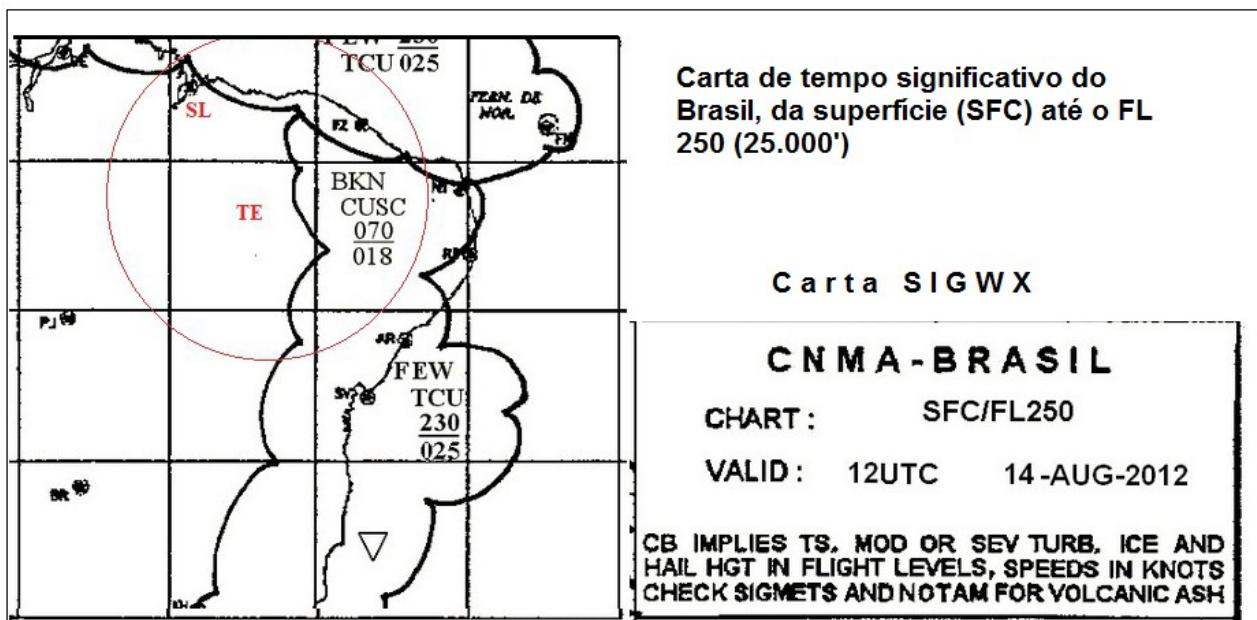
Para consolidação dos dados de voo e anotações dos resultados dos cálculos, foi utilizado um

formulário denominado “Planejamento de voo VFR”.

AERÓDROMOS ALTERNATIVOS – Nenhum dos aeródromos alternativos dispõem de informações meteorológicas própria, mas, em função da proximidade com o aeródromo de destino, estes serão os dados considerados para esses aeródromos.

Com os boletins meteorológicos (METAR) e as previsões dos aeródromos de partida e destino(TAF), podemos concluir que há condições meteorológicas, nesses aeródromos, para voo VFR.

Quanto à rota, pela análise da carta SIGWX e pelas imagens de satélite, apresentados abaixo, conclui-se que há condições meteorológicas para o voo VFR.



Passo 2- Coletar informações operacionais do Aeródromo de partida e do Aeródromo de destino (ROTAER), plotar a rota principal, considerando elevações máximas do terreno, pontos de referência relevantes e espaços aéreos restritos (SBR), perigosos (SBD) ou proibidos (SBP).

2.1 – COLETAR INFORMAÇÕES DOS AERÓDROMOS

2.1.1 - Aeródromo de partida – SBSL São Luís – Ma.

SÃO LUÍS / Marechal Cunha Machado, MA	SBSL	02 35 13S/044 14 10W					
(1)	(2)	(3)	(4)				
INTL PUB	13SE UTC-3	VFR IFR	L21, 23, 26				
(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
INFRAERO 54 (178)							

06 – L9(1), 12A – (2386 x 45 ASPH 52/F/B/X/T L14A, 15) – L12A – 24
 (13) (10) (14) (15) (16) (10)
 09 – L12 – (1464 x 45 ASPH 39/F/B/X/T L14,15) – L12 – 27
 (13) (10) (14) (15) (16) (10) (13)

CMB – (3) PF, TF SER – S5 RFFS – CAT-7
(17) (18) (19)
MET – (98) 4009-4328 CMA (2) (1 a 9)
(20)

COM – TORRE 118.70

(21)
RDONAV – ILS/DME 06 ISL 109.30 VOR/DME SLI 113.50 02 35.35S/044 14.40W
(22)
NDB SLI 280 02 34.91S/044 14.17W
AIS – (98) 3245-1553 ou 4009-4312
(23)

RMK – (*) a. OBS concentração de urubus nas vizinhanças do AD principalmente nas
(24)

APCH para as RWY 06/24 e 09/27.
b. OBS ACFT em voo de instrução próximo ao AD.

c. OBS OBST (torre de telefonia celular) ELEV 323FT, DIST 5143M THR 06,
AZM 050DEG.

d. ACFT com peso acima de 20 toneladas ficam condicionadas OPR reboque
na DEP PRKG.Caberá ao OPR garantir AVBL meios próprios ou contratados
para realizar tal operação.

e. ACFT com peso acima de 20 toneladas, quando ocupando as posições de
estacionamento nº 4 ou 5, somente deverão acionar motores após
conclusão de operação de “push back”.

f. Proibido check de motores nas posições de estacionamento em frente à
Sala AIS.

g. ACFT com peso igual ou superior a 5700Kg devem fazer os giros de 180DEG
sobre as pistas apenas sobre as partes concretadas.

h. ACFT estacionadas ou em movimento no pátio de aviação geral, imediações
do pátio 2, estarão fora do contato visual da torre de controle, devido
obstrução causada pela cobertura do terminal de passageiros e pelo
corredor de embarque nº 1.

i. Proibida a operação de aeronaves que não disponham de meios que possibilitem
comunicação bilateral constante com a torre de controle.

j. OBS OBST (antena) DIST 6402M da THR 24, AZM 057DEG, ELEV 341.20FT.

k. Proibido PLN e suas atualizações por radiotelefonia.

l. ACFT MIL fazer CTC prévio nos TEL: (98) 3311-9139 para a utilização do
pátio de estacionamento do CLA, tendo em vista restrições de operação
no referido pátio, que tem capacidade máxima de manobra para duas
aeronaves do porte do EMB110, e capacidade máxima do hangar para
duas aeronaves do porte do Cessna 208.

m. Cartas ver AIP MAP.

n. THR 09 deslocada 80M.

(1) MEHT:70FT.

(2) Aceita PLN e suas atualizações por TEL.TEL CMA (98) 4009-4328, TEL PLN
(98) 3245-1553 ou 4009-4312 e TEL FAX: (98) 3245-1553.

(3)PETROBRÁS, H24; SHELL, 0900-0100.

INTERPRETAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DO AERÓDROMO

- 1 - Cidade.
- 2 – Denominação, Estado da Federação.
- 3 – Código ICAO.
- 4 - Coordenadas geográficas.
- 5 – Categoria.
- 6 – utilização:

PUB = Público

PRIV = Privado

MIL = Militar

REST = Restrito

7 – Distância e direção do centro da cidade para o aeródromo.

8 – fuso horário (UTC)

9 – tipos de operação disponíveis:

VFR IFR – ambas diurna e noturna.

IFR – IFR diurno e noturno VRF somente diurna.

IFR DIURNA – IFR e VFR somente diurna

VFR e IFR DIURNA – VFR diurna e noturna e IFR somente diurna.

VFR – diurna e noturna.

Sem designativo – somente VFR diurna.

10 – tipos de luzes (letra L seguida de número do tipo de iluminação).

11 – Administrador do aeródromo.

12 – elevação da pista do aeródromo em metros (pés).

13 – Designação da cabeceira da pista.

14 – dimensões (comprimento x largura).

15 – tipo de piso da pista (ARE – areia, CONC – concreto, ARG – argila, GRASS – grama, PIÇ – piçarra, ASPH – asfalto, BAR – barro, TER – terra).

16 - Resistência do piso :

- A informação sobre o tipo de piso para determinar o ACN -PCN, será divulgada utilizando-se as classes seguintes:

a) número de classificação do pavimento (PCN);

b) tipo de pavimento:

R – rígido;

F – flexível;

c) resistência do subleito:

A - resistência alta B - resistência média

C - resistência baixa D - resistência ultra-baixa

ROTAER 30 JUN 11 AMDT 06
COMAER

d) pressão máxima admissível dos pneus:

W - alta (sem limite de pressão)

X - média (até 1,50MPa)

Y - baixa (até 1,00MPa)

Z - muito baixa (até 0,50MPa)

e) método de avaliação:

T - técnica: Consiste no estudo específico das características do pavimento e na aplicação da tecnologia do comportamento dos pavimentos.

U - prática: Consiste na utilização do conhecimento do tipo e peso de aeronaves que, em condições normais de emprego, o pavimento resiste satisfatoriamente.

17 – Combustíveis: Indica a existência de combustível comercial no aeródromo.

Quando houver a indicação da letra “m”, entre parênteses, significa que é para uso exclusivo de aeronaves militares. Expressos por:

PF – Combustível para aeronaves à explosão (gasolina tipo 100/130 octanas). Quando houver, também, gasolina com octanagem diferente de 100/130, esta será especificada entre parênteses.

TF – Combustível para aeronaves de motor à reação (querosene de aviação).

18 - Serviços: Indica a existência de hangares e oficinas disponíveis para terceiros, de acordo com a codificação abaixo:

S1 – Hangar

S2 – Hangar e pequenos reparos em aeronaves

S3 – Hangar e pequenos reparos em aeronaves e motores

S4 – Hangar e grandes reparos em aeronaves; e pequenos reparos em motores

S5 – Hangar e grandes reparos em aeronaves e motores.

19 – Categoria requerida do aeródromo.

20 – Serviço de Meteorologia.

21 – Principais frequências para Comunicações.

22 – Auxílios de Rádio-navegação.

23 – Sala AIS. (se AIS MIL = militar)

24 – Comentários e observações importantes sobre o aeródromo.

2.1.2 - Aeródromo de destino – SBTE Teresina - Piauí

TERESINA / Senador Petrônio Portella, PI SBTE 05 03 38S/042 49 28W

PUB 5N UTC-3 VFR IFR L21, 23, 26 INFRAERO 67 (219)

02 – L9(1), 12 – (2200 x 45 ASPH (3) 46/F/A/X/T L14, 15) – L9 (2), 12 – 20

CMB – PF, TF SER – S1 RFSS – CAT – 7

MET – (86) 3133-6271 CMA (1 a 9)

COM – TORRE 118.80 ATIS VIDE TERESINA/TMA

RDONAV – VOR/DME TRS 112.30 05 03.97S/042 49.49W

NDB TRS 215 05 04.04S/042 49.17W

AIS – (86) 3133-6234

RMK – (*) a. OBS Obstáculos (Chaminés) à esquerda RWY 20, na aproximação final com ELEV 289FT.

b. OBS antena à direita RWY 02 com ELEV 324FT.

c. OBS OBST (poste) DIST 217M THR 20, AZM 359DEG, ELEV 67FT.

d. OBS concentração de pássaros (urubus) nos setores de aproximação

RWY 02 e 20.

e. Aceita PLN e suas atualizações por Telefone: TEL. CMA (86) 3133-6271

TEL FAX/PLN (86) 3133-6235.

f. Cartas ver AIP MAP.

g. ACFT na FNA RWY 02 ou RWY 20 não confundir com FNA RWY 02 ou 20 do AD SNDR - TIMON / Domingos Rego, MA.

(1) MEHT: 73FT

(2) MEHT: 61FT

(3) GROOVING



TAF SBTE 141000Z 1412/1424 13007KT CAVOK TN29/1412Z TX37/1418Z BECMG
1421/1422 18004KT RMK PEA=

ESPECIFICAÇÕES DA AERONAVE CESSNA 172-G

MATRÍCULA PT-JHJ

Vel. Máx. msl	123 k t.	227,796 Km/h.
Capacidade tanque de Combustível (LRT).....	54 gal	204,4278 litros
Teto de serviço	13.000 ft	3.963,41 m
Taxa de subida (V/S) msl.....	700 fpm	
Desempenho na decolagem:		
Rolagem	890 ft	271 m
Distância total sobre obstáculo de 50 ft	1.625 ft	495,42 m

Desempenho no pouso:

Rolagem	540 ft	164,63 m
Distância total sobre obstáculo de 50 ft	1.280 ft	390,24 m

Velocidades de estol:

Flapess recolhidos/ potência cortada	51 kt	94,45 Km/h
Flapess estendidos / potência cortada	46 kt	85,19 Km/h

VER AS TABELAS DE PERFORMANCE EM SUBIDA, CRUZEIRO E DESCIDA:

TABELA PARA SUBIDA: TEMPO, COMBUSTÍVEL E DISTÂNCIA
Flapes: recolhidos. Acelerador: máximo. Temperatura: ISA

CESSNA 172-P

Mistura pobre acima de 3.000' para máxima r.p.m.

Incremento de 10% nos valores de tempo, combustível e distância para cada 10° C acima da ISA.

Distância da tabela são para "vento zero".

WEIGHT LBS	PRESSURE ALTITUDE FT	TEMP °C	CLIMB SPEED KIAS	RATE OF CLIMB FPM	FROM SEA LEVEL		
					TIME MIN	FUEL USED GL	DISTANCE NM
2.400	SL	15	76	700	0	0,0	0
	1.000	13	76	655	1	0,3	2
	2.000	11	75	610	3	0,6	4
	3.000	9	75	560	5	1,0	6
	4.000	7	74	515	7	1,4	9
	5.000	5	74	470	9	1,7	11
	6.000	3	73	425	11	2,2	14
	7.000	1	72	375	14	2,6	18
	8.000	-1	72	330	17	3,1	22
	9.000	-3	71	285	20	3,6	26
	10.000	-5	71	240	24	4,2	32
	11.000	-7	70	190	29	4,9	38
	12.000	-9	70	145	35	5,8	47

CRUISE & RANGE PERFORMANCE 172 SKYHAWK					Gross Weight- 2300 Lbs.* Standard Conditions * Zero Wind* Lean Mixture * 36 Gal. of Fuel (No Reserve)	
NOTE: Maximum cruise is normally limited to 75% power. For standard 172 performance, subtract 1 MPH from the higher cruise speeds shown.						
ALT.	RPM	% BHP	TAS MPH	GAL. / HOUR	ENDR. HOURS	RANGE MILES
2500	2600	84	131	9.5	3.8	495
	2500	75	125	8.5	4.2	530
	2400	67	119	7.6	4.7	560
5000	2700	87	136	9.8	3.7	500
	2600	78	130	8.8	4.1	525
	2550	74	127	8.4	4.3	550
	2500	70	124	7.9	4.5	560
7500	2400	62	118	7.1	5.1	600
	2650	77	132	8.7	4.2	550
	2600	73	129	8.2	4.3	560
	2500	65	123	7.4	4.9	600
	2400	58	116	6.7	5.3	620

2.2 - Plotagem da rota entre São Luís (Ma) e Teresina (Pi).

Rota traçada com a junção das Cartas WAC: 2945 – São Luís e 3017 – Teresina.

Distância total do voo: 171,76 NM.

Declinação Magnética (DMG) atualizada São Luís (Ma) : 020° W.

Declinação Magnética (DMG) atualizada Teresina (Pi): 021° W.

2.2.1 - ESPAÇO AÉREO CONDICIONADO: SBR 231 BURITI - Treinamento de ACFT do aeroclube do PIAUÍ. 2000FT e GND Permanente sob VMC. Coordenadas: 0500.02S/04300.02W, 0445.02S/04310.02W e 0510.02S/04310.02W - para o ponto de origem.

Detalhamento no site AIP Brasil:

<http://wwwaisweb.aer.mil.br/arquivos/publicacoes/AIP-BRASIL/12-2F6135D7-915E-44BD-97E89EF91B1BDF71.pdf>

Passo 3 – Determinar aeródromos e rotas alternativas.

Alternativa 1

Distância: 3 NM

Rumo Verdadeiro: 248°

TIMON / Domingos Rego, MA SNDR 05 04 49S/042 52 22W

PRIIV UTC-3 VFR L21, 26 114 (373)

02 – L12 – (1518 x 30 ASPH 36/F/B/X/T L14,15) – L12 – 20

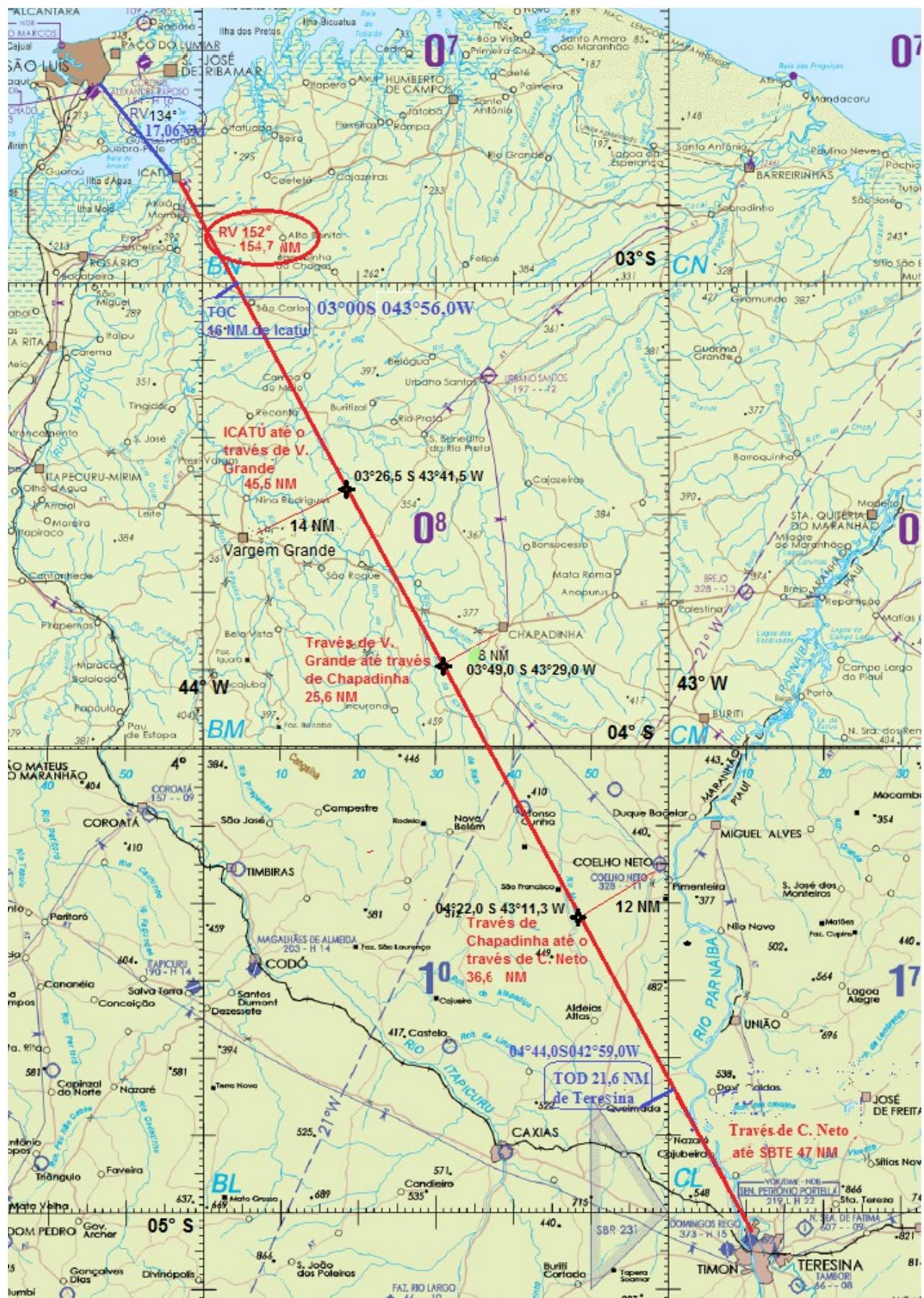
RMK – (*) a. Proibido OPS ACFT sem RDO.

b. CTC compulsório APP-TE antes iniciarem táxi, ou antes de entrarem na CTR.

c. Circuito TFC executado pelo setor W do AD.

d. Compulsório apresentação de PLN e suas atualizações.

e. Aceita PLN e suas atualizações por TEL CMA: (86) 3133-6271,
TEL/FAX/PLN: (86) 3133-6235.



Alternativa 2: Será utilizada para cálculo de combustível por ser mais distante do destino.
Distância de Teresina: 80 NM.

CODÓ / Itapecuru, MA SNXH 04 30 47S/044 01 12W

PRIV UTC-3 VFR L21, 26 56 (184)

09 – L9 (1), 12 – (1475 x 29 ASPH 6/F/A/X/T L14, 15) – L12 – 27

RMK – (1) MEHT: 48FT

Alternativa 3:

Distância: 52,2 NM

Rumo Verdadeiro: 346°

COELHO NETO / Dr. Almir Lopes de Oliveira Melo, MA SIDB

04 16 08S/043 00 02W

PRIV UTC -3 L26 53 (174)

18 – (1430 x 23 ASPH 6/F/A/Y/U) – 36

Alternativa 4:

Distância: 46,6 NM

Rumo Verdadeiro: 258°

CAXIAS / Faz. Rio Largo, MA SNIS 05 11 49S/043 35 52W

PRIV UTC-3 140 (459)

01 – (1.000 x 21 PIÇ 3000Kg/0.50MPa) – 19

Passo 4 – Determinar os pontos de referência (waypoint) nas rotas principal e alternativa e calcular as distâncias entre os pontos de referência e as rotas.

Rota principal:

1. Portão Icatu (02°45'55"S/044°03'038"W)
 - Sobrevoo e início da subida segunda etapa.
 - Distância de São Luís: 16 NM.
2. Través de Vargem Grande (03°26,5 S 043° 41,5 W)
 - à direita da rota: 14 NM.
 - Distância do Portão Icatu: 45,5 NM.
3. Través de Chapadinha (03°49,0 S 043°29,0 W)
 - à esquerda da rota: 8 NM
 - Distância do través de Vargem Grande: 25,6 NM.
4. Través de Coelho Neto (04°22,0 S 043°21,3 W)
 - à esquerda da rota: 12 NM
 - Distância do través de Chapadinha: 36,6 NM
5. Teresina (05°03,38 S 042°49,28 W)
 - Destino
 - Distância do través de Coelho Neto: 47 NM

Passo 5 – Determinar a altitude de cruzeiro (FL) e vento em rota.

5.1 - Distância do voo: 172,76 NM .

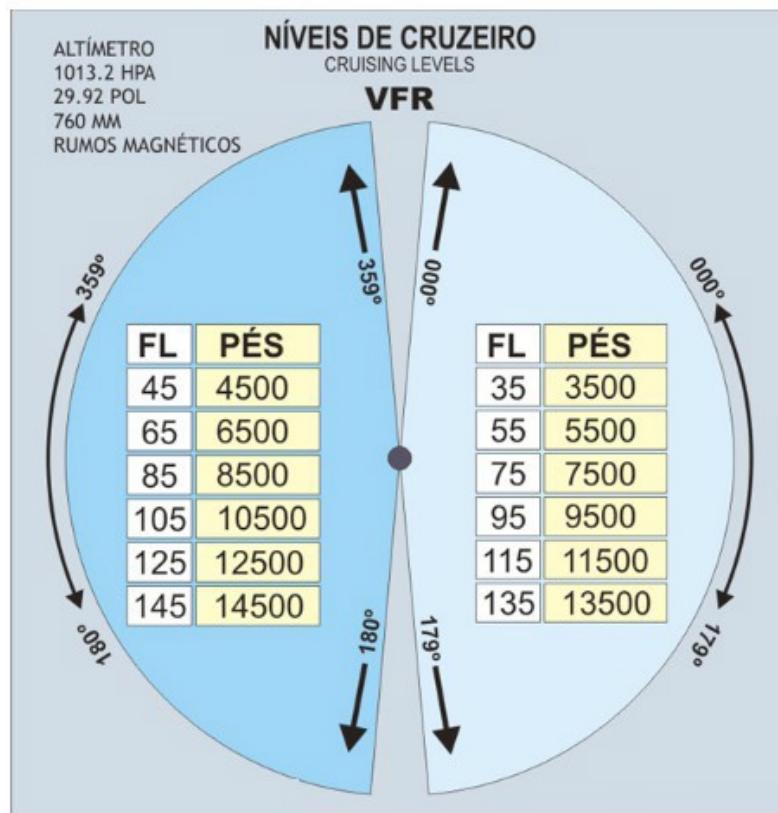
5.2 - A Altitude mínima em rota, do voo em voo VFR, é definida da seguinte forma: Verificar na rota traçada na carta WAC, qual o maior valor de MEF (Maximum Elevation Figure) encontrado na rota e acrescentar 1.000 pés acima.

DADOS:

Na rota do voo em questão, o maior MEF está na quadrícula CL: 1.700 pés, região do aeroporto SBTE, portanto a Altitude mínima em rota deverá ser 2.700 pés.

5.3 - A altitude de cruzeiro em voo VFR é definida considerando-se o seguinte:

- Teto de serviço da aeronave;
- Altitude de cabine - A regulamentação da FAA (Federal Aviation Administration) fala que a “altitude da cabine” não pode ficar com valores **acima de 8.000 pés (2.400 m), inclusive.** Existe a necessidade de se manter a cabine habitável para a tripulação e os passageiros. A habitabilidade da cabine vai ficando cada vez mais complicada à medida que a altitude aumenta, pela redução da pressão atmosférica, da quantidade de oxigênio e da redução da temperatura.
- Tabela de altitudes-padrão, em função do rumo magnético (RM) da rota. Os valores apresentados são para altímetro ajustado QNE (1013 Hpa).



DADOS:

Dos dados de Performance da aeronave Cessna 172P:

Teto de serviço 13.000 ft ou 3.963 m

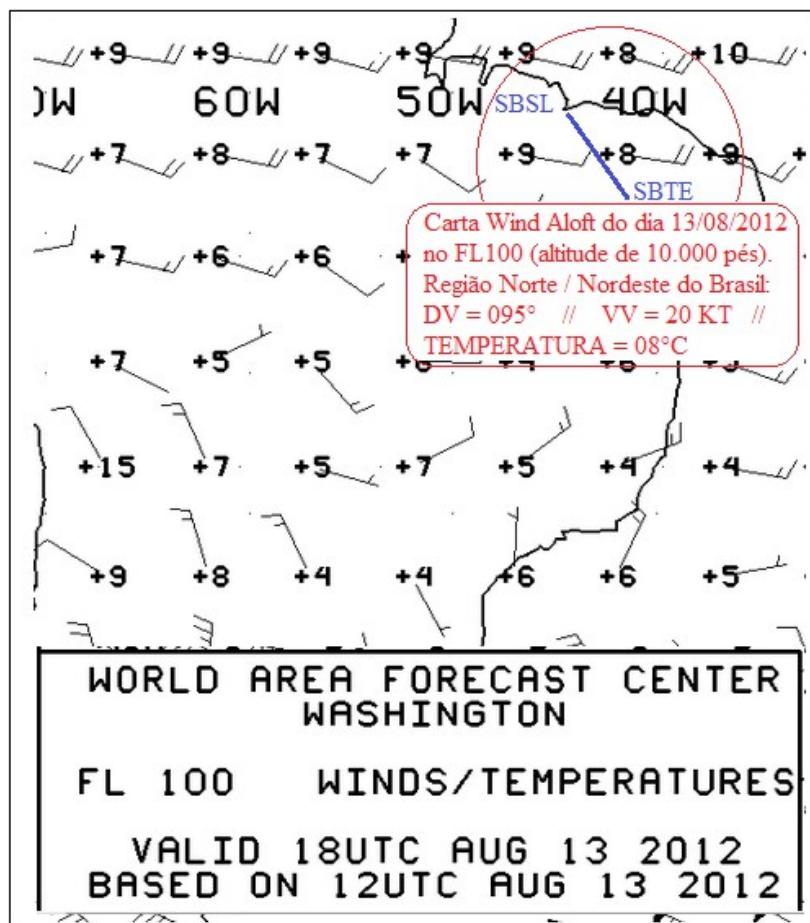
No manual da aeronave não consta Pressurização da cabine, consta apenas aquecimento.

Pressurização de cabine NÃO

Teoricamente a aeronave pode voar até 13.000 pés, mas pelo fato de não ter cabine pressurizada, só poderemos voar abaixo de 8.000 pés. Como é um voo longo, de 172,76 NM, e em função do RM da rota, podemos optar pela maior altitude abaixo de 8.000 pés na tabela de níveis de cruzeiro: FL 75

5.4 - Ventos em altitude (Carta Wind Aloft): DV = 085° // VV = 20 KT

Carta Wind Aloft do dia 14/08/2012 no FL100 (altitude de 10.000 pés). Região Norte / Nordeste do Brasil: DV = 085° // VV = 20 KT // TEMPERATURA = 08°C



Altitude de transição (TA)

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.

Nível de transição (TL)

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

O nível de transição será definido pelo órgão de controle de tráfego aéreo, ou pelo piloto quando apenas for prestado o serviço de informação de vôo, sempre em conformidade com a tabela a seguir e de acordo com o QNH do momento.

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

6 - MÉTODO DAS MÉDIAS E FÓRMULAS:

Com os dados obtidos até este ponto, e de posse das cartas de partida e as cartas de chegada, tanto do aeródromo de destino como dos aeródromos de alternativa, pode-se iniciar a etapa de cálculos, de acordo com os conceitos e fórmulas a seguir.

Para fazermos os cálculos simplificados, mas coerentes, das etapas de subida e descida, utilizamos o “método das médias”:

Encontram-se as médias da Altitude e da temperatura, e junto com a VI média dada, calcula-se a Velocidade Aerodinâmica média e a Velocidade de Solo média. Usa-se também valores médios para Razão de subida e Razão de descida.

6.1 – DISTÂNCIA VERTICAL (A SUBIR)

6.1.1 – A Subir em rota: diretamente da pista até o TOC (ft)

Dados:

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

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

TOC = top of climb

6.1.1.2 - Altitude Média de Subida AMS (ft)

Dados:

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

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

6.1.2 – A Subir a partir da altitude de um procedimento de saída (*) dentro do CTA (ft)

Dados:

- Alt. TOC (ft)
- Alt. De saída (ft)

fórmula: $A_{Subir} (ft) = Alt. TOC - Alt. de saída$

6.1.2.1 – Altitude Média de Subida AMS (ft)

fórmula: $AMS = (\text{Alt. TOC} + \text{Alt. de saída}) / 2$

(*) Exemplo: Altitude de saída de uma REA (Rota Especial para Aeronave).

6.2 - DISTÂNCIA VERTICAL - A Descer (ft)**6.2.1 – A Descer: diretamente do TOD para a pista do AD arr. (ft)**

Dados:

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

fórmula: $A \text{ Descer (ft)} = \text{Alt. TOD} - \text{Elev. AD arr.}$

6.2.2 – Altitude Média de Descida AMD (ft)

fórmula: $AMD (ft) = (\text{Alt. TOD} + \text{Elev. AD arr.}) / 2$

TOD = top of descent

AD arr. = Aeródromo de chegada

NOTA: nos voos VFR a descida se dá em duas etapas;

- Primeira: do TOD até o Circuito de tráfego (CT) do aeródromo (Altura de 1.000 pés para aeronaves a hélice e 1.500 pés para aeronaves a jato). Utilizar a Carta VAC.
- Segunda: do CT até a pista de pouso.

Para efeito de cálculos a descida será do TOD até a pista de pouso, considerando-se sua elevação e o arredondamento dos valores para múltiplos de 500 pés.

Para o voo no CT, a Altitude deve ser a soma da Elevação do AD arr. com a Altura do CT. A Altura do CT é dada na carta VAC entre parêntesis (1000') ou (1.500').

6.3 - TEMPERATURAS NAS DIVERSAS ETAPAS DO VOO

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

6.3.1 – Diferença de temperatura na subida – Dif. Tempt. Subida (°C)

Dados:

- T. AD dep (°C)
- A Subir (ft)

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

6.3.2 – Temperatura no TOC (°C)

Dados:

- T. AD dep (°C)
- Dif. Tempt. (ft)

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

6.3.3 – Temperatura Média na Subida -TMS (°C)

DADOS:

- $T_{AD \text{ dep}} (\text{°C})$
- $T_{TOC} (\text{°C})$

fórmula: $T_{MS} (\text{°C}) = (T_{AD \text{ dep}} + T_{TOC}) / 2$

6.3.4 – Diferença de Temperatura na Descida – Dif. Tempt. Descida (°C)

O cálculo das temperaturas nas descidas é feito de forma inversa, ou seja, a partir da temperatura no FL, é feita a adição de 2° a cada 1.000 pés de descida.

Dados:

- A Descer (ft)

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

6.3.5 – Temperatura no aeródromo de chegada - T. AD arr. (°C)

Dados:

- Dif. Tempt. Descida (°C)
- $T_{TOD} (\text{°C})$

fórmula: $T_{AD \text{ arr.}} = T_{TOD} + \text{Dif. Tempt. Descida}$

NOTA: se não houve alteração de FL durante a etapa de Cruzeiro, a temperatura no TOD será a mesma do TOC.

6.3.6 – Temperatura Média na Descida – TMD (°C)

Dados:

- $T_{TOD} (\text{°C})$
- $T_{AD \text{ arr.}} (\text{°C})$

fórmula: $T_{MD} = (T_{TOD} + T_{AD \text{ arr.}}) / 2$

NOTA: Para a navegação real, a temperatura do aeródromo de destino deve ser obtida com o METAR /TAF na sala AIS do AD de partida ou pela internet.

6.4 - TEMPOS DE VOO

6.4.1 – Tempo de Subida – TS (min; h; hh:mm)

DADOS:

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

6.4.1.1 – fórmula em minutos decimais: $TS (\text{min}) = A \text{ Subir} / RS$

Fazer o arredondamento do valor calculado.

6.4.1.2 – fórmula em hora decimal: $TS (h) = TS (\text{min}) / RS$

Utilizado para cômputo de combustível gasto e distância percorrida.

6.4.1.3 – fórmula em hh:mm: $TS (\text{hh:mm}) = hh:\text{mm}$

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

6.4.2 - Tempo de Descida TD (min; h; hh:mm)

DADOS:

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

6.4.2.1 – fórmula em minutos decimais: $TD (\text{min}) = A \text{ Descer} / RD$

Fazer o arredondamento do valor calculado.

6.4.2.2 – fórmula em hora decimal: $TD (h) = TD (\text{min}) / 60$

Utilizado para cômputo de combustível gasto e distância percorrida.

6.4.2.3 - fórmula em hh:mm: $TS (\text{hh:mm}) = hh:\text{mm}$

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

6.4.3 - TEMPO EM CRUZEIRO

DADOS:

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

FÓRMULAS:

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

Utilizado para cômputo de combustível gasto e distância percorrida.

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

6.4.3.3 - $\boxed{\text{Tempo em (hh:mm)}}$

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: $T. \text{Cruzeiro} (h) = 2,68 h$

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

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

CÁLCULOS COM O COMPUTADOR DE VOO:

6.5 - VELOCIDADE AERODINÂMICA - VA . (TAS – True Airspeed) - é a velocidade indicada, corrigida em função da temperatura e da altitude, por consequência, da densidade do ar.

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.

Para calcular a VA é necessário ter os seguintes dados:

- VI -Velocidade Indicada ou Mach;
- Temperatura do ar na altitude do voo;
- Altitude Pressão;

Uma forma prática de calcular a VA pela fórmula: $VA = VI + [VI * 0,02 (\text{ALTITUDE}/1.000)]$

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

6.5.1 – Velocidade Aerodinâmica Média na Subida – VAMS (kt)

Calculada no computador de voo, com a VIMS (Velocidade Indicada Média de Subida) e a TMS (temperatura Média de Subida).

6.5.2 – Velocidade Aerodinâmica Média na Descida – VAMD (kt)

Calculada no computador de voo, com a VIMD e a TMD.

6.5.3 – Velocidade Aerodinâmica Média em Cruzeiro (kt)

Calculada no computador de voo com a VI ou Número Mach e a temperatura no FL.

6.6 – Ângulo de Coreção de Deriva ACD (graus) e Velocidade de Solo VS (kt).

6.6.1 – 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.

6.6.2 – 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.

6.6.3 – 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:

6.7 - PROA VERDADEIRA – PV (graus)

DADOS:

- ACD (graus)
- RV (graus)

FÓRMULAS: Ver item 9.6.1 -Triângulo das velocidades.

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). $PV = RV + ACD$

6.8 – PROA MAGNÉTICA – PM (graus)

DADOS:

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

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

6.9 - COMPONENTES DO VENTO: Ver item 8.1.3

6.10 – DISTÂNCIAS : SUBIDA, DESCIDA E CRUZEIRO

6.10.1 - Distância da subida – DS (NM)

DADOS:

- Tempo de subida em hora decimal $TS(h) = TS(\text{min}) / 60$
- Velocidade de Solo Média na subida: VSMS (Kt).

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

6.10.2 - Distância da Descida – DD (NM)

DADOS:

- Tempo de descida em hora decimal $TD(h) = TD(\text{min}) / 60$
- Velocidade de Solo Média na descida: VSMD (kt).

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

6.10.3 - Distância de voo em Cruzeiro (NM)

DADOS:

- Tempo de Cruzeiro em hora decimal $T. \text{ voo Cruz.} = TD (\text{min}) / 60$
- Velocidade de Solo em Cruzeiro: VS (kt).

Fórmula: $DD (\text{NM}) = VS * T. \text{ Voo Cruz.}$

6.10 - Combustível Gasto – CG (Gal)

DADOS:

- Consumo Horário – CH (Gal / h)
- Tempo de voo (h)

6.10.1 – CG na Subida = CH Subida * TS

6.10.2 – CG na descida = CH Descida * TD

6.10.3 – CG Cruz. = CH Cruz. * T.voo Cruz.

Passo 7 - CÁLCULOS DO VOO:

Nota – Não foi considerado Desvio de Bússola (DB) para este caso, portanto, as proas magnéticas são referenciadas apenas às Declinações magnéticas (DMG) ocorrentes na região do voo.

DADOS DO AERÓDROMO DE PARTIDA E PROCEDIMENTO DE SAÍDA:

- Saída do AD SBSL da RWY 09 e REA Alfa.
- Elevação do Aeródromo = 178 pés.
- Temperatura 28° C.

NOTA - ZONA DE CONTROLE DE SÃO LUÍS (CTR): Arco de circulo de 15NM de raio com centro em 0235S/04414W, tendo os limites verticais estabelecidos do solo até FL025 de altitude.

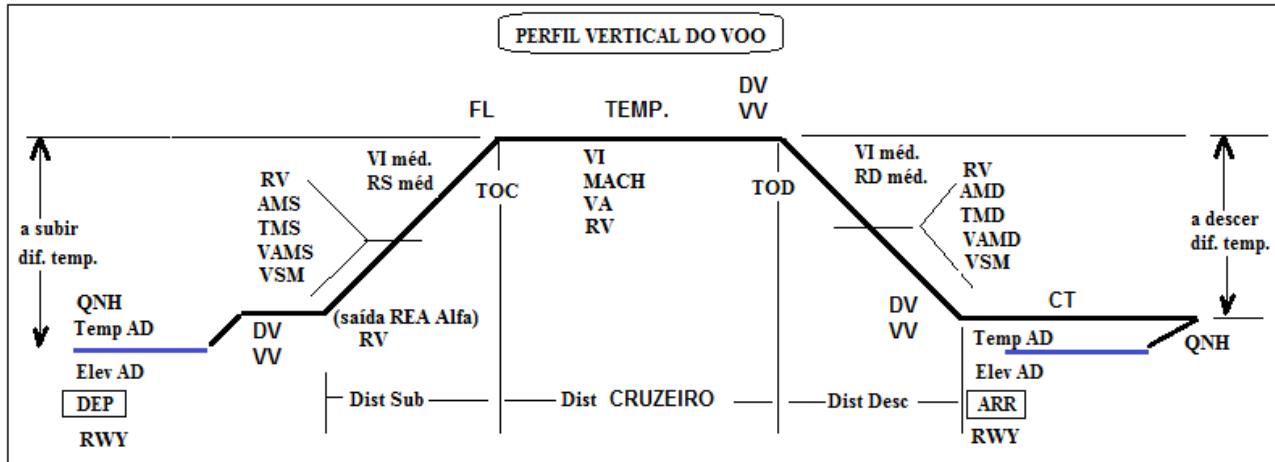
É compulsório o uso do transponder modo A/C em funcionamento para a utilização das REA, ou dentro da TMA/CTR São Luís (vide CIRTRAF 100-23 e AIP-BRASIL, Volume I, Parte ENR).

Saída conforme a carta para voo visual REA (Rotas especiais de aeronaves) anexo da AIC N 21 / 12:

- A aeronave em voo, dentro das REA, deverá manter seu altímetro ajustado em QNH, fornecido pelo APP SL (disponível também no METAR do AD).
- As aeronaves voando nas REA deverão, compulsoriamente, entrar em contato com o APP SL na frequência 119,1 MHz.

NOTA – Em função da saída do AD de S. Luís ocorrer pela rota visual REA Alfa até o portão Icatu, e a aeronave ter que navegar a 1.000 FT por 13 NM dentro dessa rota, a subida para o nível de cruzeiro será em duas etapas:

1. Subida inicial com RM 090°, na decolagem, até alcançar 1.000 FT, em seguida virar à direita para o Portão Cajupari (02°36'56"S/044°13'08"W), entrando na REA Alfa e mantendo RM 154° e Altitude máxima de 1.000 FT por 13 NM, com VI de 120 KT.
2. No portão Icatu (02°45'55"S/044°03'38"W) a aeronave assume o RM de 172° e inicia a ***segunda fase da subida***, partindo de 1.000 FT para o nível de voo planejado de 7.500 FT, trocando o ajuste QNH para QNE quando informado pelo controle ou pela tabela de TL.



7.1 - SUBIDA PARA A REA ALFA

DADOS:

Altímetro (QNH em S. Luís) = 1013Q

RWY 09

Temperatura AD = 28°C

Elevação do AD = 178'

APP = 119,1 MHZ

DMG = 020° W

Vento: 060° / 14 KT

Hora UTC da partida = 10:00 Z

Temperatura média na subida = 20° C

VI = 76 KT

RS = 700 fpm

Altitude de saída (REA) = 1.000 FT

RM na subida = 090°

RV na subida = 070°

Consumo horário de combustível na subida (Manual da aeronave) = 12 Gal / h

CÁLCULOS COM FÓRMULAS:

$$7.1.1 - A_{\text{subir}} = \text{Alt. REA} - \text{elevação do AD}$$

NOTA – Para cálculos, o valor da elevação de um aeródromo é arredondado para múltiplos de 500 pés. No caso do AD de S. Luís, cuja elevação é 178', o arredondamento é feito para zero.

$$A_{\text{Subir}} = 1.000' + 0' \rightarrow A_{\text{Subir}} = 1.000 \text{ FT.}$$

$$7.1.2 - Dif. Tempt. Subida = (A_{\text{subir}} / \text{Alt. REA}) * 2$$

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



7.1.3 – T. REA = T. AD – Dif. Tempt. Subida1 → T. REA = $28 - 2 \rightarrow$ T. REA = 26°C

7.1.3 - Tempo de voo na subida (min) = A subir / RS

Tempo de voo na subida (min) = $1.000' / 700 \text{ fpm} \rightarrow$ Tempo de voo na subida (min) = 1,43 min.

7.1.4 - Tempo voo na subida (h) = Tempo de voo na subida (min) / 60

Tempo voo na subida (h) = $1,43 \text{ min} / 60 \rightarrow$ Tempo voo na subida (h) = 0,024 h

7.1.5 – Hora UTC no primeiro TOC = $10:00 + 00:01 \rightarrow$ Hora UTC no primeiro TOC = 10:01 Z

7.1.6 – Temperatura Média Subida TMS 1 = $(\text{T. AD} + \text{T. REA}) / 2$

$$\text{TMS 1} = (28 + 26) / 2 \rightarrow \text{TMS 1} = 54 / 2 \rightarrow \text{TMS 1} = 27^{\circ}\text{C}$$

CÁLCULOS COM O COMPUTADOR DE VOO:

7.1.5 – Velocidade Aerodinâmica Média VAM na subida = 79 KT

7.1.6 – Ângulo de Correção de deriva (ACD) = - 002°

7.1.7 – Velocidade de Solo Média na subida VSMS = 65 KT

CÁLCULOS COM FÓRMULAS:

$$7.1.8 - PV = RV \pm ACD \rightarrow PV = 070 - 002 \rightarrow PV \text{ na subida} = 068^\circ$$

7.1.9 - PM = PV + DMG (W) → PM 068 _ 020 → PM na subida = 088°

7.1.10 - Componente do vento = VS – VA

Componente do vento = $65 - 79$ Componente do vento = -14 KT (de proa ou HW)

7.1.11 - Distância horizontal da subida (NM) = VSMS * tempo de subida (h)

$$\text{Distância horizontal da subida} = 65 * 0,024 \text{ h} \rightarrow \text{Distância horizontal da subida} = 1,56 \text{ NM}$$

7.1.12 - Combustível gasto na subida = Consumo horário na subida * tempo de subida (h)

Combustível gasto na subida = 12 (Gal/h) * 0,024 → Combustível gasto na subida = 0,29 Gal

7.2 - MANOBRA DE SAÍDA:

Após a decolagem, ao atingir 1.000 FT, virar à direita, manter VI de 120 KT, e voar 1,56 NM no RM 230°, virar à esquerda para bloquear o portão Cajupari (02°36'56"S/044°13'08"W) no RM 154°, mantendo altitude máxima de 1.000 pés.

DADOS:

Hora UTC no primeiro TOC: 10:01 Z

Temperatura a 1.000 pés = 26° C

$$VI = 120 \text{ KT}$$

Altitude = 1.000 FT

$$RV = 210^\circ$$

Vento: 060° / 14 KT

Distância horizontal estimada das curvas e trecho reto = 2,5 NM

Consumo horário de combustível @ 1.000 pés / VA 122 KT (Manual da aeronave) = 8,5 gal / h

CÁLCULOS COM COMPUTADOR DE VOO:

7.2.1 - VA = 122 KT

7.2.2 – Ângulo de Correção de deriva (ACD) = - 3°

7.2.3 - VS = 134 KT

CÁLCULOS COM FÓRMULAS:

$$7.2.4 - PV = RV \pm ACD \rightarrow PV = 210 - 3 \rightarrow PV = 207^\circ$$

$$7.2.5 - PM = PV + DMG (W) \rightarrow PM = 207 + 020 \rightarrow PM = 227^\circ$$

$$7.2.6 - \text{Comprimento do vento} = VS - VA \rightarrow \text{Comprimento do vento} = 134 - 122$$

$$\text{Comprimento do vento} = 12 \text{ KT} \text{ (de cauda ou TW)}$$

$$7.2.7 - \text{Tempo de voo até o Portão Cajupari (h)} = \text{Distância} / VS$$

$$\text{Tempo de voo até o Portão Cajupari (h)} = 2,5 \text{ NM} / 134 \text{ KT}$$

$$\text{Tempo de voo até o Portão Cajupari (h)} = 0,02 \text{ h}$$

$$7.2.8 - \text{Tempo de voo até o Portão Cajupari (min)} = \text{Tempo (h)} * 60$$

$$\text{Tempo em minutos} = 0,02 * 60 \rightarrow \text{Tempo de voo até o Portão Cajupari (min)} = 1 \text{ min.}$$

$$7.2.9 - \text{Hora UTC no Portão Cajupari} = 10:01 + 00:01 \rightarrow \text{Hora UTC no portão Cajupari} = 10:02 Z$$

$$7.2.10 - \text{Combustível gasto} = \text{Tempo de voo (h)} * \text{Consumo horário} 1.000' / 122 \text{ KT}$$

$$\text{Combustível gasto} = 0,02 * 8,5 \text{ Gal / h} \rightarrow \text{Combustível gasto} = 0,16 \text{ Gal.}$$

7.3 - VOO NA REA ALFA**DADOS:**

Hora UTC no portão Cajupari = 10:02 Z

Temperatura = 26° C

VI = 120 KT

Altitude = 1.000 FT

RV = 134°

RM = 154°

Vento: 060° / 14 KT

Distância horizontal entre o Portão Cajupari e o Portão Icatu = 13 NM

Consumo horário (@ 1.000' / 122 KT (manual da aeronave) = 8,5 Gal/h.

CALCULOS COM COMPUTADOR DE VOO:

$$7.3.1 - VA = 122 \text{ KT}$$

$$7.3.2 - \text{Ângulo de Correção de deriva (ACD)} = 6^\circ$$

$$7.3.3 - VS = 119 \text{ KT}$$

CÁLCULOS COM FÓRMULAS:

$$7.3.4 - PV = RV \pm ACD \rightarrow PV = 134 + 006 \rightarrow PV = 140^\circ$$

$$7.3.5 - PM = PV + DMG (W) \rightarrow PM = 140 + 020 \rightarrow PM = 160^\circ$$

$$7.3.6 - \text{Componente do vento} = VS - VA \rightarrow \text{Componente do vento} = 119 - 122$$

$$\text{Componente do vento} = -3 \text{ KT} \text{ (de proa ou HW)}$$

$$7.3.7 - \text{Tempo de voo até o Portão Icatu (h)} = \text{Distância} / VS$$

$$13 \text{ NM} / 119 \text{ KT} \rightarrow \text{Tempo de voo até o Portão Icatu (h)} = 0,11 \text{ h.}$$

$$7.3.8 - \text{Tempo de voo até o Portão Icatu (min)} = \text{Tempo de voo (h)} * 60$$

$$\text{Tempo de voo (min)} = 0,11 \text{ h} * 60 \rightarrow \text{Tempo de voo (min)} = 6,6 \text{ min} \text{ arredondar para 7 min.}$$

$$7.3.9 - \text{Hora UTC no portão Icatu} = 10:02 + 00:07 \rightarrow \text{Hora UTC no portão Icatu} = 10:09 \text{ Z}$$

$$7.3.10 - \text{Combustível gasto} = \text{Tempo de voo (h)} * \text{Consumo horário} 1.000' / 122 \text{ KT}$$

$$\text{Combustível gasto} = 0,11 \text{ h} * 8,5 \text{ GaL/h} \rightarrow \text{Combustível gasto} = 0,93 \text{ Gal.}$$

7.3.11 Combustível gasto até o Portão Icatu (Gl):

• Subida 1a. Etapa	0,29
• Manobra de saída	0,16
• REA Alfa	0,93
SOMA	1,38 Gal

7.4 - SUBIDA SEGUNDA ETAPA - Inicia no Portão Icatu ($02^{\circ}45'55"S/044^{\circ}03'38"W$), a aeronave assume o RM de 172° e inicia a *segunda etapa da subida*, partindo de 1.000 FT para o nível de voo planejado de 7.500 FT, trocando o ajuste QNH para QNE quando informado pelo controle.

DADOS:

Hora UTC no portão Icatu = 10:09 Z

Temperatura na REA Alfa = 26° C

Altitude na REA Alfa = 1.000 FT

RV = 152°

Vento na REA Alfa: $060^\circ / 14 \text{ KT}$

Vento no FL 100 : $085^\circ / 20 \text{ KT}$

Vento médio na subida: $72^\circ / 17 \text{ KT}$

Dados da TABELA PARA SUBIDA: TEMPO, COMBUSTÍVEL E DISTÂNCIA. Foi usada a Altitude de **4.000 pés** (valor próximo da AMS = 4.250 pés) com uma carga de 2.400 Lbs para termos:

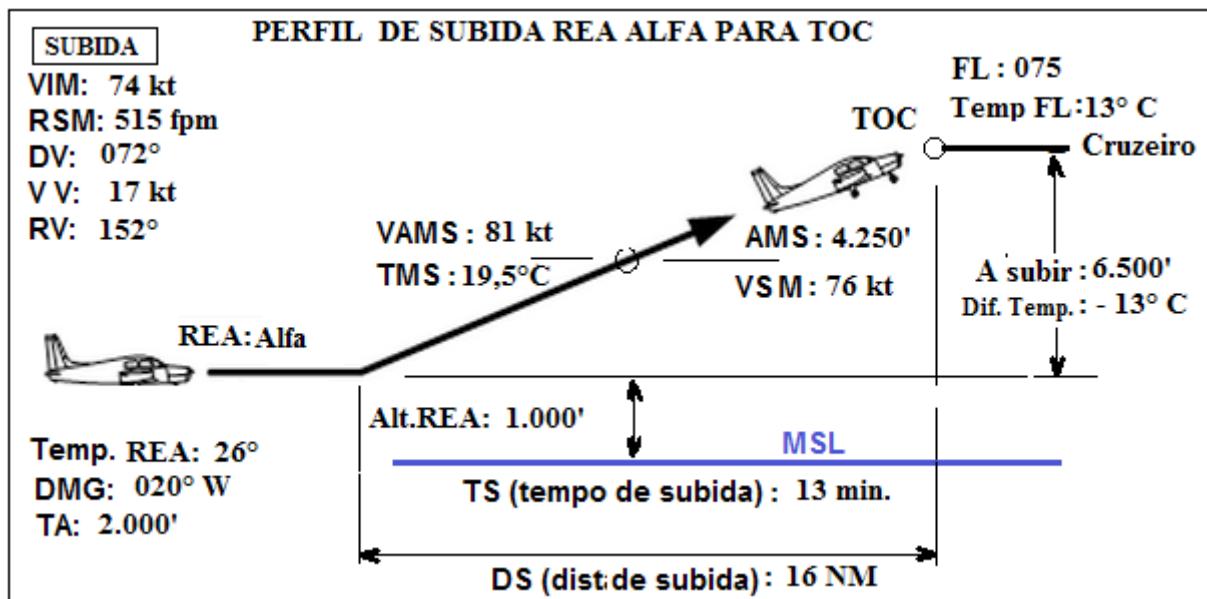
- | | |
|---|---------------|
| 1. razão de subida média (RSM) | RSM = 515 FPM |
| 2. Velocidade Indicada média de subida (VIMS) | VIMS = 74 KT |

3. Consumo horário de combustível na subida (Manual da aeronave) = 12 Gal / h

Interpretação dos dados da tabela - na Altitude Pressão de 4.000', que é um valor próximo da

Altitude Média de Subida, fazemos a proporção: se em 7 minutos consome 1,4 Gal, em 60 minutos consumirá 12 Gal.

NOTA: No início da subida a RS deverá ser com 700 fpm, assim como a VI deverá ser 76 KT pois esses valores vão diminuindo à proporção que a aeronave ganha altitude, mantendo-se o acelerador no máximo.



CÁLCULOS COM FÓRMULAS:

$$7.4.1 - A_{\text{Subir}} = \text{Altitude FL} - \text{Altitude REA Alfa}$$

$$A_{\text{subir}} = 7.500 - 1.000 \rightarrow A_{\text{subir}} = 6.500 \text{ pés}$$

$$7.4.2 - \text{Dif. Tempt. Subida} = (A_{\text{subir}} / 1.000) * 2$$

$$\text{Dif. Tempt. Subida} = (6.500 / 1.000) * 2 \rightarrow \text{Dif. Tempt. Subida} = 13^{\circ} \text{ C}$$

$$7.4.3 - \text{Tempo de voo na subida (min)} = A_{\text{subir}} / RS$$

$$\text{Tempo de voo na subida (min)} = 6.500' / 515 \text{ fpm} \rightarrow \text{Tempo de voo na subida (min)} = 13 \text{ min.}$$

$$7.4.4 - \text{Tempo voo na subida (h)} = \text{Tempo de voo na subida (min)} / 60$$

$$\text{Tempo voo na subida (h)} = 13 \text{ min} / 60 \rightarrow \text{Tempo voo na subida (h)} = 0,22 \text{ h.}$$

$$7.4.5 - \text{Hora UTC no TOC} = 10:09 + 00:13 \rightarrow \text{Hora UTC no TOC} = 10:22 \text{ Z}$$

$$7.4.6 - \text{Altitude Média de Subida AMS} = (\text{Altitude do TOC} + \text{Altitude REA Alfa}) / 2$$

$$AMS = (7.500 + 1.000) / 2 \rightarrow AMS = 8.500 / 2 \rightarrow AMS = 4.250 \text{ pés}$$

7.4.7 – Temperatura no FL $T_{no\ FL} = T_{REA\ Alfa} - Dif.\ Tempt\ subida$

$$T_{no\ FL} = 26 - 13 \rightarrow T_{no\ FL} = 13^{\circ}\text{C}$$

7.4.8 – Temperatura Média de Subida $TMS = (T_{REA\ Alfa} + T_{no\ FL}) / 2$

$$TMS = (26 + 13) / 2 \rightarrow TMS = 39 / 2 \rightarrow TMS = 19,5^{\circ}\text{C}$$

CÁLCULOS COM COMPUTADOR DE VOO:

7.4.9 – Velocidade Aerodinâmica Média (VAMS) $VAMS = 81\text{ KT}$

7.4.10 – Ângulo de Correção de deriva (ACD) = -12°

7.4.11 – Velocidade de Solo Média na Subida $VSMS = 76\text{ KT}$

CÁLCULOS COM FÓRMULAS:

7.4.12 - $PV = RV \pm ACD \rightarrow PV = 152 - 12 \rightarrow PV = 140^{\circ}$

7.4.13 - $PM = PV + DMG\ (W) \rightarrow PM = 140 + 020 \rightarrow PM = 160^{\circ}$

7.4.14 - Componente do vento = $VS - VA \rightarrow$ Componente do vento = $76 - 81$

Componente do vento = -5 KT (de proa ou HW)

7.4.15 – Distância horizontal da subida (NM) = $VSMS * \text{tempo de subida (h)}$

Distância Horizontal na subida = $76\text{ KT} * 0,22\text{ h} \rightarrow$ Distância Horizontal na subida = 16 NM

NOTA: A partir do Portão Icatu, medir 17 NM na rota traçada no mapa, no sentido do voo, para determinar o ponto do final da subida (TOC). Esse dado servirá para definir a distância do voo em Cruzeiro, após a definição do ponto (TOD) no cálculo da descida para o AD de destino.

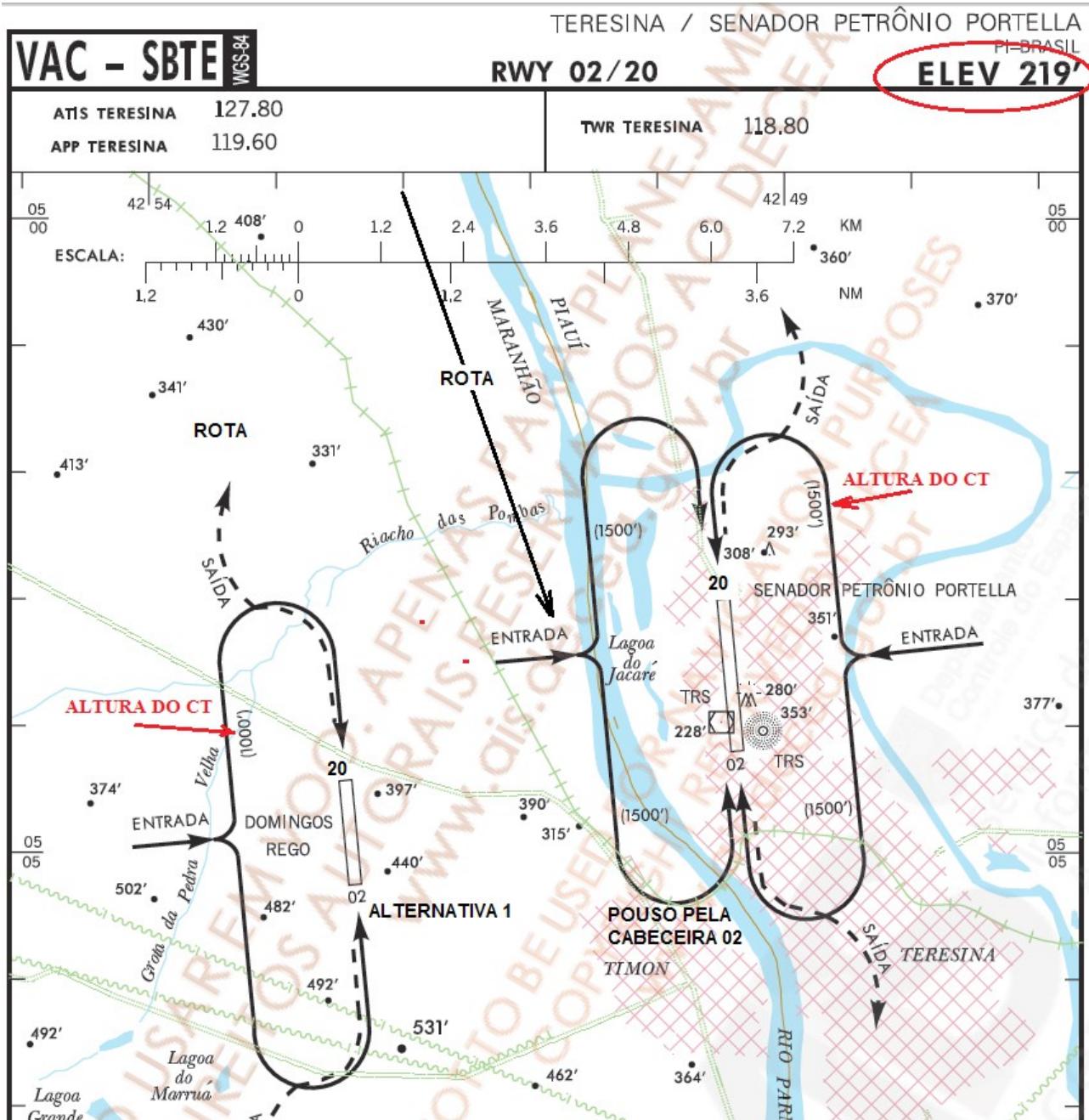
7.4.16 - Combustível gasto = $\text{Tempo de subida (h)} * \text{Consumo horário na subida}$

Combustível gasto = $0,22\text{ h} * 12\text{ GaL/h} \rightarrow$ Combustível gasto = $2,6\text{ Gal.}$

7.5 - DESCIDA PARA O AD DE DESTINO (TERESINA)

NOTA: Circuito de Tráfego (CT) a 1.500 pés de altura sobre o aeródromo, conforme VAC SBTE.

NOTA – Para cálculos, o valor da elevação de um aeródromo é arredondado para múltiplos de 500 pés. No caso do AD de Teresina, cuja elevação é 219', o arredondamento é feito para zero.



DADOS:

Hora UTC no TOD = calculado à frente na etapa de cruzeiro.

APP = 119.6 MHZ

RWY 02

Altímetro QNH (METAR) = 1015 Q

Temperatura no AD de Teresina (METAR) = 29°C

Temperatura no AD
Altura do CT ≡ 1500'

Altura do CT = 1500
Elevação do AD = 219'

Elevação do AD - Z19

Altitude do CT = 11.000 m
BV da rota = 152°

KV da 10ta -
DMC: 021W

DMG: 021W

Vento no FL 100 : 085° / 20 KT

Vento médio na descida: 087° / 14 KT

Nível de Transição (TL): fornecido pelo controle.

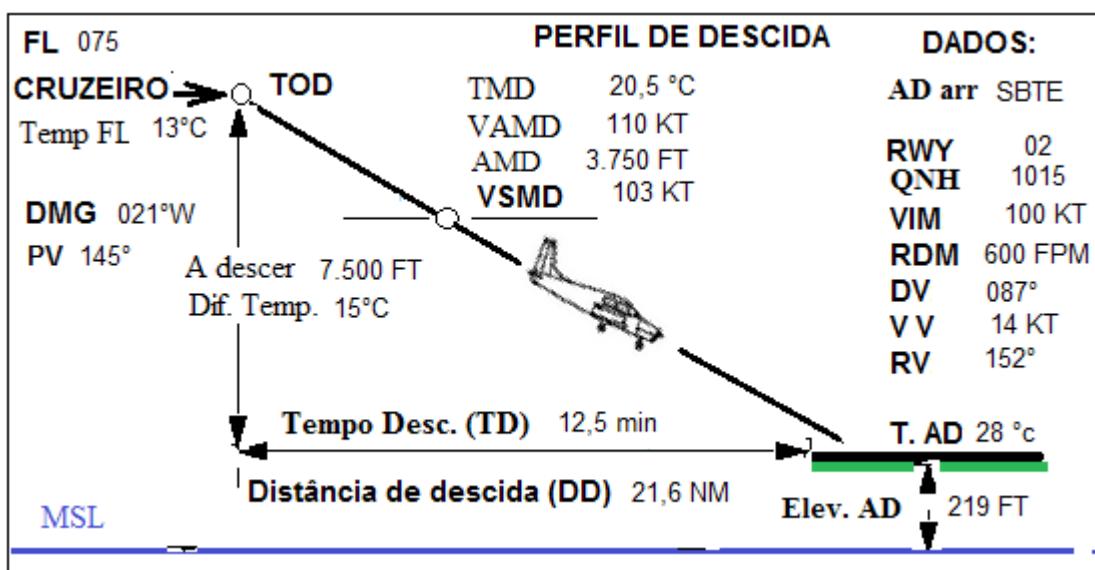
Temperatura no FL (TOD) = 13°C

Altitude TOD = 7.500 pés

Razão de Descida Média (RDM) = 600 fpm.

Velocidade Indicada média (VIM) = 100 KT

Consumo horário de combustível na descida (Manual da aeronave) = 6,5 Gal / h.



CÁLCULOS COM FÓRMULAS:

7.5.1 - A Descer = Altitude do FL (TOD) - elevação do AD

$$\text{A Descer} = 7.500' - 0' \rightarrow \text{A Descer} = 7.500'$$

7.5.2 - Dif. Tempt. Descida = (A Descer / 1.000)*2

$$\text{Dif. Tempt. Descida} = (7.500 / 1.000)*2 \rightarrow \text{Dif. Tempt. Descida} = 15°C$$

7.5.3 - Tempo de descida (min) = A descer / RDM

$$\text{Tempo de descida (min)} = 7.500' / 600 \text{ fpm} \rightarrow \text{Tempo de descida (min)} = 12,5 \text{ min.}$$

Arredondado para 13 min.

7.5.4 - Tempo de descida (h) = Tempo de voo na descida (min) / 60

$$\text{Tempo de descida (h)} = 12,5 \text{ min} / 60 \rightarrow \text{Tempo de descida (h)} = 0,21 \text{ h.}$$

7.5.5 – Altitude Média de Descida AMD = (Alt. TOD + Elevação do AD) / 2

$$\text{AMD} = (7.500' + 0') / 2 \rightarrow \text{AMD} = 7.500 / 2 \rightarrow \text{AMD} = 3.750 \text{ pés}$$

7.5.6 – Temperatura no AD $T_{AD} = T_{TOD} + \text{Dif. Tempt. Descida}$ Calculada por
extrapolação da temperatura no FL de Cruzeiro:
 $T_{AD} = 13 + 15 \rightarrow T_{AD} = 28^{\circ}\text{C}$

Diferença de 1° em relação à temperatura fornecida no METAR, que é de 29°C.

7.5.7 – Temperatura Média de Descida $TMD = (T_{TOD} + T_{AD}) / 2$

$$TMD = (13 + 28) / 2 \rightarrow TMS = 41 / 2 \rightarrow TMD = 20,5^{\circ}\text{C}$$

CÁLCULOS COM O COMPUTADOR DE VOO:

7.5.8 - Velocidade Aerodinâmica Média na descida: $VAMD = 110 \text{ KT}$

7.5.9 – Correção de deriva = - 7°

7.5.10 – Velocidade de solo Média na descida $VSMD = 103 \text{ KT}$

CÁLCULOS COM FÓRMULAS:

$$7.5.11 - PV = RV \pm ACD \rightarrow PV = 152 - 7 \rightarrow PV = 145^{\circ}$$

$$7.5.12 - PM = PV + DMG (W) \rightarrow PM = 145 + 021 \rightarrow PM = 166^{\circ}$$

$$7.5.13 - \text{Componente do vento} = VS - VA \rightarrow \text{Componente do vento} = 103 - 110$$

$$\text{Componente do vento} = -7 \text{ KT} \text{ (de proa ou HW)}$$

$$7.5.14 - \text{Distância horizontal da descida (NM)} = VSMD * \text{tempo de descida (h)}$$

$$\text{Distância Horizontal na descida} = 103 \text{ KT} * 0,21 \text{ h} \rightarrow \text{Distância Horizontal na descida} = 21,6 \text{ NM}$$

NOTA: A partir do AD de destino, medir 21,6 NM na rota traçada no mapa, no sentido de S. Luís, para determinar o ponto de início da descida (TOD). A distância do voo em Cruzeiro é determinada pela plotagem dos pontos TOC e TOD na carta de rota.

$$7.5.15 - \text{Combustível gasto} = \text{Tempo de descida (h)} * \text{Consumo horário na descida}$$

$$\text{Combustível gasto} = 0,21 \text{ h} * 6,5 \text{ Gal/h} \rightarrow \text{Combustível gasto} = 1,37 \text{ Gal.}$$

7.6 – ETAPA DE CRUZEIRO NO FL 075

DADOS:

DMG = 020°W até través de Chapadinha.

DMG 021°W do través de Chapadinha até Teresina.

Altímetro (QNE): 1013Q

Hora UTC no TOC = 10:22 Z

Altitude = 7.500 pés

Temperatura no FL = 13° C

VI = 100 KT

RV = 152°

Vento: 85° / 20 KT

Distância entre TOC e TOD = 117,1 NM

Consumo horário @ 7.500' / 115 KT (manual da aeronave) = 7,5 Gal /h.

CÁLCULOS COM COMPUTADOR DE VOO:

7.6.1 - VA = 115 KT

7.6.2 - Ângulo de Correção de deriva (ACD) = - 9°

7.6.3 - Velocidade de solo = 106 KT

CÁLCULOS COM FÓRMULAS:

7.6.4 - PV = RV ± ACD → PV = 152 - 9 → PV = 143°

7.6.5 - PM = PV + DMG (W) → PM = 143 + 020 → PM = 163° até o través de Chapadinha.

PM = 143 + 021 → PM = 164° do través de Chapadinha até Teresina.

7.6.6 - Componente do vento = VS – VA → Componente do vento = 106 – 115

Componente do vento = - 9 KT (de proa ou HW)

7.6.7 - Dist. Cruzeiro = Distância entre Portão Icatu e a entrada co CT de Teresina – (DS + DD)

Dist. Cruzeiro = 154,7 NM - (16 NM + 21,6 NM) →

Dist. Cruzeiro = 154,7 NM – 37,6 → D. cruzeiro = 117,1 NM

7.6.8 - Tempo de voo (h) = D. cruzeiro / VS → Tempo de voo (h) = 117,1 NM / 106 KT

Tempo de voo (h) = 1,1 h

7.6.9 - Tempo de voo em hora e minutos:

Conversão de 0,1 h em minutos → 0,1 * 60 = 6 min.

Tempo de voo em hora e minuto = 01:06 h

7.6.10 - Hora UTC no TOD = Hora UTC no TOC + Tempo de voo em hora e minuto

Hora UTC no TOD = 10:22 + 01:06 → Hora UTC no TOD = 11:28 Z

7.6.11 - Combustível gasto = Tempo de voo (h) * Consumo horário @ 7.500' / 115 KT

$$\text{Combustível gasto} = 1,15 \text{ h} * 7,5 \text{ Gal/h} \rightarrow \text{Combustível gasto} = 8,61 \text{ Gal.}$$

7.7 – HORA UTC NO POUSO

DADOS:

Hora UTC no TOD = 11:28 Z

CÁLCULO COM FÓRMULA:

7.7.1 - Hora UTC no AD = Hora UTC no TOD + Tempo de descida (min)

Hora UTC no AD = 11:28 Z + 00:13 h → Hora UTC no CT = 11:41 Z

7.8 – COMBUSTÍVEL GASTO NA ROTA PRINCIPAL (Gal):

Até o Portão Icatu	1,38
Subida 2	2,60
Descida	1,37
Cruzeiro	8,28
SOMA	13,63 Gal

7.9 – RESUMO DOS TEMPOS, HORÁRIOS DE PASSAGEM PELOS PONTOS DE REFERÊNCIA NA ROTA PRINCIPAL E PREVISÃO DO GASTO DE COMBUSTÍVEL

- Partida de S. Luís : 10:00 Z
 - Portão Icatu (início da subida segunda etapa): 10:09 Z 02°45,9 S 044°03,5W
 - Distância (subida 1 + saída + REA Alfa): 17,06 NM
 - Tempo = 09 minutos
 - Combustível gasto: 0,93 Gal
 - TOC : 10:22 Z 03°00 S 043°56,0W
 - Distância subida 2 :16 NM
 - Tempo:13 minutos
 - Combustível gasto: 2,6 Gal
 - Través de Vargem Grande: 10:39 Z 03°26,5S 043°41,5W
 - Distância em cruzeiro = 29,5 NM.
 - Tempo = 29,5 NM / 106 KT → Tempo = 0,28 h → Tempo = 17 minutos
 - Combustível gasto: 2,09 Gal
 - Través de Chapadinha : 10:53 Z 03°49,0S 043°29,0W
 - Distância do través Vargem Grande = 25,6 NM.
 - Tempo = 25,6 NM / 106 KT → Tempo = 0,25 h → Tempo = 14 minutos
 - Combustível gasto: 1,81 Gal
 - Través de Coelho Neto: 11:14 Z 04°22,0S 043°11,3W
 - Distância do través Chapadinha = 36,6 NM.
 - Tempo = 36,6 NM / 106 KT → Tempo = 0,34 h → Tempo = 21 minutos
 - Combustível gasto: 2,59 Gal
 - TOD: 11:28 Z 04°49,0S 043°56,0W
 - Distância do través Coelho Neto = 25,4 NM.
 - Tempo = 25,4 NM / 106 KT → Tempo = 0,24 h → Tempo = 14 minutos.

- Combustível gasto: 1,8 Gal

8. Descida AD de destino: **11:41 Z**

 - Distância do TOD = 21,6 NM.
 - Tempo = 13 minutos.
 - Combustível gasto: 1,37 Gal

7.10 – CALCULAR ROTA ALTERNATIVA MAIS LONGA

A rota alternativa 2, traçada na carta WAC, será utilizada como exemplo e para completar o cálculo de combustível por ser mais distante do destino.

1. Considerar como ponto de partida da rota alternativa o TOD da rota principal: em vez de descer para o CT de Teresina, a aeronave é direcionada para o aeródromo alternativo 4.
 2. Por falta de dados meteorológicos exclusivos para o aeródromo alternativo, usaremos como referência, os dados meteorológicos de vento e tempo do aeródromo de destino.
 3. Como a distância do aeródromo de destino para o aeródromo alternativo 2 é de 56,62 NM, o voo em cruzeiro será no FL 045 (Tabela de níveis de Cruzeiro-VFR), daí termos uma etapa de descida do FL 075 para o FL 045.



Dados do Aeródromo alternativa 2:

CODÓ / Itapecuru, MA SNXH Coordenadas:(04 30 47S/044 01 12W)

PRIV UTC-3 VFR L21.26 Elevacão: 56m (184')

09 - J 9 (1) 12 - (1475 x 29 ASPH 6/F/A/X/T L 14 15) = L 12 = 27

RMK - (1) MEHT (Minimum Eye Height over Threshold) : 48FT

Atenção: sem abastecimento de combustível.

7.10.1 - DESCIDA DO FL. 075 PARA O FL. 045

DADOS

Hora UTC no TOD da rota principal: 11:28 Z

Hora UTC no TOT da Rota primária
Rumo Verdadeiro (RV) = 286°

Declinação magnética da região (DMG) = 21° W

Rumo magnético (RM) = RV + DMG (W) \rightarrow RM = $286 + 21 \rightarrow$ RM = 307°

Vento médio na descida: $087^\circ / 14$ KT

Temperatura no TOD da rota principal = 13° C.

Razão de Descida Média (RDM) = 600 fpm.

Velocidade Indicada média (VIMD) = 100 KT

Consumo horário de combustível na descida (Manual da aeronave) = 6,5 Gal / h.

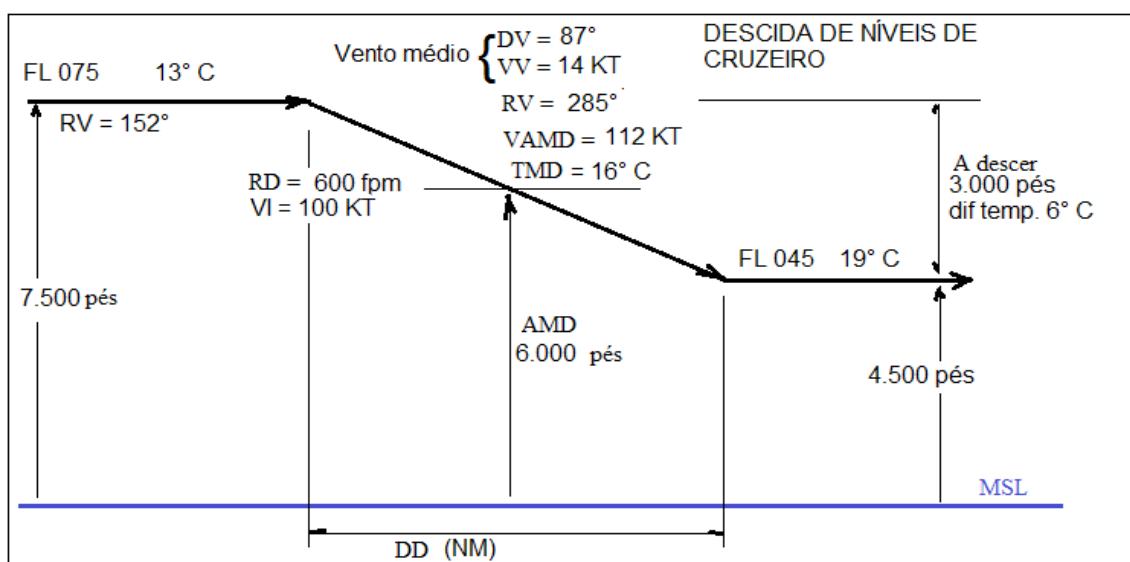
CÁLCULOS COM FÓRMULAS:

7.10.1.1 - A descer = Altitude do FL Superior - Altitude do FL inferior

$$A \text{ descer} = 7.500' - 4.500' \rightarrow A \text{ descer} = 3.000'$$

7.10.1.2 - Dif. Tempt. = (A Descer / 1.000) 2 Dif.Tempt. = $(3.000 / 1.000)^* 2$

$$\text{Dif.Tempt.} = 6^\circ\text{C}$$



7.10.1.3 - Tempo de voo (min) = A descer / RDM \rightarrow Tempo de voo (min) = $3.000' / 600$ fpm \rightarrow

$$\text{Tempo de voo (min)} = 5 \text{ min. Ou } 00:05 \text{ h}$$

7.10.1.4 - Hora UTC no FL 045 = Hora UTC no TOD da rota principal + tempo (min) da descida do FL 075 para o FL 045

$$\text{Hora UTC no FL 045} = 11:28 \text{ Z} + 00:05 \text{ h} \rightarrow \text{Hora UTC no FL 045} = 11:33 \text{ Z}$$

7.10.1.5 - Tempo voo (h) = Tempo de voo (min) / 60

$$\text{Tempo voo (h)} = 5 \text{ min} / 60 \rightarrow \text{Tempo voo (h)} = 0,083 \text{ h}.$$

7.10.1.6 – Altitude Média de Descida

$$\text{AMD} = (\text{Altitude do FL Superior} + \text{Altitude do FL inferior}) / 2$$

$$\text{AMD} = (7.500 + 4.500) / 2 \rightarrow \text{AMD} = 12.000' / 2 \rightarrow \text{AMD} = 6.000 \text{ pés}$$

7.10.1.7 – Temperatura no FL inf. $T_{\text{No FL inf.}} = T_{\text{FL sup.}} + \text{Dif.Tempt.}$

$$T_{\text{no FL inf.}} = 13 + 6 \rightarrow T_{\text{no FL}} = 19^{\circ}\text{C}$$

7.10.1.8 – Temperatura Média de Descida $\text{TMD} = (T_{\text{FL sup.}} + T_{\text{no FL inf.}}) / 2$

$$\text{TMD} = (13 + 19) / 2 \rightarrow \text{TMS} = 32 / 2 \rightarrow \text{TMD} = 16^{\circ}\text{ C}$$

CÁLCULOS COM O COMPUTADOR DE VOO:

7.10.1.9 - Velocidade Aerodinâmica Média na descida: $\text{VAMD} = 112 \text{ KT}$

7.10.1.10 – Ângulo de Correção de deriva (ACD) = 2°

7.10.1.11 – Velocidade de solo Média na descida $\text{VSMD} = 125 \text{ KT}$

CÁLCULOS COM FÓRMULAS:

$$7.10.1.12 - \text{PV} = \text{RV} \pm \text{ACD} \rightarrow \text{PV} = 286 + 2 \rightarrow \text{PV} = 288^{\circ}$$

$$7.10.1.13 - \text{PM} = \text{PV} + \text{DMG (W)} \rightarrow \text{PM} = 288 + 021 \rightarrow \text{PM} = 309^{\circ}$$

7.10.1.14 - Componente do vento = $\text{VS} - \text{VA}$ → Componente do vento = $125 - 112$

$$\text{Componente do vento} = 13 \text{ KT} \text{ (de cauda ou TW)}$$

7.10.1.15 – Distância horizontal da descida (NM) = $\text{VSMD} * \text{tempo de descida (h)}$

Distância Horizontal na descida = $125 \text{ KT} * 0,083 \text{ h} \rightarrow \text{Distância Horizontal na descida} = 10 \text{ NM}$

7.10.1.15 - Combustível gasto = Tempo de descida (h) * Consumo horário na descida

$$\text{Combustível gasto} = 0,083 \text{ h} * 6,5 \text{ Gal/h} \rightarrow \text{Combustível gasto} = 0,54 \text{ Gal.}$$

7.10.2 – DESCIDA DO FL 045 PARA O AD ALTERNATIVA 2

DADOS:

DMG: 021W

Altímetro (QNE) = 1015Q (estimado pelo METAR de Teresina)

Temperatura no FL 045 = 19°C

Altitude FL inferior = 4.500 pés

Elevação do AD = 184' (arredondar para zero)

RV da rota alternativa 2 = 286°

Vento médio na descida: $090^{\circ} / 07 \text{ KT}$

Razão de Descida Média (RDM) = 600 fpm.

Velocidade Indicada média (VIMD) = 100 KT

Consumo horário de combustível na descida (Manual da aeronave) = 6,5 Gal / h.

CÁLCULOS COM FÓRMULAS:

7.10.2.1 - A Descer = Altitude do FL inferior – Elevação do AD alternativa 2

$$A \text{ Descer} = 4.500' - 0' \rightarrow A \text{ Descer} = 4.500'$$

7.10.2.2 - Dif. Tempt. Descida = $(A \text{ Descer} / 1.000) * 2$

$$\text{Dif. Tempt. Descida} = (4.500 / 1.000) * 2 \rightarrow \text{Dif. Tempt. Descida} = 9^\circ\text{C}$$

7.10.2.3 - Tempo de voo na descida (min) = A descer / RDM

Tempo de voo na descida (min) = $4.500' / 600 \text{ fpm} \rightarrow \text{Tempo de voo na descida (min)} = 7,5 \text{ min.}$
Arredondado para 8 minutos ou 00:08 h.

7.10.2.4 - Tempo voo na descida (h) = Tempo de voo na descida (min) / 60

Tempo voo na descida (h) = $8 \text{ min} / 60 \rightarrow \text{Tempo voo na descida (h)} = 0,13 \text{ h.}$



7.10.2.5 – Altitude Média de Descida

$$AMD = (\text{Altitude FL inferior} + \text{Elevação AD alternativa 2}) / 2$$

$$AMD = (4.500 + 0) / 2 \rightarrow AMD = 4.500 / 2 \rightarrow AMD = 2.250 \text{ pés}$$

7.10.2.6 – Temperatura no AD T. no AD = T. FL inferior + Dif.Tempt. Descida

$$T. \text{ no AD} = 19 + 9 \rightarrow T. \text{ no AD} = 28^\circ\text{C}$$

7.10.2.7 – Temperatura Média de Descida $TMD = (T_{FL\ inferior} + T\ no\ AD) / 2$
 $TMD = (19 + 28) / 2 \rightarrow TMS = 47 / 2 \rightarrow TMD = 23,5^\circ C$

CÁLCULOS COM O COMPUTADOR DE VOO:

7.10.2.8 - Velocidade Aerodinâmica Média na descida: $VAM\ na\ descida = 108\ KT$

7.10.2.9 – Ângulo de Correção de deriva (ACD) = 1°

7.10.2.10 – Velocidade de solo Média na descida $VSMD = 115\ KT$

CÁLCULOS COM FÓRMULAS:

7.10.2.11 - $PV = RV \pm ACD \rightarrow PV = 285 + 1 \rightarrow PV = 286^\circ$

7.10.2.12 - $PM = PV + DMG(W) \rightarrow PM = 286 + 021 \rightarrow PM = 307^\circ$

7.10.2.13 - Componente do vento = $VS - VA \rightarrow$ Componente do vento = $115 - 108$

Componente do vento = $7\ KT$ (de cauda ou TW)

7.10.2.14 – Dist. horizontal da descida (NM) = $VSMD * \text{tempo de descida (h)}$

Dist. Horizontal na descida = $115\ KT * 0,13\ h \rightarrow$ Dist. Horizontal na descida = $15\ NM$

7.10.2.15 - Combustível gasto = $\text{Tempo de descida (h)} * \text{Consumo horário na descida}$

Combustível gasto = $0,13\ h * 6,5\ Gal/h \rightarrow$ Combustível gasto = $0,85\ Gal.$

7.10.3 – CRUZEIRO NO FL 045

DADOS:

DMG = 021W

Altímetro (QNE): 1013Q

Hora UTC no FL 045 = 11:33 Z

Altitude = 4.500 pés

Temperatura no FL 045 = $19^\circ C$

VI = 100 KT

RV = 285°

Vento: $90^\circ / 07\ KT$

Distância: 35,12 NM

Consumo horário @ 4.500' / 117 KT (manual da aeronave) = 8,2 Gal / h.

CÁLCULOS COM COMPUTADOR DE VOO:

7.10.3.1 - $VA = 109\ KT$

7.10.3.2 - $\hat{\text{Ângulo de Correção de deriva (ACD)}} = 1^\circ$

7.10.3.3 - **Velocidade de solo = 117 KT**

CÁLCULOS COM FÓRMULAS:

7.10.3.4 - **$PV = RV \pm ACD$** → $PV = 285 + 1 \rightarrow PV = 286^\circ$

7.10.3.5 - **$PM = PV + DMG (W)$** → $PM = 286 + 021 \rightarrow PM = 307^\circ$

7.10.3.6 - **Componente do vento = $VS - VA$** → Componente do vento = $177 - 109$

Componente do vento = **8 KT** (de cauda ou TW)

7.10.3.7 - A rota alternativa 2 tem 56,62 NM de distância total, daí podemos calcular:

Dist.cruzeiro (FL 045) = Dist. Total rota alt. 2 – (Desc.de Transição + desc. AD alternativa 2)

Dist. Cruzeiro (FL 045) = $56,62 - (10 + 15)$

Dist. Cruzeiro (FL 045) = $56,62 - 25 \rightarrow$

Dist. Cruzeiro (FL 045) = 31,62 NM

7.10.3.8 - **Tempo de voo (h) = Distância (NM) / VS (KT)**

Tempo de voo (h) = $31,62 \text{ NM} / 117 \text{ KT}$

Tempo de voo (h) = 0,27 h

7.10.3.9 – Tempo de voo (min) = tempo de voo (h) * 60

Tempo de voo (min) = $0,275 * 60 \rightarrow$ **Tempo de voo (min) = 16 min.**

7.10.3.10 - **Hora UTC no TOD alternativa 2 = Hora UTC no FL 045 + Tempo de voo (min)**

Hora UTC no TOD alternativa 2 = $11:33 + 16 \rightarrow$ **Hora UTC no TOD alternativa 2 = 11:49 Z**

7.10.3.11 - **Combustível gasto = Tempo de voo (h) * Consumo horário @ 4.500' / 117 KT**

Combustível gasto = $0,27h * 8,2 \text{ Gal/h} \rightarrow$ **Combustível gasto = 2,21 Gal.**

7.11 - HORA UTC NO POUSO NO AERÓDROMO ALTERNATIVA 2

DADOS:

Hora UTC no TOD = 11:49 Z

CÁLCULO COM FÓRMULA:

Hora UTC no AD = Hora UTC no TOD + Tempo de descida (min)

Hora UTC no AD = $11:49 + 00:08 \rightarrow$ **Hora UTC no AD = 11:57 Z**

7.12 – COMBUSTÍVEL GASTO NA ROTA ALTERNATIVA 2 (Gal):

Descida FL 075 / FL 045	0,54
Cruzeiro FL 045	2,21
Descida AD alternativa 2	0,84
SOMA	3,59 Gal

7.13 - ESTIMAR AUTONOMIA MÍNIMA DO COMBUSTÍVEL PELAS VA'S EM CRUZEIRO, CONSIDERANDO AS DISTÂNCIAS TOTAIS DAS ROTAS CONFORME RBHA 91 e 135. (ver páginas 86 e 87):

7.13.1 - ROTA PRINCIPAL:

DADOS:

Distância total = 171,76 NM

VA em cruzeiro no FL 075 = 115 KT

CÁLCULOS COM FÓRMULAS:

$$7.13.1.1 - \text{Autonomia necessária (h)} = \text{Dist. total (NM)} / \text{VA (KT)}$$

$$\text{Autonomia necessária (h)} = 171,76 \text{ NM} / 115 \text{ KT} \rightarrow \text{Autonomia necessária (h)} = 1,49 \text{ h}$$

$$\text{Autonomia necessária (h)} = 01:29 \text{ h}$$

$$7.13.1.2 - \text{Combustível necessário (Gal)} = \text{Tempo de voo (h)} * \text{consumo horário (Gal/ h)}$$

$$\text{Combustível necessário (Gal)} = 1,49 \text{ h} * 7,5 \text{ Gal / h} \rightarrow \text{Combustível necessário (GI)} = 11,2 \text{ Gal}$$

AUTONOMIA MÍNIMA NECESSÁRIA PARA ESTIMAR O ABASTECIMENTO							
PERNA	DE		PARA		TRECHOS		VA
	DE	PARA	DIST	VI / MACH	FL	TEMP. FL (°C)	
PRINC.	SÃO LUIS	TEREZINA	171,76	100	075	13	115
ALTERN.	17 NM DE TEREZINA	CODÓ-ITAPECURU	56,62	100	045	19	109
COMBUSTÍVEL							
CONS. HOR. (GI / h)	AUTON. MÍNIMA NECESSÁRIA (h)	ABASTECIMENTO MÍNIMO NECESSÁRIO (GI)	CAPACIDADE DO TANQUE (GI)		50		
			ABASTECIMENTO (GI)		50		
7,50	01:29	11,20					
8,20	00:31	4,26					
+ 30 minutos DIURNO	00:30	4,1					
+ 45 Minutos NORURNO							
TOTAIS	02:30	19,56					

7.13.2 - ROTA ALTERNATIVA 2:

DADOS:

Distância total = 56,62 NM

VA em cruzeiro no FL 045= 109 KT

$$7.13.2.1 - \text{Autonomia necessária (h)} = \text{Dist. Total (NM)} / \text{VA (KT)}$$

Autonomia necessária (h) = 56,62 NM / 109 KT → Autonomia necessária (h) = 0,52 h

Autonomia necessária = 00:31 h

7.13.2.2 - Combustível necessário (Gal) = Tempo de voo (h) * consumo horário (Gal/ h)

Combustível necessário = 0,52 h * 8,2 Gal / h → Combustível necessário (Gl) = 4,26 Gal

7.13.3 - RESERVA: voo VFR diurno, a reserva de 30 minutos (0,5 h) será calculada para o regime de voo em cruzeiro no FL 045 (CH = 8,2 Gal / h).

RESERVA = 0,5 h * 8,2 Gal / h → RESERVA = 4,1 Gal

7.13.4 - TOTAIS:

7.13.4.1 - Autonomia necessária = 01:29 h + 00:31 h + 00:30 h

Autonomia necessária TOTAL = 02:30 h

7.13.4.2 - Combustível necessário = 11,20 Gal + 4,26 Gal + 4,1 Gal

Combustível necessário TOTAL = 19,56 Gal

ATENÇÃO: A estimativa de autonomia e previsão de consumo, feitas pela VA em cruzeiro, não consideram a ação do vento durante o voo, portanto, podem apresentar resultados diferentes quando os mesmos cálculos são feitos pela VS de cada etapa do voo.

7.14 - DETERMINAR O ABASTECIMENTO DE COMBUSTÍVEL

DADOS:

CAPACIDADE DO TANQUE DA AERONAVE 189,285 litros ou 50 Gal
 ABASTECIMENTO EM S. LUÍS: 50 Gal.

NOTA: para converter Gal em litros, multiplicar por 3,7857

7.14.1 – COMBUSTÍVEL NECESSÁRIO CONSIDERANDO O VENTO: Cálculos feitos pelas distâncias de cada etapa (resumos em 8.8 e 8.12) e suas respectivas VS. Apenas a reserva de 30 minutos será a mesma calculada acima, no item 8.14.

1. Rota principal (ITEM 8.8)..... 13,63
 2. Rota Alternativa 2 (ITEM 8.13)..... 3,59
 3. Reserva para voo diurno (30 minutos cruzeiro) (ITEM 8.14)..... 4,10
- COMBUSTÍVEL NECESSÁRIO PARA O VOO 21,32Gal

ATENÇÃO: só há abastecimento de combustível nos aeródromos de partida e de destino.

Para este voo é recomendado adotar como referência mínima, o valor de combustível necessário calculado pela VS, pois é maior do que o estimado pela VA, lembrando que o abastecimento deve

ser sempre a maior do valor calculado.

7.14.2 – AUTONOMIA DA AERONAVE ABASTECIDA: Para se obter a autonomia da aeronave, divide-se o volume do combustível abastecido pelo valor do consumo horário em cruzeiro da rota principal. Lembrando que este valor será lançado no campo 19 do Plano de Voo.

Neste caso, teremos:

- abastecimento = 50 Gal
- consumo horário @7.500' / VA 115 kt = 7,5 Gal / h.

$$\text{Autonomia da aeronave} = 50 / 7,5 \rightarrow \boxed{\text{Autonomia da aeronave} = 6,7 \text{ h ou } 06:42 \text{ h}}$$

8 - Preencher o Plano de Voo e entregar ou transmitir ao controle de tráfego aéreo

MCA 100-11 2014

PREENCHIMENTO DO PLANO DE VOO

Um Plano de Voo deverá conter as seguintes informações:

Item 7 : identificação da aeronave;

Item 8 : regra de voo e tipo de voo;

Item 9 : quantidade de aeronaves se é o voo em formação; tipo(s) de aeronave(s) e categoria da esteira de turbulência;

Item 10 : equipamentos de bordo e capacidades;

Item 13 : aeródromo de partida e EOBT : hora estimada de calços fora;

Item 15 : velocidade (s) de cruzeiro; nível (is) de cruzeiro; rota que será seguida;

Item 16 : aeródromo de destino; duração total prevista para o voo; aeródromo (s) de alternativa;

Item 18 : outras informações;

Item 19 : autonomia do combustível abastecido; número total de pessoas a bordo; equipamentos de emergência e de sobrevivência; cor e marca da aeronave; outros dados;

Este assunto está bem detalhado na disciplina Regulamento de tráfego aéreo.

Abaixo, um Plano de voo completo preenchido com os dados do voo deste exercício.

PLANO DE VOO FLIGHT PLAN			
PRIORIDADE PRIORITY <=FF	DESTINATÁRIO(S) ADDRESSEE(S)		
HORA DE APRESENTAÇÃO FILING TIME			
REMETENTE ORIGINATOR			
IDENTIFICAÇÃO COMPLEMENTAR DE DESTINATÁRIO(S) E/OU REMETENTE(S) SPECIFIC IDENTIFICATION OF ADDRESSEE(S) AND/OR ORIGINATOR			
3 TIPO DE MENSAGEM MESSAGE TYPE <=(FPL	7 IDENTIFICAÇÃO DA AERONAVE AIRCRAFT IDENTIFICATION P T J H J	8 REGRAS DE VOO FLIGHT RULES V	TIPO DE VOO TYPE OF FLIGHT G
9 NÚMERO NUMBER 0 1	10 EQUIPAMENTO EQUIPMENT V /		
13 AERÓDROMO DE PARTIDA DEPARTURE AERODROME S BSL	14 CAT DA ESTEIRA DE TURBULÊNCIA WAKE TURBULENCE CAT / L		
15 VELOCIDADE DE CRUZEIRO CRUISING SPEED N 1 0 0	16 HORA TIME 1 0 0 0		
NÍVEL LEVEL L 0 7 5	ROTA ROUTE DCT		
17 EET TOTAL TOTAL EET HR MIN 0 1 4 2			
18 OUTRAS INFORMAÇÕES OTHER INFORMATION		AERÓDROMO ALTERN ALTN AERODROME S N D R	20. AERÓDROMO ALTERN 20. ALTERN AERODROME S N X H
INFORMAÇÕES SUPLEMENTARES (NÃO SERÁ TRANSMITIDO NA MENSAGEM FPL) SUPPLEMENTARY INFORMATION (NOT TO BE TRANSMITTED IN FPL MESSAGES)			
19 AUTONOMIA ENDURANCE E/ 0 6 4 2	PESSOAS A BORDO PERSONS ON BOARD P/ 0 2	EQUIPAMENTO RÁDIO DE EMERGÊNCIA EMERGENCY RADIO	
20 EQUIPAMENTO DE SALVAMENTO SURVIVAL EQUIPMENT		UHF R/ U	VHF V
POLAR POLAR S / P		COLETES JACKETS J / L	FLÚOR FLUORES F U
DESERTO DESERT D M		LUZ LIGHT L	UH U
MARITIMO MARITIME J		FLÚOR FLUORES F	VHF V
SELVA JUNGLE			
BOTES - DINGHIES			
NÚMERO CAPACIDADE ABRIGO NUMBER CAPACITY COVER			
COR E MARCA DA AERONAVE AIRCRAFT COLOR AND MARKINGS D /			
A/ BRANCA COM DUAS LISTRAS HORIZONTAIS FINAS PRETA E VERMELHA			
C/ OBSERVAÇÕES REMARKS N /			
PILOTO EM COMANDO PILOT-IN-COMMAND C/ JOAO JOSÉ BARBOSA			
PREENCHIDO POR FILED BY JOÃO JOSÉ BARBOSA		CÓDIGO ANAC 0 1 2 3 4 5	ASSINATURA / SIGNATURE JJBarbosa

NAVEGAÇÃO AÉREA VFR

Pedro Barros Neto

ACOMPANHAMENTO DE VOO VFR																						
	AERONAVE		PILOTO						VOO													
	MARCA	CESSNA	NOME MATRÍC.	JOÃO JOSÉ BARBOSA					PARTIDA	DATA CHEGADA	HORA (UTC)											
	MODELO	C 172		12345							14/08/2012	10:00										
	MATRÍC.	PT-JHU									14/08/2012	11:41										
CAP. TANQUE (GI)	50	CONSUMO HORÁRIO DE COMBUSTÍVEL (GI / h)																				
ABASTECIMENTO (GI)	50	SUBIDA	12,00	CRUZEIRO FL SUPERIOR			7,50	RELAÇÃO	8,50													
DESV. BÚSSOLA	NÃO	DESCIDA	6,50	CRUZEIRO FL INFERIOR			8,20															
AD. PARTIDA	SIGLA	SBSL	AD. DESTINO	SIGLA	SBTE	AD. ALTERNATIVA	SIGLA	SNXH	CARTAS	AD PARTIDA	VAC SBSL											
	RWY	09		RWY	02		RWY	09		SAÍDA	REIA SÃO LUIS											
	ELEV.(ft)	178		ELEV.(ft)	219		ELEV.(ft)	134		ROTA	WAC 2945 – São Luis											
	T.(°C)	28		T.(°C)	29		T.(°C)	29		ROTA	WAC 3017 – Teresina											
	QNH	1313		QNH	1315		QNH	1315		AD DEST.	VAC SBTE											
	DV (°)	060		DV (°)	090		DV (°)	090		AD.ALTERN.												
	V V (kt)	14		V V (kt)	7		V V (kt)	7		TRANSPONDER												
	DMG	20°W		DMG	21°W		DMG	21°W														
	APP (MHZ)	119,1		APP (MHZ)	119,6		APP (MHZ)	119,6														
ROTA PRINCIPAL										DIST. (NM)	171,76											
PERNA	PONTOS DE REF.		CRUZEIRO				DISTÂNCIAS (NM)		TEMPO(h)	HORA(UTC)	COMBUSTIVEL (GI)											
	NOME		ALTIT.	HDG prev.	VI	DV	VS prev.	PERNA	VOADO	ETE prev.	ETA prev.	DISP. prev.										
	LAT.	LONG.	TEMP (°C)	HDG realiz.	VA	V V	VS realiz.	REM	ETE realiz.	ETA realiz.	DISP. realiz.	GASTO realiz.										
01	POS. REL. DA ROTA																					
	ICATU		1000	163	100	085	106	17,06	17,06	00:09	10:09	50										
	02°45,9S	044°03,5W	26		115	20		154,70														
02	NA ROTA																					
	TOC		7500	163	100	085	106	16,00	33,06	00:13	10:22	48,63										
	03°00S	043°56,0W	13		115	20		138,70														
03	ROTA																					
	TRAVÉS V. GRANDE		7500	163	100	085	106	29,50	62,56	00:17	10:39	46,03										
	03°26,5S	043°41,5W	13		115	20		109,20														
04	14 NM ESQ																					
	TRAVÉS CHAPADINHA		7500	163/164	100	085	106	25,60	88,16	00:14	10:53	43,94										
	03°49,0S	043°29,0W			115	20		83,60														
05	8 NM DIREITA																					
	TRAVÉS COELHO NETO		7500	164	100	085	106	36,60	124,76	00:21	11:14	42,13										
	04°22,0S	043°11,3W	13		115	20		47,00														
06	12 NM DIREITA																					
	TOD DESTINO		7500	164	100	085	106	25,40	150,16	00:14	11:28	39,54										
	04°44,0S	042°59,0W	13		115	20		21,60														
07	ROTA																					
	AD DESTINO		219	020	100			103	21,60	00:13	11:41	37,74										
									171,76	01:41		1,37										
08																						
	ROTA ALTERNATIVA										DISTÂNCIA (NM)	56,62										
09	DESCIDA FL075/FL045		4500	307	100	087	125	10,00	10,00	00:05	11:33	39,00										
	04°44,0S	042°59,0W	19		109	14		46,62				0,54										
	ROTA																					
10	TOD AD ALTERNAT. 2		4500	307	100	090	117	32,25	42,25	00:16	11:49	38,46										
	04°32,0S	043°39,0W	19		109	7		14,37				2,25										
	ROTA																					
11	AD ALTERNAT. 2		184	90	100	090	115	14,37	56,62	00:08	11:57	36,21										
	04°30,47S	044°01,12W	29		108	7		0,00				0,81										
12																						
	Espaço Condicionado:		SBR 231	2000FT e GND Coord. 0500.02S/04300.02W, 0445.02S/04310.02W e 0510.02S/04310.02W - para o ponto de origem																		
	Alteração de DMG:		PERNA	VALOR				PERNA	VALOR													
OBS.:																						

12 Radiocomunicação

- Descrever os princípios básicos de comunicação através de radiotelefonia.

12.1 Propagação das ondas de rádio – Ondas eletromagnéticas. Terminologia. Ciclos.

Frequência. Comprimento de onda. Espectro de frequência. Polarização das ondas. Reflexão e absorção das ondas.

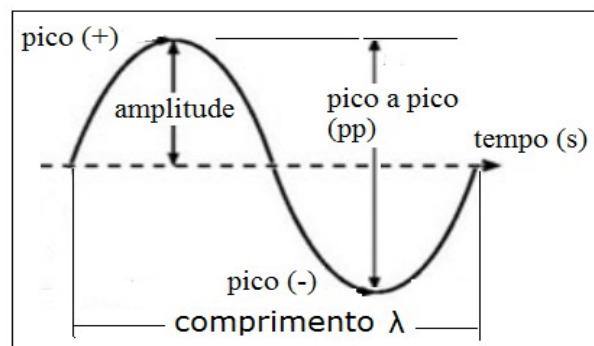
- Identificar as características de um transceptor de VHF.

Características de uma Onda:

Ciclo ou Período (T) - É a distância, no tempo, entre dois pontos de igual amplitude. Observando o esquema anterior, podemos dizer que o ciclo compreende a distância entre 0° e 360° .

O comprimento de onda (λ) - representa também a distância entre dois pontos de igual amplitude.

Amplitude geométrica - É a distância vertical entre um ponto da onda e a linha de tempo (amplitude zero). Representa a intensidade da oscilação.



Frequência - É o número de oscilações ou ciclos de uma onda durante um período de tempo (T). A unidade com que se mede a frequência denomina-se, ciclo por segundo (c/s) ou Hertz (Hz). 60 Hertz significa 60 oscilações em um segundo.

Normalmente, devido ao uso de grandes valores para a frequência, recorremos aos seus múltiplos:

- KiloHertz (kHz) ou $f * 10^3$.
- MegaHertz (Mhz) ou $f * 10^6$.
- GigaHertz (GHz) ou $f * 10^9$.
- TeraHertz (Thz) ou $f * 10^{12}$.

O conjunto de comprimentos de onda que compõem as Radiações Eletromagnéticas é denominado de Espectro Eletromagnético.

Ondas eletromagnéticas - A energia eletromagnética não precisa de um meio material para se propagar, sendo definida como uma energia que se move na forma de ondas eletromagnéticas à velocidade da luz (300.000 km/s). Dado que a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas é diretamente proporcional à sua freqüência e comprimento de onda, esta pode ser expressa por:

Onde:

c = velocidade da luz (m/s).

f = frequência (ciclos/s ou Hz).

λ = comprimento de onda (m).

Geração de uma onda eletromagnética

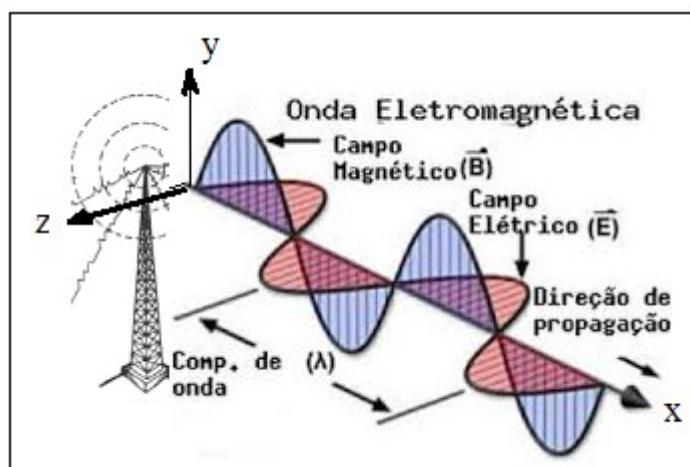
- a variação de intensidade ou sentido da corrente elétrica em um condutor, cria um campo eletromagnético variável ao seu redor, com linhas de força circulares, que ficam em infinitos

planos perpendiculares ao longo desse condutor. É como se fosse uma capa invisível que vai se atenuando com a distância do condutor.

- A variação de intensidade ou sentido de um campo magnético perpendicularmente a um condutor, induz nesse condutor uma circulação de corrente elétrica.

Quando tivermos um circuito gerador de corrente elétrica alternada, com frequência acima de Khz, essa interação entre os campos elétricos e magnéticos, dentro desse circuito gerador, vão sair para fora do circuito e propagar-se por grandes distâncias, através de ondas eletromagnéticas, cujas características, são:

- São formadas por campos elétricos e campos magnéticos variáveis e perpendiculares entre si em forma de ondas transversais (os campos são, também, perpendiculares à direção da propagação).
- Propagam-se no vácuo com a velocidade da luz "c".
- Podem propagar-se num meio material com velocidade menor que "c".



Sob o ponto de vista ondulatório, a Radiação Eletromagnética se propaga na forma de ondas formadas pela oscilação dos campos elétrico e magnético, defasados de 90°, conforme aparece na figura abaixo.

EL = campo elétrico.

MG = campo magnético.

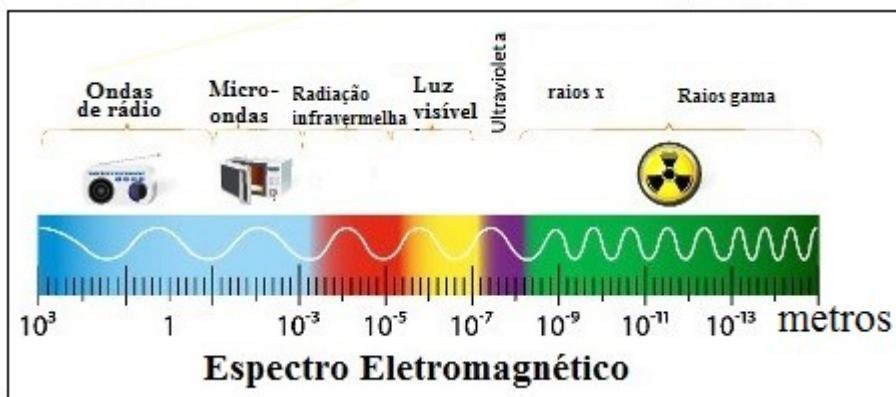
XZ = plano de propagação do campo elétrico.

YZ = plano de propagação do campo magnético.

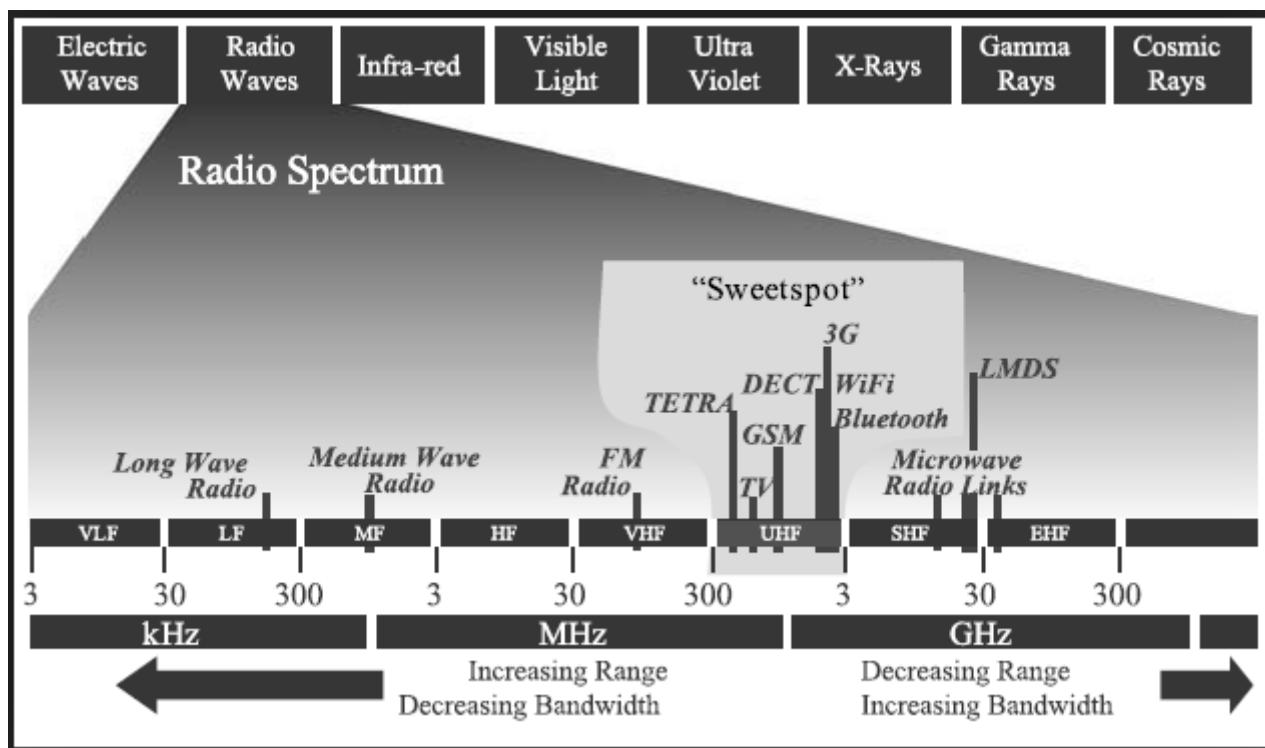
Z = direção de propagação da onda eletromagnética.

O espectro Eletromagnético - A energia eletromagnética é ordenada de maneira contínua em função de seu comprimento de onda ou de sua frequência, formando o Espectro Eletromagnético. O Espectro é dividido em regiões que são nomeadas pelo tipo do processo que a produz, pela interação que ocorre entre a radiação e o meio físico onde se propaga, e também, pela percepção humana a tais radiações.

O espectro eletromagnético se estende desde as ondas de rádio de baixa freqüência e grandes comprimentos, passando pela faixa da luz visível i indo até as ondas muito curtas, associadas aos raios cósmicos, como mostra a figura abaixo.



Quanto maior for a frequência, menor será o comprimento da onda, e vice versa.



Nosso estudo será focado no espectro das ondas de rádio.

As frequências muito baixas (VLF – Very low frequencies) são radiofrequências na gama de 3 kHz até 30 kHz, cujos comprimentos de onda variam entre 10 e 100 km.

As frequências baixas (LF – Low frequencies) são uma banda de ondas de rádio que se situam na gama de 30 kHz até 300 kHz, cujos comprimentos de onda variam entre 1 e 10 Km.

As ondas LF conseguem contornar grandes obstáculos e têm baixa atenuação do sinal. São usadas em comunicações a longas distâncias. As ondas terrestres de baixa frequência têm um alcance de cerca de 2000 km da antena de transmissão.

Algumas transmissões de rádio, por modulação de amplitude (AM), são feitas dentro desta faixa, dos 148.5 até aos 283.5 kHz.

As médias frequências (MF–Medium Frequency) situam-se entre 300 kHz e 3 MHz. Esta banda de frequências é sobretudo usada por estações comerciais de rádio AM (526,5 kHz a 1606,5 kHz), radionavegação NDB e comunicação entre navios e uma estação costeira.

As altas frequências (HF – High Frequency) - vão de 3 MHz a 30 Mhz. Permitem estabelecer comunicações de longa distância, usando equipamentos relativamente simples e econômicos.

As frequências muito altas (VHF - Very High Frequency) situam-se entre 30 MHz e 300 Mhz, com comprimento de onda compreendido entre 1 metro e 10 metros.

Estas ondas caracterizam-se pela sua capacidade de transmissão em linha reta, diretamente do transmissor ao receptor. Esta banda de frequências é utilizada para as comunicações de curta

distância, para rádio FM de 87,5 MHz a 108 MHz) e parte do sinal de TV analógica.

As frequências Ultra-Altas (UHF - Ultra High Frequency) - a banda de frequências denominada também de micro-ondas, compreendida entre 300MHz (1 metro) e 3GHz (100 milímetros), dividindo-se em duas bandas: a Banda L , (0.3G Hz a 2GHz) e a Banda S (2GHz a 3GHz).

Micro-ondas - Nesta faixa de comprimentos de onda operam os radares, os rádios de comunicação em UHF, VHF, SHF, radio difusão em FM e Televisão. Propagação em linha reta (linha de visada), alcance limitado à linha do Horizonte nos sistemas terrestres, mas de alcance maior em aviação, dependendo da altitude da aeronave e da potência do transmissor.

Infravermelho - grande importância para o Sensoriamento Remoto. Engloba radiação com comprimentos de onda de 0,75 um a 1,0 mm. A radiação I.V. é facilmente absorvida pela maioria das substâncias (efeito de aquecimento).

As frequências Super altas (SHF - Super High Frequency) - são as frequências compreendidas entre 3GHz e 30GHz, esta banda de frequências é também denominada de banda centimétrica.

As frequências extremamente altas (EFH- Extremely High Frequency) – são as frequências compreendidas entre 30 GHz e 300 Ghz, e com comprimentos de onde entre um e os dez milímetros.

Comportamento das ondas eletromagnéticas - é afetado pelo meio que atravessam. Os efeitos da atmosfera e da superfície da Terra que afetam a propagação e interessam diretamente às comunicações são:

- difração.
- polarização.
- dispersão ou difusão.
- Refração.
- Reflexão.
- Absorção.
- interferência (não depende da atmosfera).

Difração - Quando uma onda eletromagnética é limitada em seu avanço por um objeto opaco que deixa passar apenas uma fração das frentes de onda, estas sofrem uma deflexão que é chamada difração. O efeito de difração varia com a frequência e é mais importante nas frequências baixas do que nas altas. Nas frequências muito altas, o fenômeno de difração é ainda observado, mas não tão claramente.



Polarização - A eficiência da propagação e recepção das ondas radioelétricas é afetada pelo seu modo de polarização. Uma onda é polarizada horizontalmente, quando o vetor do seu **campo elétrico** é paralelo à superfície da Terra, e é polarizada verticalmente quando esse vetor é perpendicular à superfície da Terra.

Nas baixas frequências (ondas longa e média), com transmissão ao longo do solo, todas as ondas são polarizadas verticalmente, porque as componentes horizontais produzem correntes no solo, que rapidamente absorvem a energia de tais componentes.

Nas frequências mais altas, o solo desempenha pequena influência e as ondas podem ter qualquer polarização.

Dispersão ou Difusão - Dispersão é a reflexão de ondas radioelétricas por massas irregulares existentes em zonas de camadas ionosféricas e troposféricas, ou ainda em superfícies irregulares da terra ou do mar.

Refração – se a atmosfera tivesse a mesma densidade, as ondas eletromagnéticas se propagariam em linha reta. Mas a atmosfera é muito irregular, portanto, há desvios na propagação dessas ondas.

Reflexão - Uma onda eletromagnética em propagação num meio “A”, ao atingir um meio “B”, com características diferentes do meio “A”, retorna ao meio “A” com um ângulo de reflexão igual ao ângulo de incidência.

Absorção - Uma onda eletromagnética é absorvida ao atingir um meio de propagação ou um corpo sólido com características muito diferentes do primitivo, que a superfície não seja condutora, ou seja, a energia da onda eletromagnética é transformada em calor.

Interferência - Se duas ou mais ondas eletromagnéticas chegam simultaneamente ao mesmo ponto do espaço, poderemos ter uma interferência. A quantidade dessas interferências dependerá da fase e da frequência das ondas envolvidas e não da atmosfera.

Superfícies boas condutoras refletem, ao passo que as más condutoras refratam. E a maioria dos materiais não reflete nem refrata completamente. Na prática, os efeitos sofridos pela onda eletromagnética incidente dificilmente ocorrerão isolados, ou seja, a difração, polarização, dispersão ou difusão, refração, reflexão, absorção e interferência ocorrem simultaneamente e em diferentes intensidades.

TRANSCEPTOR DE VHF-AM

(ICA 102-9 “CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS DOS EQUIPAMENTOS NAV/COM A BORDO DE AERONAVES” - 2008)

3 . EQUIPAMENTOS BÁSICOS

3.1.1 Toda e qualquer aeronave, que opere no espaço aéreo brasileiro, em rotas ou áreas sujeitas ao controle de tráfego aéreo, deverão possuir todas as frequências necessárias para operar em tais rotas ou áreas.

3.1.2 A faixa de frequências de VHF-AM utilizada no Brasil, para comunicações do Serviço Móvel Aeronáutico, está compreendida entre 118,000 e 136,975 MHz.

3.1.3 Todos os transceptores de VHF-AM devem operar com espaçamento máximo de 25 kHz, sob pena dos exploradores de aeronaves que não estiverem em conformidade com este requisito sofrerem restrições operacionais e/ou deixarem de acessar serviços ATS em determinadas classes de espaço aéreo. Estes transceptores deverão possuir as seguintes características mínimas:

3.1.3.1 Transmissor

a) estabilidade de frequência de $\pm 0,003\%$;

b) potência de saída de 5W; e

c) capacidade de, no mínimo, atingir um índice de modulação de 85%.

3.1.3.2 Receptor

a) sensibilidade de 3 microvolts para relação sinal/ruído de 6 dB;

b) no AGC, a variação do nível de saída de áudio não deve ser superior a 6 dB para sinais de entrada entre 5 microvolts e 50 milivolts; e

c) saída de áudio de 50 miliwatts de 600 Ohms.

3.1.4 Os transceptores instalados em aeronaves empregadas em voos internacionais deverão abranger a faixa de frequência de 118,000 a 136,975 MHz, perfazendo um total de 760 canais.

3.1.5 Os transceptores instalados em aeronaves empregadas em voos domésticos, dentro do espaço aéreo brasileiro poderão abranger somente a faixa de frequência de 118,000 a 135,975 MHz, perfazendo um total de 720 canais.

12.2 Características e modulação das ondas de rádio. Princípios dos transmissores e receptores.

Modulação - Uma onda eletromagnética transmitida em frequência e amplitude constantes é chamada de onda contínua ou brevemente CW (Continuous Wave). Essa onda não carrega nenhuma informação, portanto, num aparelho de rádio que a sintonize ouve-se apenas um ruído contínuo.

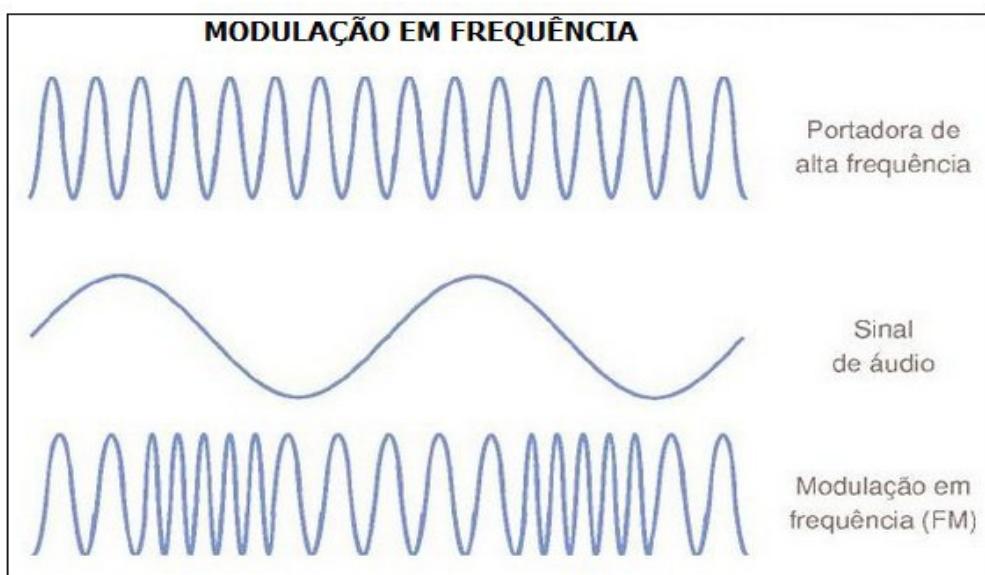
Entretanto, se essa onda for modificada por um sinal de áudio, alterando sua amplitude, frequência ou fase, ela carregará o sinal que a modificou, podendo ser ouvido no receptor sintonizado nessa frequência. A isto chama-se MODULAÇÃO.

A onda de rádio original chama-se POTADORA.

Modulação em amplitude (AM) – é o método de modular onde o sinal áudio modifica a amplitude da portadora. Neste caso, a frequência da onda portadora se mantém constante.

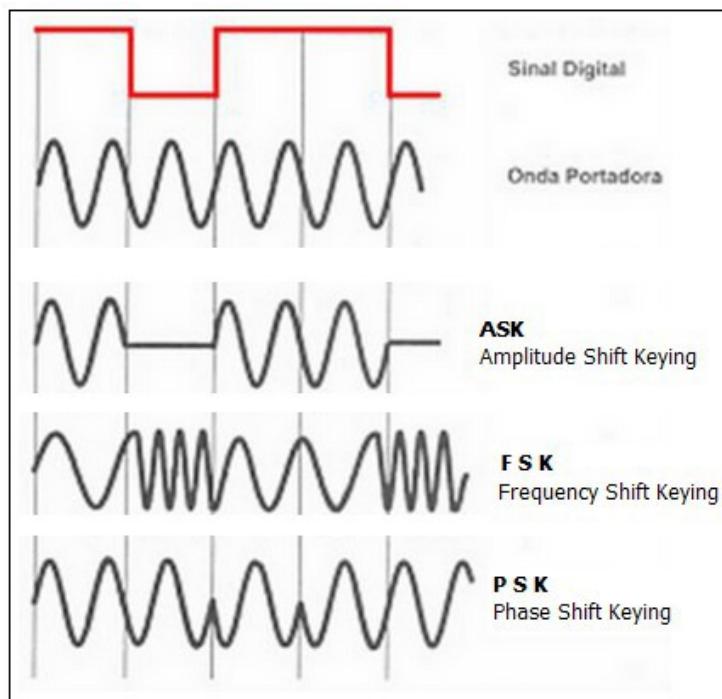


Modulação em frequência (FM) – é o método de modular em que o sinal de áudio provoca a variação da frequência da portadora, para cima e para baixo da sua frequência fundamental. Neste caso, a amplitude da portadora se mantém constante.



Modulação de Fase - Modulação em Fase (ou PM - Phase Modulation) é um tipo de modulação analógica que se baseia na alteração da fase da portadora de acordo com o sinal modulador (mensagem). Usada para transmissão de dados.

Princípios dos transmissores e receptores AM:



Modulação AM - A amplitude modulada resulta em três frequências separadas sendo transmitidas :

1. a frequência da portadora original,
2. uma banda lateral inferior (LSB - lower side band) abaixo da frequência da portadora,
3. uma banda lateral superior (USB - upper side band) acima da frequência da portadora.

As bandas laterais são "imagens espelhadas" de cada uma (180°) e contêm a mesma mensagem. Quando o sinal AM é recebido, estas duas frequências são combinadas para produzir os sons que ouvimos.

Cada banda lateral ocupa o mesmo espaço de frequência “que a mais alta frequência de áudio a ser transmitida”. Se a mais alta frequência de áudio que está sendo transmitida é de 5 kHz, então o espaço total de frequência ocupado por um sinal AM será de 10 kHz (a portadora ocupa espaço desprezível).

O espaço ocupado pela transmissão será maior quando mais alta for a frequência do áudio aplicado a portadora (mais agudo). Para que uma emissora de AM não interfira em outra e caiba assim mais emissoras no ar, o limite de modulação delas é de 5 KHZ,(as emissoras são separadas a 10 KHZ) sendo assim os sons mais agudos são atenuados

Os transmissores e receptores AM têm a vantagem de serem simples em projeto. Sua principal desvantagem é sua ineficiência: aproximadamente dois terços da potencia de um sinal AM é concentrada na portadora, (que não contém a informação). Somente um terço da potencia está dentro das bandas laterais, as quais contêm a informação do sinal, mas uma é praticamente desperdiçada. Outra desvantagem do AM sua suscetibilidade à estática e outras formas de ruído elétrico.

Modulação AM - SSB Single Side Band

Nos transmissores SSB, a portadora e uma banda lateral são removidas antes do sinal ser amplificado. Tanto a banda lateral superior (USB) como a banda lateral inferior (LSB) do sinal AM

original pode ser transmitida.

SSB é um modo muito mais eficiente de modulação em amplitude, pois toda a potência do transmissor é direcionada em transmitir a mensagem, portanto, tem um maior alcance. Um sinal SSB também ocupa apenas a metade da banda de frequência de um sinal AM puro similar.

Tecnicamente os transmissores e receptores SSB são mais complicados que os de AM pura.

A demodulação de um sinal de AM pura necessita da portadora, por isso, para demodular um sinal SSB, é necessário criar no receptor uma "portadora substituta".

A desvantagem do SSB é que a qualidade do áudio diminui (a voz fica afinada ou engrossada, metalizada, nunca igual à voz original não impedindo no entanto a compreensão da mensagem).

Não é adequado para radiodifusão.

O SSB é usado principalmente por operadores de radio amadores, serviços militares, marítimos e aeronáuticos, e outras situações onde operadores habilidosos e equipamentos receptores de qualidade são comuns.

Um transmissor genérico é composto pelos seguintes blocos:

- Oscilador,
- Amplificador da Portadora,
- Microfone,
- Amplificador do Microfone,
- Modulador,
- Amplificador Final,
- Massa ,
- Antena Transmissora.

Oscilador – tem a função de gerar uma corrente alternada na frequência da portadora.

Amplificador da Portadora – tem a função de amplificar, ou seja, aumentar a amplitude da portadora.

Microfone – tem a função de transformar a voz, que é uma onda sonora, em onda elétrica, com as mesmas características da voz.

Amplificador do Microfone – tem a função de amplificar, ou seja, aumentar a amplitude da onda elétrica da voz que vem do microfone.

Modulador (ou Misturador) – tem a função de mudar a amplitude ou a frequência (dependendo do tipo de modulação, AM ou FM) da onda portadora, de acordo com as características da onda elétrica da voz.

Amplificador Final – tem a função de amplificar, ou seja, aumentar a amplitude da onda elétrica que vem do Modulador e passar a Antena Transmissora a uma potência suficiente para alcançar a

Antena Transmissora – elemento de transmissão do sinal eletromagnético modulado.

Massa – tem a função de diminuir, ao mínimo, as interferências - rádio indesejáveis, levando essas interferências para serem absorvidas na estrutura da aeronave ou na terra.. Está presente em todos os módulos.

Um receptor genérico é composto pelos seguintes blocos:

- Antena Receptora,
- Sintonizador,
- Massa,
- Oscilador Local,
- Misturador,
- Amplificador de FI,
- Detector,
- Amplificador de Áudio,
- Alto-Falante.

Antena Receptora – tem a função de captar a onda-rádio da Estação Rádio que queremos ouvir (Estação Sintonizada) e transformar essa onda-rádio em onda elétrica.

Sintonizador – tem a função de selecionar apenas a frequência da portadora da Estação Rádio que desejamos ouvir.

Massa – tem a função de diminuir, ao mínimo, as interferências-rádio indesejáveis, levando essas interferências para serem absorvidas na estrutura da aeronave ou na terra.. Está presente em todos os módulos.

Oscilador Local – tem a função de gerar uma onda elétrica, no valor da frequência da portadora da Estação Rádio sintonizada mais o valor da Frequência Intermediária.

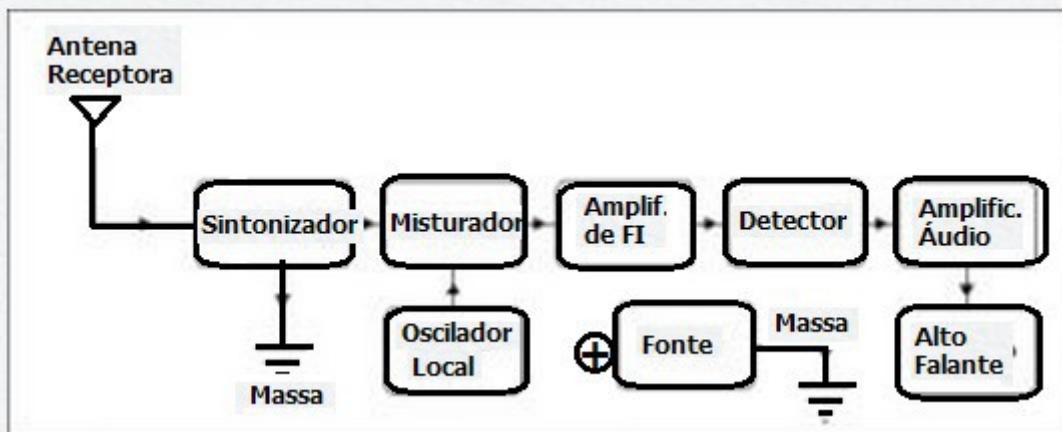
Misturador – tem a função de misturar a frequência do Oscilador local com a frequência da portadora da Estação Rádio sintonizada, originando uma onda elétrica denominada Frequência Intermediária, que possui uma frequência fixa, mas com as mesmas características da amplitude modulada da Estação Rádio sintonizada.

Amplificador de FI (Frequência Intermediária) – tem a função de amplificar, ou seja, aumentar a amplitude da onda elétrica da FI.

Detector – tem a função de separar a onda elétrica da voz da onda elétrica da portadora da FI.

Amplificador de Áudio – tem a função de amplificar, ou seja, aumentar a amplitude da onda elétrica da voz.

Alto - Falante – tem a função de transformar a onda elétrica da voz em onda sonora (onda mecânica) da voz, com as mesmas características, para que possamos ouvi-la.



TRANSECTOR DE HF-AM

(ICA 102-9 “CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS DOS EQUIPAMENTOS NAV/COM A BORDO DE AERONAVES” - 2008)

3.2 TRANSECTOR DE HF

3.2.1 TRANSMISSOR:

- a) faixa de frequência: 2,0 a 18,0 MHz;
- b) operação: SSB-USB;
- c) número de canais: 05 (cinco);
- d) potência de saída: 100 W PEP; e
- e) estabilidade de frequência: + 0,005%.

3.2.2 RECEPTOR:

- a) faixa de frequência: 2,0 a 18,0 MHz;
- b) operação: SSB-USB;
- c) número de canais: 05 (cinco);
- d) sensibilidade: 1 microvolts para uma relação sinal/ruído de 10 dB;
- e) seletividade: 2,85 kHz - 6 dB e 6,50 kHz - 60 dB; e
- f) saída de áudio: 50 miliwatts em 600 Ohms.

Princípios dos transmissores e receptores FM:

Modulação FM - A frequência não modulada de um sinal FM é chamada de frequência central. Quando um sinal modulado é aplicado, a frequência do transmissor de FM irá variar acima e abaixo da frequência central, conforme a frequência do sinal modulante.

A quantidade de variação da frequência é chamada de desvio. O espaço de frequência total ocupado por um sinal de FM é o dobro de seu desvio.

O desvio de uma emissora de FM é 75 kHz, para um espaço total de frequência de 150 kHz, permitindo assim a transmissão de música em alta fidelidade sem cortes nos agudos.

A maioria dos outros usuários de FM (departamentos de polícia, bombeiros e etc que só transmitirão a voz, usam um desvio de 5 kHz, para um espaço total de frequência ocupada de 10 kHz. Por estas razões, a FM é usada principalmente em frequências acima de 30 MHz, onde há espaço de frequência disponível.

A grande vantagem do FM é a sua qualidade de áudio e imunidade a ruído. A maioria das formas de

ruído estático e elétrico são de amplitude modulada e de baixa frequência, por isso os sinais de FM são imunes a essas interferências.

A principal desvantagem do FM é a quantidade de espaço de frequência que um sinal requer e o alcance limitado à linha do horizonte.

12.3 Sistema VHF – Características. Funcionamento. Alcance.

O sinal de rádio da faixa de VHF se propaga em linha reta, tendo alcance teórico até a linha do horizonte, não contornando obstáculos de grande porte tais como montanhas. Isso significa que o alcance médio é de 60 Km para estações terrestres em local plano e sem obstáculos.

Para as aeronaves em voo, os alcances se ampliam, conforme a altitude. Assim, por exemplo, uma aeronave em voo, a 10.000 ft, pode se comunicar com uma estação a 240 Km de distância, enquanto que voando a 30.000 ft, pode se comunicar a 410 Km. Essas distâncias dependem também da potência dos transmissores de base e da aeronave.

13 - ANEXOS

FICHA DE COMPENSAÇÃO DE BÚSSOLA																								
PREFIXO:	Nº DE SÉRIE:																							
DATA: _____ / _____ / _____																								
COMPENSAÇÃO			DETERMINAÇÃO DOS DESVIOS RESIDUAIS																					
PROA MAGNÉTICA	PROA BÚSSOLA	DESVIO Da	PROA MAGNÉTICA	PROA DE BÚSSOLA	PROA MAGNÉTICA	PROA DE BÚSSOLA																		
N 000			N		S																			
E 090			030		210																			
S 180			060		240																			
W 270			E		W																			
			120		300																			
			150		330																			
COEFIC "C" = [Da (N) - Da (S)] / 2																								
FOR																								
<table border="1"> <tr> <td>N</td> <td>30</td> <td>60</td> <td>E</td> <td>120</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="6">STEER</td> </tr> </table>							N	30	60	E	120	150							STEER					
N	30	60	E	120	150																			
STEER																								
COEFIC "B" = [Da (E) - Da (W)] / 2																								
FOR																								
<table border="1"> <tr> <td>S</td> <td>210</td> <td>240</td> <td>W</td> <td>300</td> <td>330</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="6">STEER</td> </tr> </table>							S	210	240	W	300	330							STEER					
S	210	240	W	300	330																			
STEER																								
ASSINATURA DO RESPONSÁVEL:																								

AVGAS			
	volume		massa
	1 Litro (l) =	1 US Gal =	1 Kg =
Litro (l)	1	3,85	1,40
US Gal	0,26	1	0,36
Kg	0,72	2,75	1
lb	1,58	5,97	2,20

FUELJET (KEROZINE)			
	volume		massa
	1 Litro (l) =	1 US Gal =	1 Kg =
Litro (l)	1	3,85	1,23
US Gal	0,26	1	0,32
Kg	0,81	3,12	1
lb	1,76	6,76	2,20