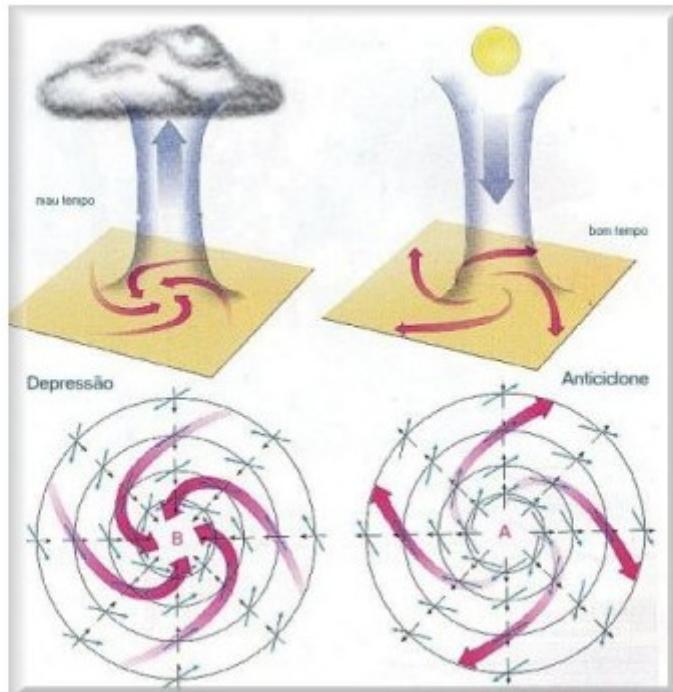


METEOROLOGIA AERONÁUTICA



Janeiro 2017

DISCIPLINA: METEOROLOGIA
Área curricular: Técnica

PEDRO BARROS NETO

ÍNDICE	PÁGINA
1. - Introdução à Meteorologia	2
2. - Atmosfera	10
3. - Aquecimento da Terra	17
4. - Pressão e sistemas de pressão	25
5. - Altimetria	35
6. - Água na atmosfera e densidade atmosférica	50
7. - Nuvens e nebulosidade	56
8. - Precipitações atmosféricas	67
9. - Nevoeiro, névoa úmida e névoa seca	70
10. - Visibilidade	74
11. - Estabilidade atmosférica	76
12. - Turbulência	84
13. - Ventos	94
14. - Massas de ar	115
15. - Frentes	121
16. - Trovoadas	129
17. - Formação de gelo em aeronaves	140
18. - Divulgação de informações meteorológicas	144
19. - Anexos	164

Referência: MCA 58-3/2004

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

Bibliografia:

<http://www.redemet.aer.mil.br/#>

<http://fisica.ufpr.br/grimma/aposmeteo/>

<http://www.avlan.net/info/material/Meteorologia%20Basica%20Resumo.pdf>

ICA 105-12/2011 – FRASEOLOGIA VOLMET

ICA 105-1 / 2012 DIVULGAÇÃO DE INFORMAÇÕES METEOROLÓGICAS

MCA 105-12/ 2012 MANUAL DE CENTROS METEOROLÓGICOS

FCA 105-2 /2012 CÓDIGO METEOROLÓGICO TAF

FCA 105-3/2010 CÓDIGOS METEOROLÓGICOS METAR E SPECI

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

1. Introdução à Meteorologia

- Reconhecer a importância dos fenômenos meteorológicos para a aviação.

1.1 Conceituação. Finalidade

A Meteorologia (do grego meteoro, que significa suspenso na atmosfera da Terra, e logos, que significa estudo) é a ciência que estuda os corpos presentes na atmosfera terrestre.

Modernamente, define-se a Meteorologia como a ciência que estuda os corpos na atmosfera que produzem fenômenos. Seus aspectos mais tradicionais e conhecidos são os prognósticos de tempo e a Climatologia.

- O tempo pode ser definido como o estado da atmosfera em determinado instante e lugar.
- O clima é definido como um "tempo meteorológico médio", ou seja, um conjunto de condições normais que dominam uma região, obtidas das médias das observações durante certo intervalo de tempo.

Portanto, o clima é o conjunto de toda a informação estatística sobre o tempo em determinado local.

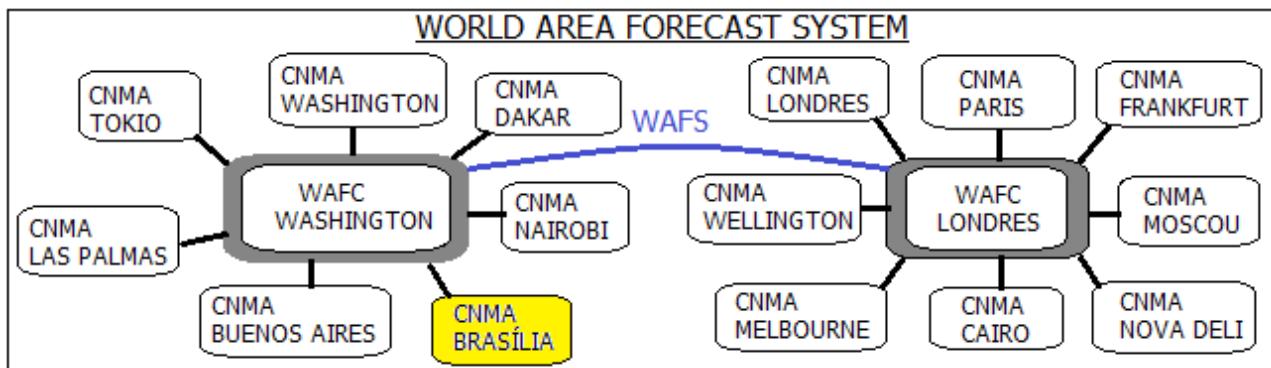
Conforme o seu emprego, a Meteorologia pode ser:

- Meteorologia Pura: é o estudo desta complexa e vasta ciência, nos campos de pesquisa da Sinóptica, Dinâmica, Biológica, Química etc...
- Meteorologia Aplicada: é o estudo das aplicações e descobertas da ciência Meteorologia, no emprego em atividades humanas como a marítima, aeronáutica, agrícola, etc...

ESTRUTURAÇÃO DA METEOROLOGIA AERONÁUTICA MUNDIAL:

ICAO - International Civil Aviation Organization: A Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), com sede em Montreal-Canadá, é o órgão dedicado a todas as atividades ligadas à aviação civil internacional, sendo um de seus principais objetivos possibilitar a obtenção de informações meteorológicas necessárias para a maior **segurança, eficácia e economia** dos voos.

WMO – World Meteorological Organization: A Organização Meteorológica Mundial (OMM), com sede em Genebra-Suíça, foi fundada em 1950 e tornou-se uma agência especializada das Nações Unidas (ONU) em 1951, para a Meteorologia (tempo e clima), hidrologia operacional e ciências geofísicas.

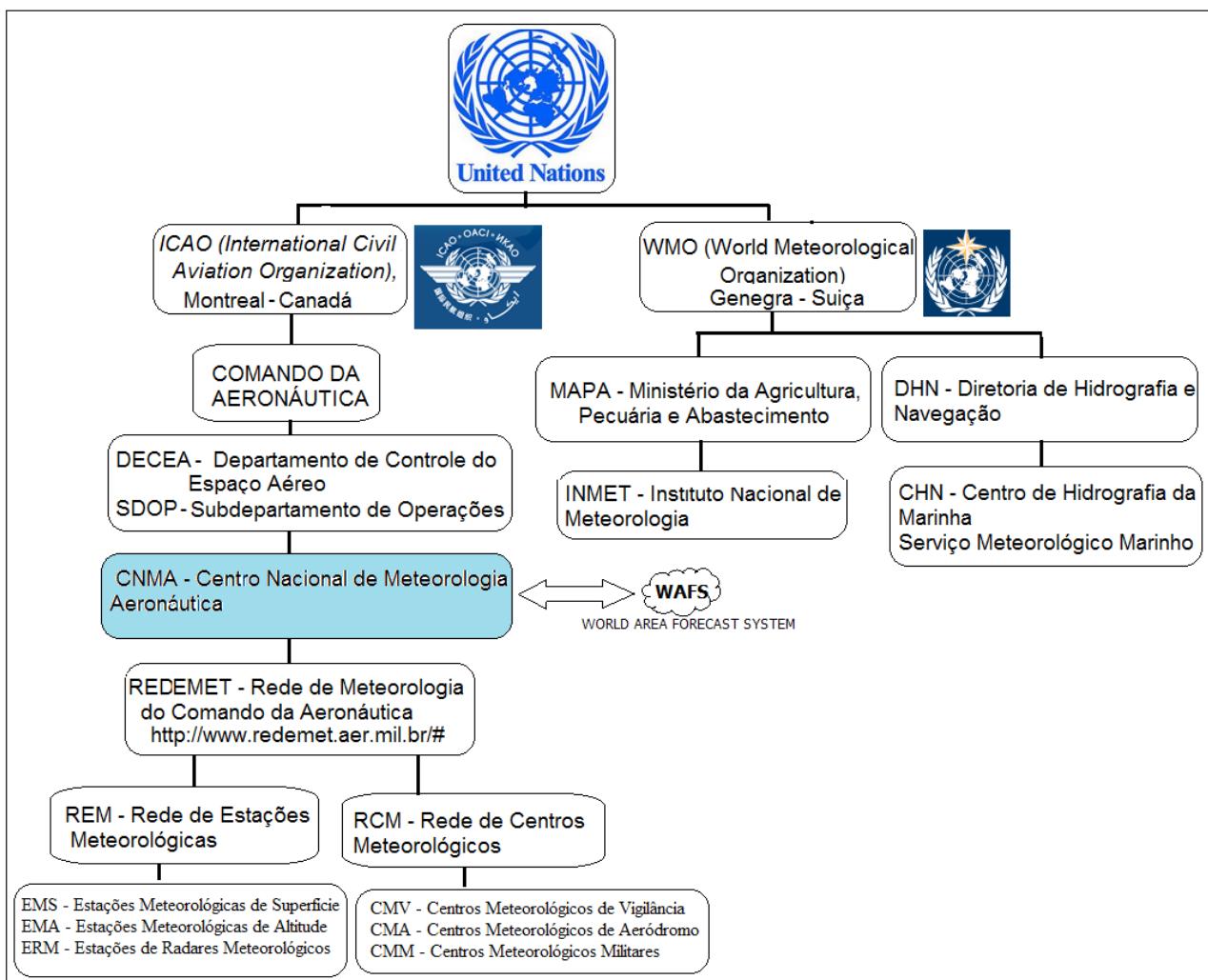


É composta por 189 membros, dentre eles, o Brasil. É um organismo das Nações Unidas, que

auxilia tecnicamente a OACI no tocante à elaboração de normas e procedimentos específicos de Meteorologia para a aviação, assim como no treinamento de pessoal da área.

WAFS – World Area Forecast System: O Sistema Mundial de Previsão de Área tem o objetivo de fornecer, aos usuários, previsões globais de Meteorologia Aeronáutica em formato digital, e informações meteorológicas em formato alfanumérico.

Este objetivo é alcançado por meio de um sistema mundial, completo, integrado e uniforme, de difusão de informações, aproveitando-se o máximo de novas tecnologias.



WAFC – World Area Forecast Center: Os Centros Mundiais de Previsão de Área são localizados em Washington e Londres, e têm como finalidades:

- preparar previsões globais de:
 - ventos e temperaturas em altitude;
 - umidade em altitude;
 - altitude geopotencial dos níveis de voo;
 - nível de voo e temperatura da tropopausa;

- direção, velocidade e nível de voo do vento máximo;
 - nuvens CB;
 - formação de gelo;
 - turbulência;
- b) preparar previsões globais de fenômenos de tempo significativo (SIGWX);
- c) difundir as referidas previsões, em formato digital, aos órgãos nacionais que prestam o Serviço de Meteorologia Aeronáutica e demais usuários;
- d) receber informações relativas à liberação accidental de materiais radioativos na atmosfera e sobre atividades vulcânicas, a fim de incluí-las nas previsões de fenômenos SIGWX.

NOTA: Em caso de interrupção das atividades de um WAFC, suas funções são assumidas pelo outro WAFC.

1.2 Importância da Meteorologia para a aviação

A informação meteorológica é vital para a segurança das operações aéreas, contribuindo para o conforto dos passageiros e facilitando o estabelecimento de rotas mais rápidas, econômicas e de voos regulares.

Embora os avanços da tecnologia aeronáutica tenham tornado as viagens menos sensíveis a determinados aspectos do estado do tempo, a meteorologia é essencial para a eficiência das operações de voo. Cada vez mais, além da segurança, busca-se um melhor aproveitamento do espaço aéreo, e, nesse contexto, as informações meteorológicas são decisivas.

PARA O PILOTO - o conhecimento prévio das condições meteorológicas é de vital importância para o planejamento e realização do voo. Os fenômenos meteorológicos podem interferir no desempenho da aeronave, na sua segurança e dos usuários e na economia de tempo e combustível, durante as diversas etapas do voo: carregamento, taxiamento, decolagem, voo, pouso, e até na sua manutenção.

O conhecimento das condições meteorológicas presentes nos aeródromos de partida e destino é imprescindível para a realização ou não do voo. Além disso, ele precisa saber se a operação dos aeródromos vai sofrer alterações por motivos meteorológicos, necessitando, então, de informações precisas relativas ao teto, à visibilidade, ao tempo presente, ao vento, bem como a que horas deverão ocorrer essas mudanças e por quanto tempo prevalecerão.

É imprescindível conhecer as condições em rota: direção e velocidade do vento ao longo da mesma, ocorrência de formação de gelo, de turbulência, de tempestades e trovoadas associadas a nuvens cúmulo-nimbos (CB), que possam acarretar desvios de rota e, por consequência, maior consumo de combustível.

PARA A TORRE DE CONTROLE (TWR) - além da visibilidade, é importante saber se a variação do vento interferirá na cabeceira da pista em uso e a que horas isto ocorrerá, bem como se a sua intensidade poderá comprometer a operação.

PARA O CONTROLE DE APROXIMAÇÃO DE AERÓDROMO (APP) - a formação de trovoadas associadas a nuvens CB requer a previsão da hora de início, duração e sua extensão. Assim, será

possível avaliar o comprometimento operacional, em virtude da limitação do espaço aéreo, ou seja, se o número de aeronaves na área terminal deverá ser reduzido.

PARA OS CENTROS DE CONTROLE DE ÁREA (ACC) - é imprescindível, para um ACC, saber quais as rotas aéreas que estão sob a influência de condições meteorológicas adversas, interferindo na operação. Ter a perfeita noção do momento em que novas rotas serão afetadas operacionalmente, qual volume do espaço aéreo será comprometido e o desvio mais seguro nestas condições.

1.2.1 - METEOROLOGIA AERONÁUTICA NO BRASIL

1. Comando da Aeronáutica.
2. DECEA – Departamento de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro.
3. SDOP – Subdepartamento de Operações.
4. SISCEAB – Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro.
5. CNMA - Centro Nacional de Meteorologia Aeronáutica.
6. AIS – Serviço de Informações Aeronáuticas (<http://wwwaisweb.aer.mil.br/>)
7. REDEMET – Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica.
(<http://wwwredemet.aer.mil.br/#>).
8. INFRAERO – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária.



O CNMA é o principal Centro de Meteorologia do SISCEAB. Com sede em Brasília, coleta todas as informações meteorológicas básicas fornecidas pela rede de estações meteorológicas e faz a análise e o prognóstico do tempo significativo para sua área de responsabilidade – área delimitada

pelos paralelos 12°N / 40° S e meridianos 010° W / 080° W, preparando cartas meteorológicas de tempo significativo, e também repassando as previsões recebidas dos WAFC e outras informações meteorológicas de interesse aeronáutico aos demais centros da rede.

Produtos Meteorológicos da REDEMET:

Aqui estão reunidas as informações meteorológicas necessárias aos aeronavegantes para que os voos possam ser realizados e planejados com segurança, eficácia e economia.

- Cartas Auxiliares
- Cartas de Vento
- Cartas SIGWX
- Consulta de Mensagens
- Imagens de Satélite
- Meteorograma
- Plotagem de METAR
- Prognóstico On-line
- Radares Meteorológicos
- Tempo nos Aeródromos

FASES DO TRABALHO DA METEOROLOGIA AERONÁUTICA

1. OBSERVAÇÃO: Esta é a fase onde é realizada uma verificação visual das condições de tempo, ou por instrumentos de medição, e são feitas por EMS ou EMA.
2. DIVULGAÇÃO: As informações obtidas na fase anterior, são transmitidas para outras estações meteorológicas.
3. COLETA: É a recepção das informações da fase de observação.
4. ANÁLISE: Nesta fase, as informações transmitidas e coletadas serão analisadas, para posteriormente serem fornecidas sob forma de previsão de tempo.
5. EXPOSIÇÃO: É a entrega das observações, análises e previsões ao aeronavegante. Esta exposição é feita nas salas AIS ou no site <http://www.redemet.aer.mil.br/#>

ESTRUTURA DA REDEMET:

RCM - Rede de Centros Meteorológicos - Elabora informações meteorológicas visando o apoio à navegação aérea.

Classificação:

- Centros Meteorológicos de Vigilância (CMV)
- Centros Meteorológicos de Aeródromo (CMA)
- Centros Meteorológicos Militares (CMM)

Centro Meteorológico de Vigilância (CMV)

Os Centros Meteorológicos de Vigilância, associados ao ACC (Centro de Controle de Área) da FIR, têm por finalidade monitorar as condições meteorológicas reinantes de sua área de vigilância, visando apoiar os órgãos de Tráfego Aéreo e as aeronaves que voam no espaço aéreo sob responsabilidade desse ACC. Há quatro Centros Meteorológicos de Vigilância no País:

1. Amazônico SBAZ;
2. Brasília SBBS;

3. Recife SBRE;
4. Curitiba SBCW;

Como órgão meteorológico de apoio à vigilância, o CMV vale-se do auxílio de uma ERM (Estação de Radar Meteorológico), que acompanha a evolução dos fenômenos em sua área de atuação. Ao detectar fenômenos não previstos nas mensagens já expedidas, mas que possam colocar em risco as operações de voo, o CMV expede mensagens SIGMET e AIRMET, as quais serão tratadas posteriormente.

Como apoio às aeronaves em voo, o CMV mantém um sistema de comunicações terra/avião, denominado VOLMET, com a finalidade de transmitir as informações de maior interesse e urgência.

Centro Meteorológico de Aeródromo (CMA)

Situam-se nos principais aeroportos internacionais, junto à Sala de Informações Aeronáuticas (AIS). Esses centros se destinam a prestar serviços meteorológicos à navegação aérea, dentro de sua área de responsabilidade. Entre suas atribuições, destacam-se as mensagens TAF, GAMET, AVISO DE AERÓDROMO e WS WRNG, as quais serão tratadas posteriormente.

Considerando-se o movimento de aeronaves e a importância dos voos, os CMA são classificados em CMA-1, CMA-2 e CMA-3, sendo que os centros classe “1” são os de maior importância e exatamente aqueles responsáveis pela elaboração da mensagem TAF. Atualmente, os centros de Porto Alegre, Guarulhos, Galeão, Brasília, Recife, Belém e Manaus são do tipo CMA-1.

Centro Meteorológico Militar (CMM)

Centros meteorológicos que têm por finalidade prestar apoio meteorológico específico à aviação militar. Normatizado pelo MCA 105-1 “Manual de Centros Meteorológicos Militares”.

REM - Rede de Estações Meteorológicas - Coleta, processa e registra dados meteorológicos de superfície e altitude para a Meteorologia Aeronáutica em apoio a navegação aérea.

Classificação:

- Estações Meteorológicas de Superfície (EMS)
- Estações Meteorológicas de Altitude (EMA)
- Estações de Radares Meteorológicos (ERM)

Estação Meteorológica de Superfície (EMS)

As EMS são implantadas nos aeródromos e coletam dados meteorológicos representativos das condições na pista de pouso. São equipadas com sensores automáticos para obtenção de medidas de direção e velocidade do vento, altura da base das nuvens, alcance visual na pista (RVR), pressão no nível do mar para ajuste do altímetro, pressão no nível da pista, temperaturas do ar e do ponto de orvalho.

Os dados colhidos são codificados nas mensagens METAR, SPECI e SYNOP e transmitidos aos bancos de dados, para uso dos serviços de meteorologia, da navegação aérea e dos demais usuários

Estação Meteorológica de Altitude (EMA)

As Estações Meteorológicas de Altitude têm por finalidade coletar, através de Radiossondagem,

dados de pressão, temperatura, umidade, direção e velocidade do vento, nos diversos níveis da atmosfera.

Estação de Radar Meteorológico (ERM)

As Estações de Radares Meteorológicos têm por finalidade fazer vigilância constante na área de cobertura dos radares e divulgar as informações obtidas por meio rápido e confiável aos (CMV) Centros Meteorológicos de Vigilância.

BANCO OPMET DE BRASÍLIA

O Banco OPMET de Brasília está instalado no CNMA, localizado no CINDACTA I, em Brasília, e está ligado à REDEMET, ao WEBMET, ao Terminal WAFTS, à AFTN e ao AMHS.

Os Serviços de Meteorologia Aeronáutica de outros países podem armazenar suas informações meteorológicas no Banco OPMET de Brasília, pela AFTN, desde que tais informações e respectivas localidades estejam cadastradas no referido Banco.

O Banco OPMET de Brasília aceita mensagens de solicitação de todos os assinantes da AFTN e da REDEMET.

FUNÇÕES

O Banco OPMET de Brasília tem as seguintes funções:

- recepção, seleção, armazenamento e envio automático de informações meteorológicas para endereçamentos predeterminados;
- reconhecimento das mensagens de solicitação de informações meteorológicas, recebidas via AFTN; e
- envio automático de informações meteorológicas ao destinatário assinante da AFTN, que as tenha solicitado, com possibilidade de envio adicional a outros destinatários.

AFTN- Aeronautical Fixed Telecommunication Network - Rede de Telecomunicações Fixas Aeronáuticas.

AMHS - ATS Message Handling System - Sistema de Tratamento de Mensagens ATS.

2. Atmosfera

- Caracterizar atmosfera terrestre.

A atmosfera terrestre é uma fina camada de gases presa à Terra pela força da gravidade. A atmosfera protege a vida na Terra, absorvendo a radiação ultravioleta solar, aquecendo a superfície por meio da retenção de calor (efeito estufa), e reduzindo os extremos de temperatura entre o dia e a noite. Visto do espaço, o planeta Terra aparece como uma esfera de coloração azul brilhante. Esse efeito cromático é produzido pela dispersão da luz solar na atmosfera.

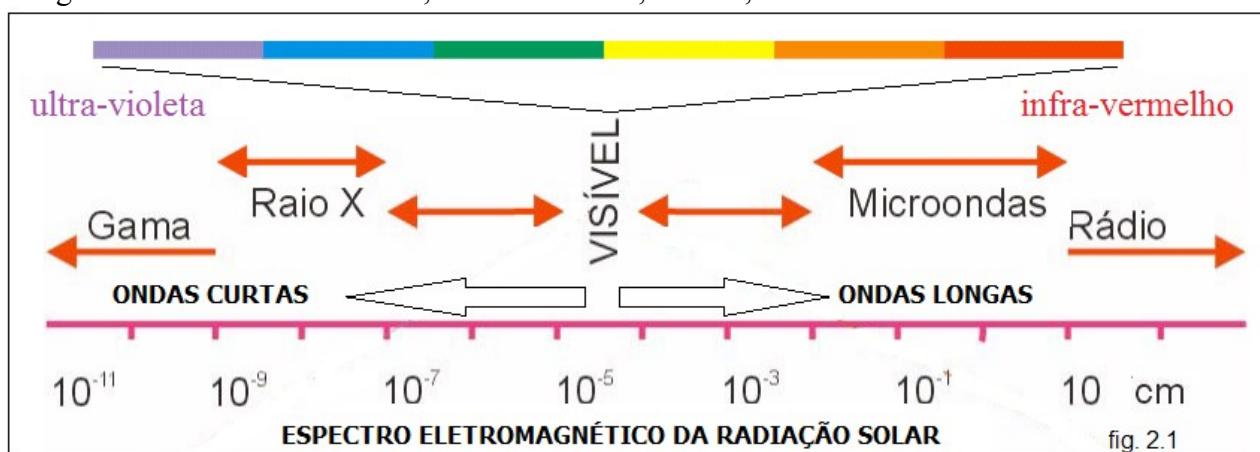
Energia recebida pela terra (Insolação):

A atmosfera terrestre se mantém em movimento constante pelo efeito do calor do sol.

Constante solar (F_{sol}) $1,96 \text{ cal / min / cm}^2$, ou $1.367,5 \text{ W/m}^2$ ($J / s / m^2$).

Área da Terra $(6,3 \times 10^6)^2 \times 3,14 \text{ m}^2 = 124,63 \times 10^{12} \text{ m}^2$.

Energia recebida $124,63 \times 10^{12} \times 1.367,5 = 170,43 \times 10^{15} \text{ W}$.



Propriedades da atmosfera: Reflexão, Absorção e Difusão.

A energia solar, incidente sobre a atmosfera e a superfície terrestre, terá um destes três destinos:

1. Refletida de volta para o espaço.
2. Absorvida pela superfície terrestre (terrás e águas), pelo vapor d'água ou pelos gases atmosféricos.
3. Difundida ou dispersa por partículas.

Os processos de absorção, reflexão e difusão da radiação solar pela atmosfera promovem a atenuação da irradiância solar que atinge a superfície terrestre (denominada de global) em relação aos valores observados no topo da atmosfera.

A energia refletida e o Albedo:

Parte substancial da energia incidente na atmosfera terrestre é reenviada para o espaço.

As nuvens, as massas de gelo e neve e a própria superfície terrestre, são razoáveis reflectores, reenviando para o espaço entre 30 e 40% da radiação recebida (média de 35% ou 0,35).

A esta razão entre a radiação refletida e incidente chama-se ALBEDO.

A equação do Albedo é: $A = R / I$

onde R = radiação refletida e I = radiação incidente.

Ver tabela nos Anexos.

Absorção:

1. Pelas nuvens e elementos atmosféricos: 19%.
2. Pela superfície (terrás e águas): 51%.

Nota: As energias mais penetrantes da radiação solar, as ondas curtas, são os raios ultravioleta, raios-X e raios Gama. A absorção seletiva dos raios ultravioleta se dá na camada de ozônio, entre 25 Km e 50 Km de altitude. Já a radiação infravermelha, ondas longas, é absorvida nos níveis inferiores, principalmente pelo vapor d'água, poeiras e oxigênio molecular.



BALANÇO ENERGÉTICO DO SISTEMA TERRA-ATMOSFERA

Difusão ou espalhamento (parcela do Albedo):

6% da radiação solar é perdida por difusão da luz de menor comprimento de onda, azuis e violetas, o que faz com que o céu seja azul. Este processo é responsável pela restrição da visibilidade na presença de fumaça ou névoa seca. A difusão produz as colorações avermelhadas do sol no nascente ou no poente, pela maior espessura da atmosfera no caminho da luz até o observador.

O efeito estufa:

É um processo que ocorre quando uma parte da radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre é absorvida por nuvens e determinados gases presentes na atmosfera. Como consequência disso, o calor fica retido, não sendo libertado para o espaço.

O efeito estufa, dentro de uma determinada faixa, é de vital importância pois, sem ele, a vida como a conhecemos não existiria. Serve para manter o planeta aquecido, e assim, garantir a manutenção

da vida. É mais acentuado nos grandes centros urbanos, por causa da emissão de partículas e gases.

2.1 Composição, extensão e divisões verticais da atmosfera – Troposfera. Tropopausa

O ar seco contém, em volume, cerca de 78,09% de nitrogênio, 20,95% de oxigênio, 0,93% de argônio, 0,039% de gás carbônico e pequenas quantidades de outros gases. O ar contém uma quantidade variável de vapor de água, em média 1%, mas que não faz parte da composição da atmosfera.

A atmosfera tem uma massa de aproximadamente 5×10^{18} kg, sendo que três quartos dessa massa estão situados nos primeiros 11 km desde a superfície.

A atmosfera terrestre torna-se mais tênue com o aumento da altitude, e pode ser percebida até na altitude de 120 km.

Capacidade – é a propriedade da atmosfera reter vapor d'água. O vapor d'água na atmosfera encontra-se principalmente nas camadas mais baixas da atmosfera (75% de todo o vapor d'água está abaixo dos quatro mil metros de altitude) e exerce o importante papel de regulador da ação do Sol sobre a superfície terrestre.

A quantidade de vapor varia muito em função das condições climáticas, nas diferentes regiões do planeta. Os níveis de evaporação e precipitação são compensados até chegar a um equilíbrio na baixa atmosfera.

O ar, em algumas áreas, como desertos, pode estar praticamente isento de vapor de água, enquanto que em outras, pode chegar a ao nível de saturação, algo muito comum nas regiões equatoriais, onde a precipitação pluvial é frequente o ano todo.

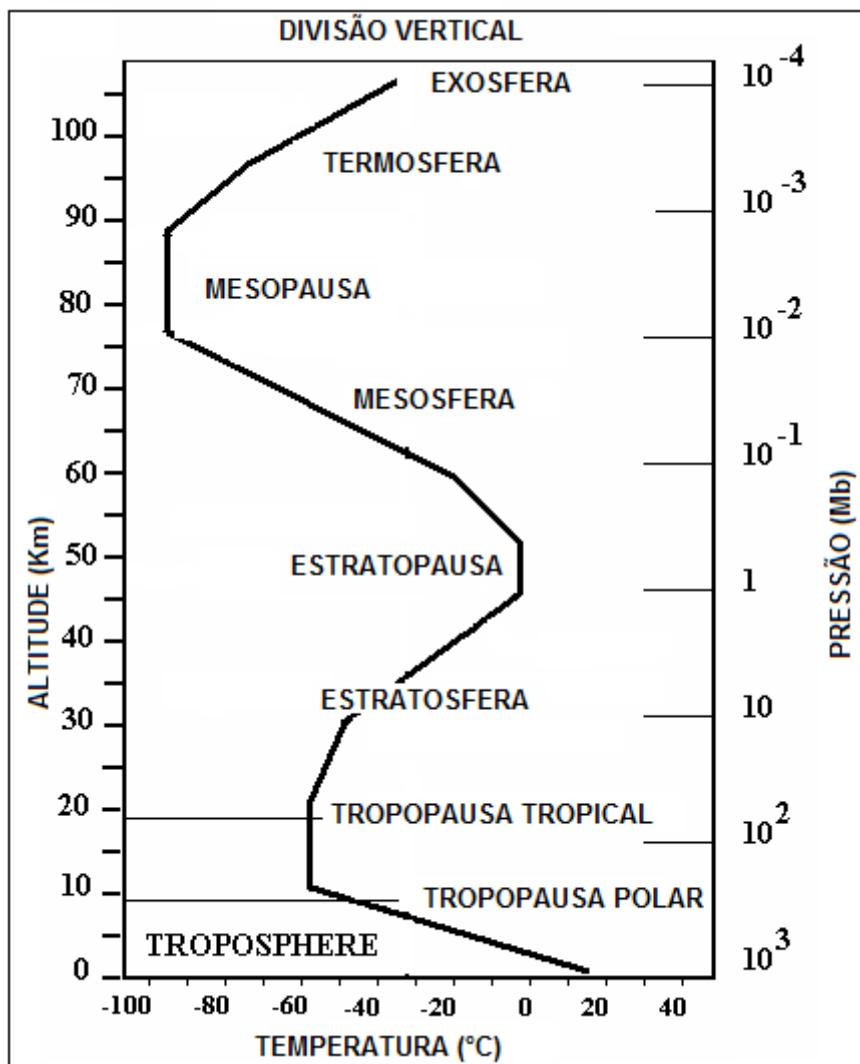
Composição, extensão e divisões verticais da atmosfera - A temperatura da atmosfera terrestre varia entre camadas, em altitudes diferentes, permitindo que haja uma relação entre temperatura e altitude, que é o principal parâmetro que serve de base para a classificação das diferentes camadas atmosféricas.

A atmosfera está convencionalmente estruturada em quatro camadas. Os contatos entre essas camadas são áreas de descontinuidade, e recebem o sufixo "pausa" após o nome da camada subjacente:

1. Troposfera;
 - Tropopausa;
2. Estratosfera;
 - Estratopausa;
3. Mesosfera;
 - Mesopausa;
4. Termosfera;

A partir do topo da Termosfera, está a região de fronteira com o espaço, denominada Exosfera.

TROPOSFERA - é a camada atmosférica que se estende da superfície da Terra até a Tropopausa.



Fenômenos meteorológicos - Praticamente todos os fenômenos meteorológicos estão confinados a esta camada. É o principal meio de transporte de massas (água, partículas sólidas, poluentes, etc.), energia (energia térmica recebida do sol), e quantidade de movimento (ventos) sobre a superfície da terra, dando origem assim aos principais fenômenos meteorológicos de interesse na hidrometeorologia.

Espessura da Troposfera: no Equador: 17 a 19 Km; Regiões temperadas (trópicos): 13 a 15 Km; Polos: 7 a 9 Km.

Percentual do ar atmosférico – Com cerca de 75% do ar atmosférico, é a única camada em que os seres vivos podem respirar normalmente.

Gradiente de temperatura – Positivo ou Normal: A temperatura decresce verticalmente na ordem de $0,65^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ou $2^{\circ}\text{C}/1.000\text{ ft}$. A faixa real de temperaturas, nas regiões dos trópicos (temperadas), inicia com 20°C no Nível Médio do Mar (MSL) e alcança -56°C no início da Tropopausa.

Particularidades:

CAMADA LIMITE ATMOSFÉRICA (CLA)

*Define-se a camada limite atmosférica como a região compreendida entre a superfície e uma altura variável entre 50 m (no inverno, durante a noite), até aproximadamente 2000 m (durante o dia, no verão, com muito sol). Admite-se **600m** como valor médio para a altura da Camada Limite. Apresenta um comportamento diferente do restante da troposfera, devido às interações com a superfície terrestre.*

Em geral, a base das nuvens de uma inversão térmica pode ser encontrada no topo da CLA.

Os poluentes atmosféricos são difundidos pela turbulência dentro da CLA e transportados a longas distâncias, até encontrar uma região de ocorrência de nuvens de grande desenvolvimento vertical que possam lhes transportar até a troposfera superior.

Existe uma camada de transição entre a CLA e a troposfera, na qual ocorre a intrusão de ar frio e seco. O ar da CLA sobre os continentes nas latitudes tropicais, em geral, é quente e úmido.

Os fluxos de calor, umidade e de poluentes ocorrem na base da CLA, a partir da superfície e, por isso, o fluxo turbulento de calor diminui verticalmente. Em geral, durante o dia, a CLA é uma camada convectiva, durante a noite, é estável junto à superfície que se resfria por perda radiativa do calor acumulado durante o dia.

TROPOPAUSA - é a camada intermediária entre a troposfera e a estratosfera. Aqui, cessam todos os fenômenos de tempo comuns à troposfera, embora possa ser atravessada pelas grandes trovoadas.

A principal característica da Tropopausa é a isotermia.

Sua estrutura é formada por três camadas: Sub-tropical, Tropical e Polar. Essas camadas são decorrentes das “correntes de jato” que ocorrem 3 Km abaixo da camada Tropical.

A distância da tropopausa em relação ao MSL, e as temperaturas, variam conforme as condições climáticas da troposfera e da latitude. Espessura média de 3 a 5 Km.

Sobre o Equador: Altitude máxima 57.000 pés (18,7 Km)temperaturas de até – 90°C.

Latitude 45°: Altitude máxima 45.000 pés (14,763 Km).....temperaturas de até – 55°C.

Sobre os polos: Altitude máxima 27.000 pés (8,858 Km)temperatura de até – 40°C.

ESTRATOSFERA – camada localizada entre a tropopausa e a estratopausa.

Fenômenos:

- Movimentos horizontais do ar. Camada estável para voos.
- Dispersão da luz solar (que origina o azul do céu).
- Na sua parte inferior, flui uma corrente de ar em jato, conhecida como jet stream, que exerce influência na meteorologia das zonas temperadas.

Espessura – base (variável) situada sobre a Tropopausa, com o topo alcançando 46 Km de altitude.

Percentual do ar atmosférico – estimado em 20 % .

Gradiente de temperatura - Negativo: nesta acamada a temperatura aumenta com a altitude pois o ozônio absorve radiação ultravioleta do sol, consequentemente, a estratosfera é aquecida.

A temperatura da base parte de – 56°C da tropopausa, e até 20 Km é praticamente isotérmica.

Entre 20 Km e 50 Km (ozonosfera) o ar se aquece até a temperatura de 13 °C. A partir daí, volta a cair até cerca de – 80°C.

Particularidades:

- Apresenta pequena concentração de vapor de água.
- É nesta camada que está situada a camada de ozônio, entre 30 e 50 km de altitude, que atua como um filtro, protegendo a Terra contra a radiação ultravioleta.

ESTRATOPAUSA - é a região limítrofe entre a estratosfera e a mesosfera. É onde a temperatura para de aumentar (fim da camada de ozônio), marcando o início da mesosfera. Sua temperatura se mantém em torno de 0°C (isotermia).

Os movimentos de ar nesta região são quase em sua totalidade horizontais, obedecendo aos ventos da estratosfera.

MESOSFERA – A mesosfera está situada entre a Estratopausa e a Mesopausa.

Fenômenos – aeroluminescência: é uma fraca emissão de luz resultante de reações químicas que envolvem o oxigênio, o nitrogênio, o sódio e o ozônio (quimioluminescência).

Espessura – Base situada sobre a Estratopausa e o topo a 76 km de altitude.

Percentual do ar atmosférico – estimado em 4 %.

Gradiente de temperatura – Positivo ou Normal: nesta camada a temperatura diminui com a altitude. Esta é a camada atmosférica onde há uma substancial queda de temperatura, partindo de 13°C e chegando até a -90°C em seu topo.

Particularidades – onde ocorre o início da combustão dos meteoritos.

MESOPAUSA - é a região da atmosfera que determina o limite entre uma atmosfera com massa molecular constante de outra onde predomina a difusão molecular.

TERMOSFERA – É uma classificação térmica. Ela é a camada da atmosfera localizada entre a mesopausa e o espaço exterior. A termosfera inclui a Exosfera e parte da Ionosfera.

Fenômenos - Na Termosfera, as radiações ultravioletas da luz solar são muito intensas, decompondo as moléculas em átomos e íons. Por isso, é também conhecida como Ionosfera.

Espessura – base situada entre 85 Km e 90 Km e o topo em 640 Km.

Percentual do ar atmosférico – estimado em 1%.

Gradiente de temperatura – Negativo: Sua temperatura aumenta rapidamente com a altitude. A temperatura da base é de -90°C podendo chegar a mais de 1000°C nas camadas superiores.

Particularidades - a densidade das moléculas é tão pequena que movem-se em trajetórias aleatórias, chocando-se raramente. Essa camada é da maior utilidade pelo fato de refletir as ondas de rádio, permitindo a comunicação fácil entre regiões afastadas.

O limite onde os efeitos atmosféricos são notáveis durante a reentrada atmosférica, fica em torno de 120 km de altitude. A altitude de 100 quilômetros, conhecida como a linha Kármán, também é usada frequentemente como o limite entre atmosfera e o espaço exterior.

EXOSFERA – É a zona de transição com o espaço exterior. Extremamente rarefeita, composta de 50% de hidrogênio e 50% de hélio. Existe grande variação de temperatura, onde durante o dia pode chegar a 2000°C e à noite cerca de -270°C .

2.2 Atmosfera–padrão OACI (ISA) – Conceituação. Composição. Valores

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”.

CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTAIS

- Temperatura de 15° C ao NMM (nível médio do mar).
- Pressão ao NMM 1013,25 hPa. ou $29,92^{\prime\prime}$ Hg ou 76 cm Hg.
- Gradiente térmico vertical $2^{\circ}\text{C} / 1.000$ pés ou $0,65^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$ ou $3,6^{\circ}\text{F} / 1.000$ pés.
- Densidade ao NMM $1,225 \text{ kg/m}^3$.
- Velocidade do som ao NMM 340 m/s.
- Temperatura da tropopausa $-56,5^{\circ}\text{C}$.
- 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.

NOTA: Em dias quentes, o som se propaga com mais velocidade do que nos dias frios, pelo fato de o ar quente ser menos denso do que o ar frio. Nos dias de frio intenso a velocidade do som pode chegar a 328,7 m/s.

3. Aquecimento da Terra

- Conceituar calor e temperatura.
- Compreender as conversões entre as escalas termométricas.
- Reconhecer os efeitos térmicos sobre o voo.

A Termologia ou Termofísica é a parte da Física que estuda o calor. Os fenômenos são interpretados a partir de modelos da estrutura da matéria, sob dois pontos de vista distintos, porém complementares: o macroscópico (temperatura, energia interna e pressão) e o microscópico (velocidade e energia cinética de átomos e moléculas).

3.1 Conceitações de calor e temperatura

O calor é a nomenclatura atribuída à energia térmica sendo transferida de um sistema a outro exclusivamente em virtude da diferença de temperaturas entre eles.

Calorimetria é a parte da física que estuda as trocas de energia entre corpos ou sistemas quando essas trocas se dão na forma de calor.

Quando um corpo cede ou recebe calor ocorrem duas transformações:

1. variação de temperatura (calor sensível).
2. mudança de estado físico (calor latente).

Temperatura - é a grandeza física que mede o estado de agitação das partículas de um corpo. A temperatura caracteriza o estado térmico de um corpo.

3.2 Transferência de calor: radiação solar e terrestre. Convecção e advecção. Evaporação.

Princípio fundamental da calorimetria - Se vários corpos, no interior de um recipiente isolado termicamente, trocam calor, os de maior temperatura cedem calor aos de menor temperatura, até que se estabeleça o equilíbrio térmico.

Como já vimos anteriormente, o fluxo de calor acontece no sentido da maior para a menor temperatura. Este trânsito de energia térmica pode acontecer pelas seguintes maneiras:

- Condução: A condução acontece principalmente em meios sólidos e essa forma de transferência de calor ocorre em razão do contato das partículas (átomos, elétrons e moléculas) que formam o corpo.
- Convecção: A convecção é o fenômeno da transferência de calor que se observa nos fluidos, gases e líquidos, e acontece em razão da diferença de densidade do fluido. O ar frio, que é mais denso que o ar quente do ambiente, desce, por **subsidiência**, e o ar quente sobe para ser refrigerado. Formam-se, dessa maneira, as correntes de convecção. A direção dessa corrente só é perfeitamente vertical em ambiente sem vento (ver advecção).
- Irradiação: Não depende de meio físico. A irradiação solar sobre a terra é um exemplo, pois se propaga no espaço, onde a maior parte da trajetória é vácuo.
- Advecção: Calor por advecção refere-se à mudança de temperatura de pontos terrestres devido à movimentação horizontal das massas de ar (ventos).

EVAPORAÇÃO

- A evaporação é um processo de resfriamento e contribui para o equilíbrio térmico da atmosfera.

3.3 Medição da temperatura – Escala Celsius

A técnica de uso dos termômetros na verificação das temperaturas recebe o nome de “termometria”.

TIPOS DE TERMÔMETROS - O instrumento usado para monitorar variações da temperatura do ar é o termômetro, e o registro das temperaturas, ao longo do tempo, é feita com Termógrafos.

Abaixo veremos alguns tipos de termômetros.

Termômetro de Líquido - composto de um tubo graduado preenchido com mercúrio ou álcool. Quando o ar se aquece, o líquido se expande e sobe na escala do tubo; quando o ar se esfria, o líquido se contrai e desce. Esse movimento, sobre uma escala graduada, vai propiciar a leitura visual da temperatura. Os de Mercúrio medem a temperatura do ar e os de Álcool são indicados para medições de temperaturas abaixo de -36°C .

Termômetro de Gases – mesmo conceito dos termômetros de líquido, só que preenchidos com gases como hidrogênio, hélio ou nitrogênio. Medem temperatura do óleo dos motores, conectados a um manômetro Bourbon.

Termômetro Thermocouple – funciona com um elemento eletrônico de estado sólido, o Termistor, que têm a característica de variar sua resistência elétrica em função da temperatura. A variação de temperatura provoca uma variação da corrente elétrica (Lei de Ohm), que é diretamente proporcional à temperatura. Este instrumento é normalmente usado em radiossondas e nos cabeçotes dos motores.

Termômetro elétrico – O elemento sensor elétrico é uma resistência de Platina, e a variação de temperatura altera a resistência do sensor. Utilizada para medir a temperatura externa do ar nas aeronaves.

Termômetro bimetálico – funciona pelo princípio da dilatação diferencial de uma haste de metais diferentes presos um contra o outro. A variação de temperatura faz com que essa haste se curve, empurrada pelo metal com maior coeficiente de dilatação, e esse movimento é transmitido a uma escala indicadora de temperatura. Têm resposta lenta e seu principal uso é no termógrafo, um instrumento que registra continuamente a temperatura.

A exatidão das medidas não depende apenas do instrumento mas de sua correta exposição. Ele deve estar naturalmente ventilado, protegido da radiação solar direta ou reflexo de outras superfícies, como paredes ou o solo, e da precipitação.

Para isso, é colocado num abrigo meteorológico pintado de branco e com venezianas para ventilação. Este abrigo normalmente está aproximadamente a 1 metro acima do solo, em área aberta, com grama, longe de árvores ou outros obstáculos.



TEMPERATURA NA METEOROLOGIA AERONÁUTICA

Estação Meteorológica Automática para Observação de Superfície - É composta de uma unidade de memória central ("data logger"), ligada a vários sensores dos parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento, etc), que integra os valores observados minuto a minuto e os envia automaticamente a cada hora.

Estação Meteorológica Convencional para Observação de Superfície - Uma estação meteorológica convencional é composta de vários sensores isolados que registram continuamente os parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento, etc), que são lidos e anotados por um observador a cada intervalo e este os envia a um centro coletor por um meio de comunicação qualquer.

Estação de Observação de Altitude ou de Radiossonda - A radiossonda é um conjunto de instrumentos e sensores para medir a temperatura do ar, umidade relativa e pressão atmosférica, enquanto é elevada na atmosfera até alturas típicas da ordem de 30 Km, por um balão inflado com gás hélio.

O deslocamento da sonda é registrado por uma antena GPS que permite a medida da direção e velocidade do vento. Os dados observados, minuto a minuto, são enviados via rádio para a estação receptora no solo que os processa, gera uma mensagem codificada e a envia para o Centro Coletor onde ocorrerá a distribuição global.

Temperatura Real do ar (TR) ou (OAT - Outside Air Temperature) - É a temperatura externa do ar onde ocorre o voo da aeronave.

Os termômetros colocados a bordo das aeronaves apresentam pequenos erros de indicação devido à radiação solar direta e à compressão e o atrito do ar. Por isso existem as seguintes definições da temperatura lida pelo piloto:

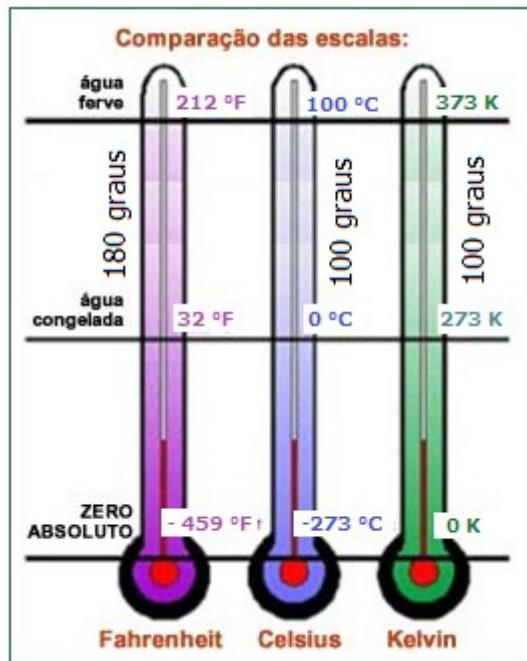
Temperatura Indicada (TI) ou(IAT Indicated Air Temperature) – valor de temperatura indicada no termômetro de bordo, sem qualquer correção.

Temperatura Calibrada (TC) ou CAT (Calibrated Air Temperature) – temperatura indicada mais a correção instrumental (fornecida pelo fabricante).

Temperatura Verdadeira (TV) ou TAT (True Air Temperature) – é a temperatura calibrada (TC) subtraída do Coeficiente de Aquecimento Dinâmico (DT), causado pelo atrito do ar com a aeronave. (ver tabela nos Anexos)

Escalas termométricas - as escalas mais usuais atualmente são a Celsius ($^{\circ}\text{C}$), a Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) e a Kelvin (K). Cada uma delas adota pontos fixos diferentes: a Celsius é amplamente usada na maior parte dos países, a Fahrenheit é ainda usada nos EUA, e a Kelvin é uma escala absoluta, de uso mais técnico e científico.

É possível escrever expressões matemáticas para fazer a conversão entre as escalas. Observe na figura abaixo os pontos fixos em que se baseiam as escalas Celsius e Fahrenheit. Já a escala Kelvin adota como origem o zero absoluto, que é o estado térmico em que as moléculas estão desprovidas de energia.



Expressões para conversão de temperaturas

<i>de</i>	<i>para</i>	<i>fórmula</i>
grau Celsius	grau Fahrenheit	$^{\circ}\text{F} = (^{\circ}\text{C} \times 1,8) + 32$
grau Fahrenheit	grau Celsius	$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) / 1,8$
grau Celsius	kelvin	$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15$
kelvin	grau Celsius	$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$

Partindo-se da relação entre os pontos fixos das escalas, podemos deduzir relações de transformação entre elas:

° C = temperatura em Celsius

K = temperatura em Kelvin

° F = temperatura em Fahrenheit

3.4 Distribuição da temperatura na atmosfera terrestre. Gradiente térmico vertical.

Camadas isotérmicas: causas e efeitos

Variações Sazonais na Temperatura - A temperatura do ar varia de lugar e como o decorrer do tempo em uma determinada localidade.

A distribuição da temperatura numa área é normalmente mostrada por meio de linhas isotérmicas, enquanto a variação da temperatura é representada em gráficos.

O que afeta a variação da Temperatura:

- Insolação recebida: O ângulo de incidência dos raios solares e a duração do dia são determinados pela latitude do lugar.
- Nebulosidade.
- Natureza da superfície: a água absorve 5 vezes mais calor do que o solo para aumentar sua temperatura. Sobre o continente, o atraso entre os períodos de temperatura de superfície máxima e mínima é de apenas um mês. Sobre os oceanos e locais costeiros, o atraso chega a dois meses.
- Distância dos corpos hídricos.
- Relevo.
- Natureza do vento predominante.
- Correntes oceânicas.

ISOTERMIA DAS CAMADAS ATMOSFÉRICAS

1. Tropopausa – sua principal característica é a isotermia : o gradiente térmico vertical é constante. Temperatura média de -56°C . Espessura de 3 a 5 km. Na região tropical, a tropopausa tem sua maior altitude em relação ao solo, isto se deve por causa das temperaturas maiores do ar na região.
Uma vez que a tropopausa está mais alta, a temperatura dos gases que a compõe tende a cair, portanto é no equador que a tropopausa atinge sua menor temperatura, chegando à -80°C .
2. Estratopausa - é a região limítrofe entre a estratosfera e a mesosfera. É onde a temperatura para de aumentar (fim da camada de ozônio), marcando o início da mesosfera. Sua temperatura se mantém em torno de 0°C (isotermia).

3.5 Variação da temperatura na superfície terrestre – Influências do ângulo de incidência solar, da natureza da superfície, da cobertura de nuvens e do vento

Variações de temperatura na superfície terrestre dependem diretamente da latitude e da estação do ano. O gradiente horizontal da temperatura média do ar é tanto maior quanto mais próximo dos polos for a zona que se considere.

Nas áreas circumpolares as isotermas médias anuais estão dispostas zonalmente, isto é, seguem aproximadamente os paralelos.

Na zona tropical, porém, a disposição das isotermas médias só apresenta essa tendência sobre os

oceano. Nos continentes sua distribuição espacial é bastante irregular, dada a heterogeneidade da superfície.

Isotérmicas (isotermas) – São linhas que unem pontos com a mesma temperatura nas cartas sinóticas. São plotadas com linhas tracejadas, na cor vermelha, em intervalos de 5°C e identificadas pelos respectivos valores, usando-se os sinais (+) para valores positivos e (-) pra valores negativos.

Aparece indicação da Isotérmica de 0°C nas cartas SIGWX.

Exemplo: 0° : 060

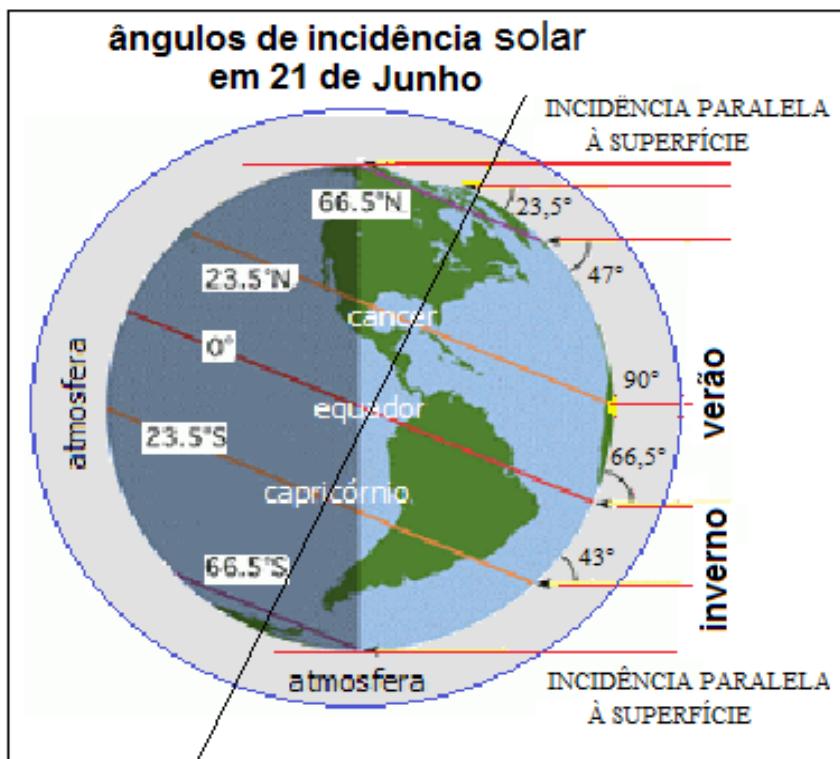
Ocorrência no FL 060 (6.000 pés).

A cobertura de nuvens afeta o fluxo tanto da radiação solar como da radiação terrestre.

A natureza da superfície determina o albedo (ver tabela nos Anexos) e a percentagem da radiação solar absorvida usada para aquecimento por calor sensível e aquecimento por calor latente.

Em consequência destes fatores, a temperatura do ar tem as seguintes variações:

- é maior na região equatorial e vai decrescendo para as latitudes mais altas;
 - é maior em janeiro do que em julho (no Hemisfério Sul);
 - é maior durante o dia do que à noite;
 - é maior sob céu claro do que nublado (durante o dia);
 - é maior onde há grande extensão de solo descoberto de vegetação;



As maiores temperaturas ocorrem na região entre os trópicos porque, dependendo da estação do ano, a incidência solar é perpendicular (direta), com duas consequências:

- a área iluminada é a mesma do feixe iluminante: concentração de 100%.

- a atenuação pela atmosfera é mínima, pois o feixe iluminante percorre somente a espessura normal da atmosfera.

As menores temperaturas ocorrem nas regiões polares, onde a incidência solar é inclinada, com duas consequências:

- a área iluminada é muito maior do que a área do feixe iluminante: dispersão elevada.
- A atenuação pela atmosfera é máxima, pois sua espessura chega a ser mais do dobro da normal, na trajetória do feixe iluminante.

As diferentes reações ao calor das massas terrestres e das massas de água contribuem para as variações, em macroescala, no aquecimento e resfriamento da superfície da Terra:

- As áreas terrestres aquecem-se e resfriam-se mais rapidamente que as massas de água.
- Durante a noite, a água conserva calor, enquanto a terra perde seu calor rapidamente para a atmosfera. Esta diferença de comportamento entre terra e água também influencia as temperaturas sazonais.
- No inverno, os climas marítimos são menos frios que os climas continentais de mesma Latitude;
- No verão, os climas marítimos são mais frescos que os continentais.

AS ESTAÇÕES DO ANO - são causadas pelo movimento de translação e pela inclinação do eixo de rotação da Terra em relação ao plano da órbita (plano da eclíptica).

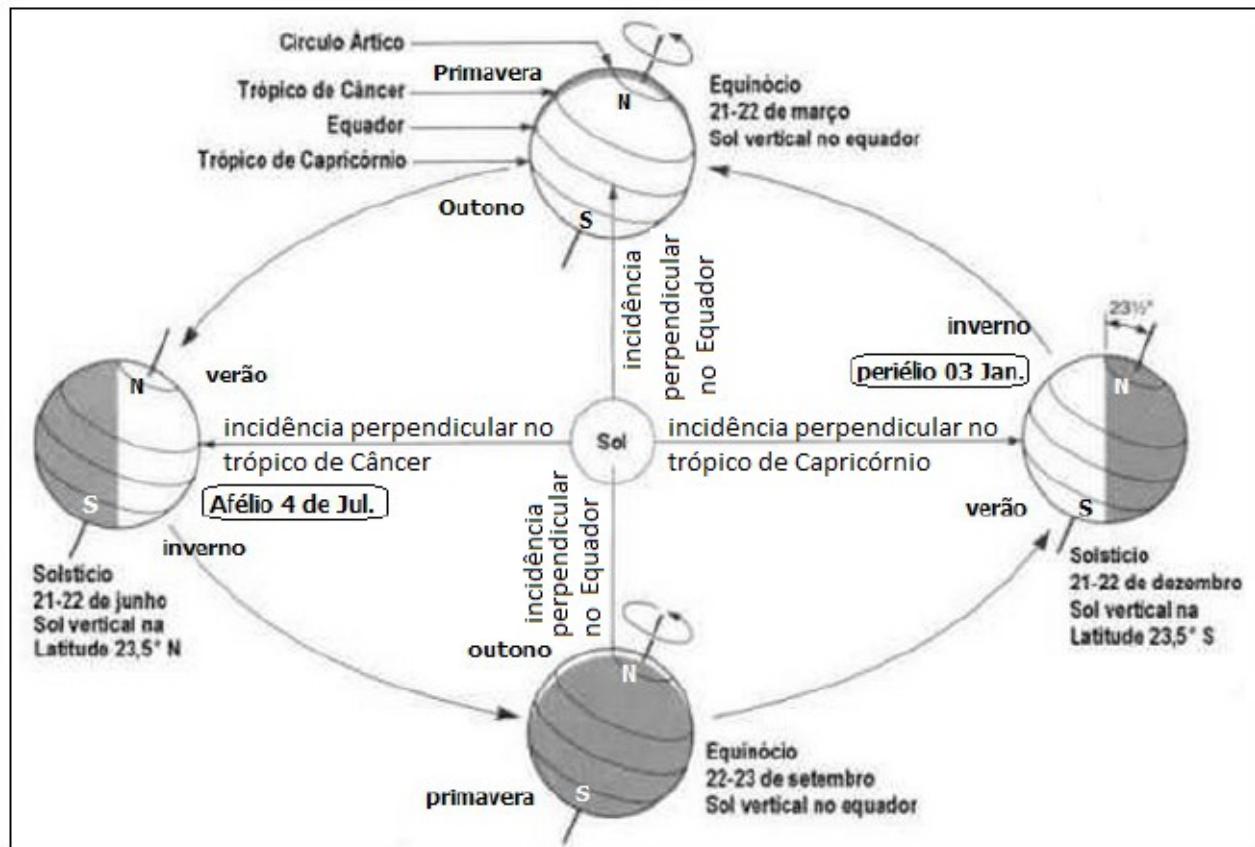
Essa inclinação de 23° e $27'$ faz com que a orientação da Terra em relação ao Sol mude continua e progressivamente no decorrer do ano. *Usando o Hemisfério Norte como exemplo, teremos:*

- 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.

PERIÉLIO (perto) - ocorre quando a Terra estiver mais próxima do Sol, em 3 de janeiro. A distância entre a Terra e o Sol é de aproximadamente 147,1 milhões de quilômetros. A radiação solar recebida

pela Terra terá o maior nível.

AFÉLIO (afastado) - ocorre quando a Terra estiver mais afastada só Sol, em 4 de julho. A distância entre a Terra e o Sol é de aproximadamente 152,1 milhões de quilômetros. A radiação solar recebida pela terra será 3,5% menor do que durante o Periélio.



4. Pressão e sistemas de pressão

- Conceituar pressão atmosférica.
- Interpretar as indicações dos barômetros.
- Reconhecer os efeitos dos sistemas báricos sobre o voo
- Descrever as relações envolvendo temperatura, pressão e densidade.

4.1 Pressão atmosférica – Conceituação. Variação diária. Efeitos sazonais

Pressão atmosférica - é a pressão exercida pela atmosfera num determinado ponto, entre o nível do mar e o topo da atmosfera.

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.

Equação da Pressão (Física):

$$P = F / A$$

Unidades de medida (SI) F = Newtons (N)
 A = m^2
 P – Pascal (Pa)

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 m^2 .

Outras unidades:

1000 hPa → 1,02 Kgf/cm²
1000 hPa → 750,6 mm Hg ou 1 mm Hg → 1,332 hPa ou 1 cm Hg → 13,32 hPa
1000 hPa → 29,53 pol³ Hg ou 1 pol³ Hg → 33,86 hPa
1000 hPa → 1 bar

Obs.: a força (F) da coluna de ar é calculada por: $F = V * \rho * g$

onde:

V = volume em m^3

ρ = (ρ_0) densidade absoluta do ar (no nível do mar, ISA: $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$)

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$ (aceleração da gravidade na latitude de 45°.)

A pressão total de uma mistura de gases é a soma das pressões individuais dos gases que a compõem (lei de Dalton).

		Pressão parcial no ar atmosférico seco(MSL)	
Gases	Percentual	mmHg	HPa
Nitrogênio (N ₂)	78	592,8	790,335
Oxigênio (O ₂)	21	159,6	212,78
Argônio (Ar)	0,93	7,68	9,42
Dióxido de Carbono (CO ₂)	0,039	0,29	0,39
Outros	0,031	0,23	0,31
TOTAL	100,00	760	1013,25

Variação diária ou “maré barométrica” - Na região intertropical, devido a alterações dos valores diurnos e noturnos de temperatura e umidade, e em situações de tempo relativamente estável, ocorre uma “maré barométrica”, registrada por Barógrafo, e com as seguintes características:

- pressões mais elevadas às 10 e às 22 horas;
- pressões menores às 04 e às 16 horas.

A maré barométrica só não será perceptível quando houver um sistema frontal ou linha de instabilidade no local do registro.

As maiores marés barométricas ocorrem na região Equatorial, onde a amplitude atinge 3 mb, enquanto que, nas regiões temperadas e em Latitudes elevadas, as variações irregulares da pressão mascaram completamente a maré barométrica, que só será percebida nas curvas médias de pressão.

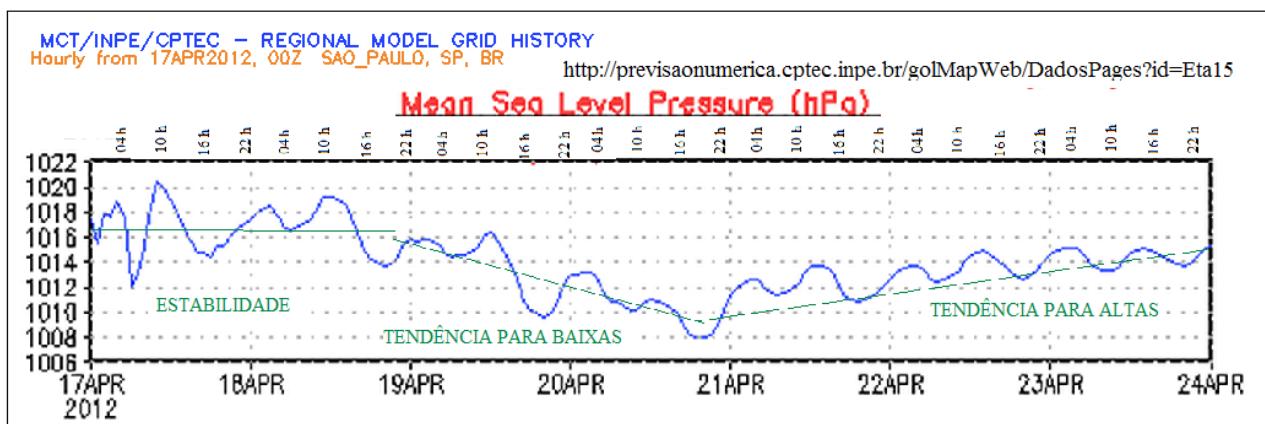
Na região intertropical, quando a maré barométrica não ocorre regularmente, é sinal de que o tempo vai mudar.

Efeitos sazonais – dependem das variações dinâmicas, de acordo com os deslocamentos das massas de ar e sistemas frontais.

Ex.: Se uma massa de ar mais fria ou mais seca se desloca para uma determinada região, a pressão aumenta e, se uma massa de ar mais quente ou mais úmida se desloca, haverá a diminuição da pressão atmosférica à superfície.

No gráfico abaixo, aparecem as flutuações da “maré barométrica diária”, acima e abaixo de um valor médio, e também, percebem-se claramente, três tendências dos valores médios das pressões ao longo do período registrado (inclinações do eixo horizontal):

1. no período de 17 a 18/04/2012, há uma tendência de estabilidade dos valores.
2. No período de 19 a 21/04/2012 há uma tendência para baixas.
3. No período de 21 a 24/04/2012 há uma tendência para altas.

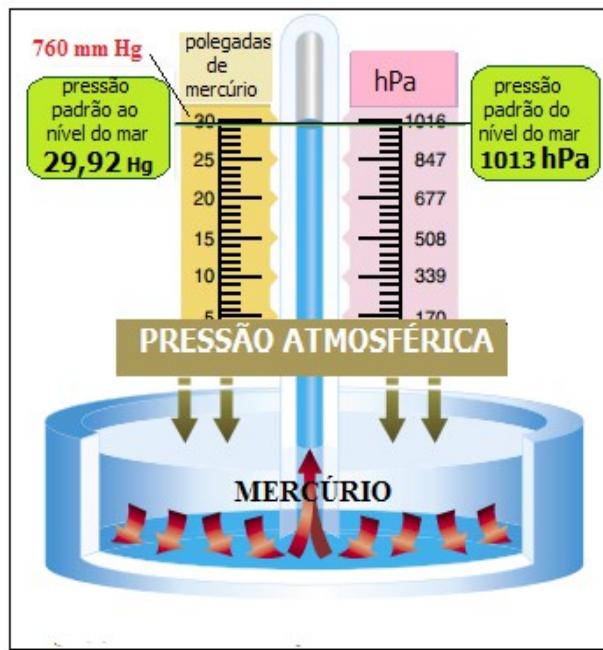


4.2 Medição da pressão – Barômetros: de mercúrio e cápsula aneroide

A pressão atmosférica é medida por barômetros. Há 2 tipos básicos de barômetros: mercúrio e aneroide

Barômetro de mercúrio - inventado por Torricelli em 1643 é mais preciso, porém muito

inconveniente para uso portátil ou em equipamentos, pelo seu princípio construtivo e tamanho.



O barômetro de Torricelli indica precisamente a pressão atmosférica do lugar onde está instalado. Inicialmente é ajustado para a altitude local em relação ao nível do mar (ponto 0).

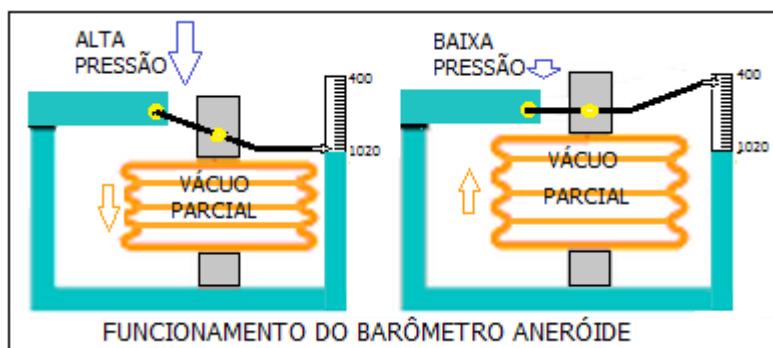
Algumas variações barométricas indicativas de alterações no tempo meteorológico:

- Descida lenta do mercúrio de 2 a 3mm no barômetro, em um período de 24 horas: lenta queda de pressão, sem mudança significativa do tempo.
- Queda de 2 a 3 mm em um período de 1h: iminente perturbação, chuvas.
- Queda forte de 6 a 10 mm em um período de 4 a 5 horas: tempestade.
- Ascensão rápida: tempo bom de pouca duração.
- Ascensão regular: tempo bom e seco, ou frio e seco, no inverno.

Barômetro Aneróide - é menos preciso do que o de mercúrio, porém mais portátil.

Consiste em uma câmara metálica em forma um tubo sanfonado, que faz o papel de mola. A câmara se comprime quando a pressão atmosférica cresce e se expande quando a pressão diminui.

Estes movimentos são transmitidos a um ponteiro sobre um mostrador que está calibrado em unidades de pressão.



Aneroides são usados nos barógrafos (instrumentos que gravam continuamente mudanças de pressão). Como a pressão do ar diminui com a altitude, um barômetro aneroide pode ser calibrado para fornecer altitudes, trabalhando como um altímetro.

4.3 Pressão ao nível médio do mar – Isóbaras e sistemas báricos: ciclones, anticiclones e cavados. Condições de tempo associadas

Nível Médio do Mar (NMM) (do inglês MSL: Mean Sea Level)- é a altitude média da superfície do mar. O NMM é utilizado como referência para as altitudes dos acidentes geográficos, curvas de nível e suas cotas nos mapas e plantas cartográficas, assim como, referência de altitudes, elevações e níveis de voo na aeronáutica.

A pressão Padrão ISA, ao Nível Médio do Mar, foi convencionada em 1.013,25 hPa. ou 29,92 Hg. É utilizada para voos em Nível de Voo (FL), com ajuste de altímetro para QNE.

Isóbaras – são linhas que unem pontos com QFF do mesmo valor, plotadas nas Cartas Sinóticas de Superfície (linhas contínuas), dos horários 00:00Z, 06:00Z, 12:00Z e 18:00Z. As isóbaras caracterizam a distribuição espacial da pressão de dois em dois hPa de valor par.

Determinadas configurações do campo da pressão à superfície, estão associadas condições de tempo bem caracterizadas. Isóbaras muito próximas umas das outras indicam forte gradiente de pressão.

SISTEMAS DE PRESSÃO

Para compreendermos o significado de "sistemas de pressão" e sua importância para a navegação aérea, temos que entender os conceitos meteorológicos abaixo:

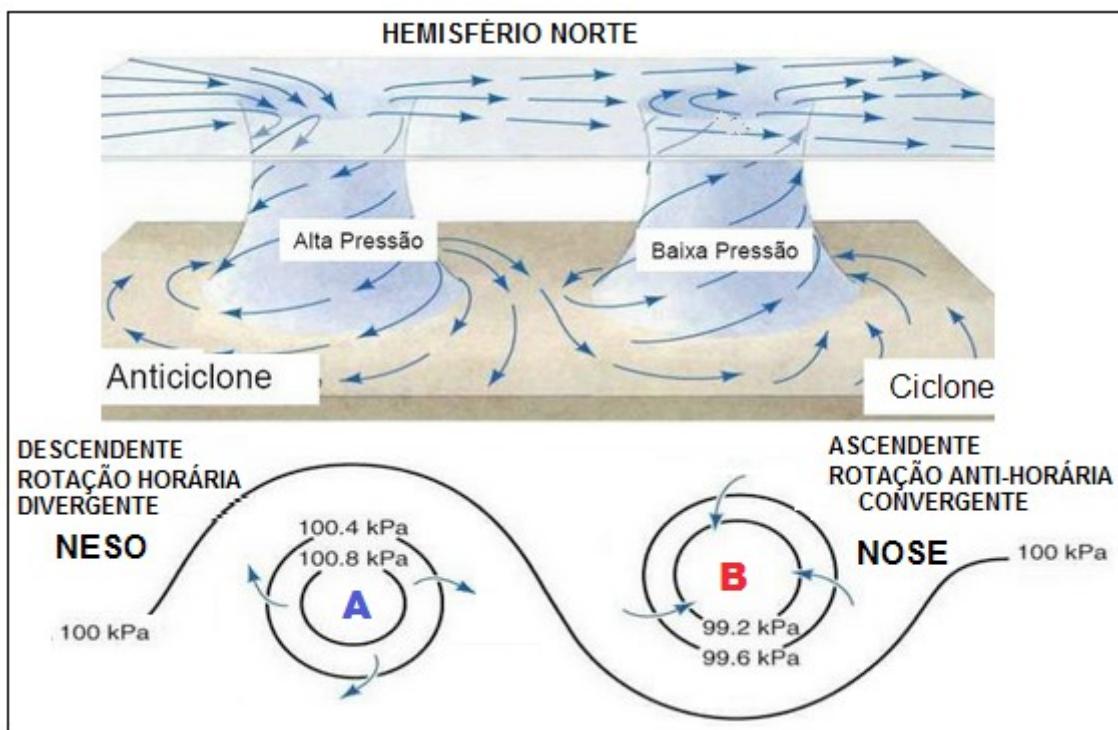
Os Sistemas de Pressão atmosférica são classificados em:

- Fechados: Centros de Alta Pressão e Centros de Baixa pressão.
- Abertos: Crista, Cavado e Colo.

SISTEMAS FECHADOS:

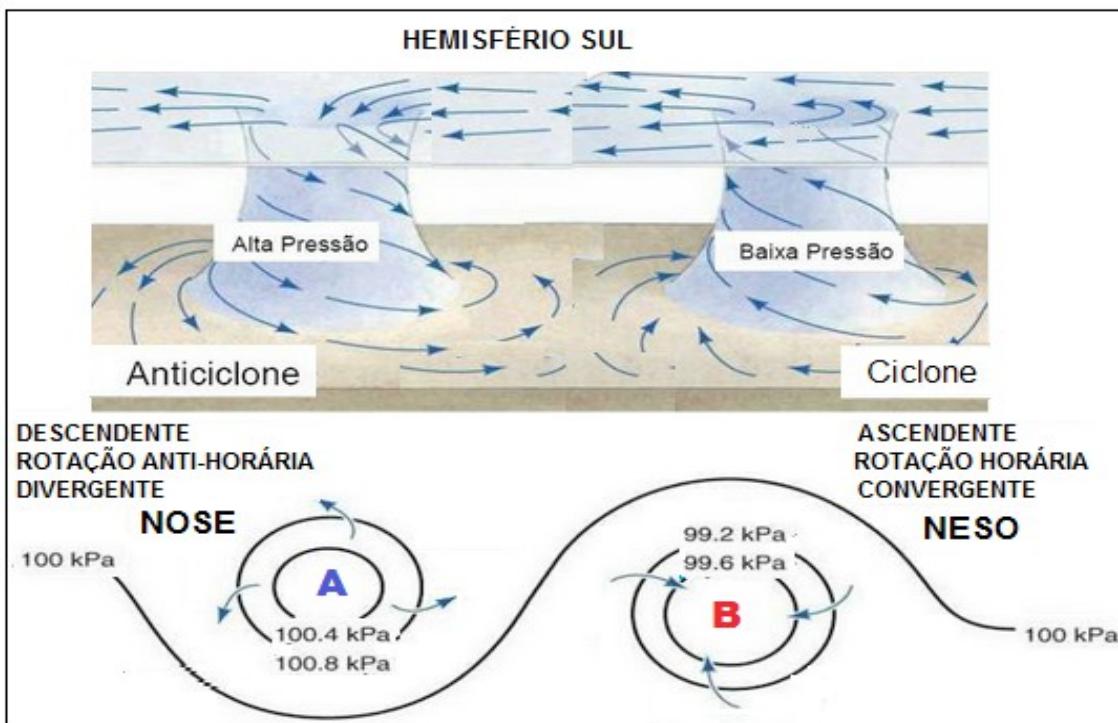
1. Alta Pressão (Anticiclone) ou Centro de Alta - Um sistema identificado por isobáricas fechadas, concêntricas, mesmo formando uma figura irregular, tendo ao centro um maior valor de Pressão.
 - a) Sistemas de alta pressão estão associados a bom tempo.
 - b) A circulação anteciclônica no Hemisfério Norte é no sentido horário (NESO) e anti-horário no Hemisfério Sul (NOSE).
2. Baixa Pressão (Ciclone) ou Centro de Baixa - Um sistema identificado por isobáricas fechadas, concêntricas, mesmo formando uma figura irregular, tendo ao centro um menor valor de Pressão.
 - a) Sistemas de baixa pressão estão associados a mau tempo.
 - b) A circulação ciclônica no Hemisfério Norte é no sentido Anti-horário (NOSE) e horário no Hemisfério Sul (NESO).

Subsidiência do ar - significa um fluxo de ar seco de cima para baixo e acontece quando um sistema de alta pressão atua sobre uma região. Quando a alta pressão é forte, este movimento de ar de cima para baixo é mais intenso, inibindo a formação de nuvens.



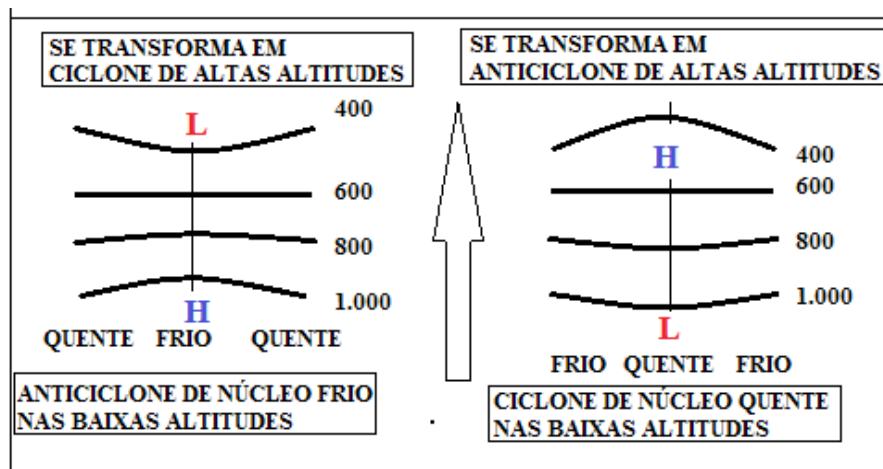
Quanto a motilidade, os sistemas fechados podem ser: estacionários ou dinâmicos.
NESO = Norte Este, Sul e Oeste. NOSE = Norte, Oeste, Sul e Este.

Quanto à temperatura do núcleo, em superfície, os sistemas fechados podem ser:



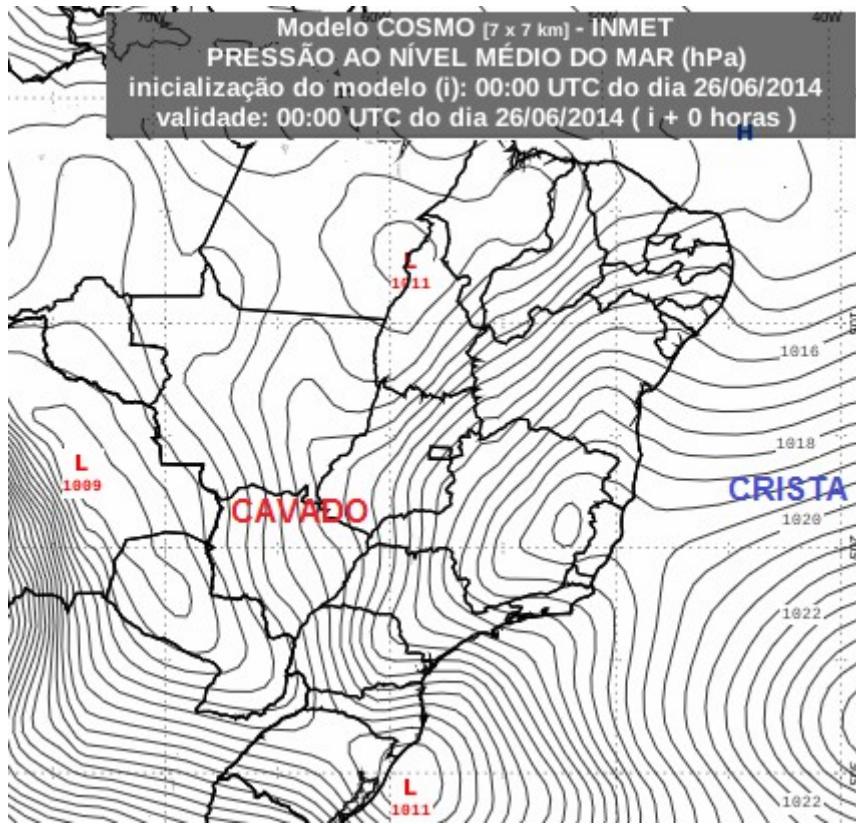
1. Alta de núcleo quente – intensifica-se em altura, permanecendo anticiclone e tende a inclinar-se para as regiões mais quentes. Provoca a **Subsidiência** do ar, que é um fluxo de ar

- seco e frio, de cima para baixo, inibindo a formação de nuvens.
2. Baixa de núcleo frio – intensifica-se em altura, permanecendo ciclone e tende a inclinar-se para as regiões mais frias.
 3. Alta de núcleo frio – enfraquece em altura, transforma-se em ciclone de alta altitude e tende a inclinar-se para as regiões mais frias.
 4. Baixa de núcleo quente – enfraquece em altura, transforma-se em anticiclone de alta altitude e tende a inclinar-se para as regiões mais quentes.



http://www.geografia.fflch.usp.br/graduacao/apoio/Apoio_Apoio_Felicio/climaII/2s2015/02-SistemasBaricos.pdf

SISTEMAS DE PRESSÃO ABERTOS



1. CAVADO - trata-se de uma calha alongada (trough), dentro de uma região isobárica de baixas pressões. Isso ocorre em função do ar, abaixo dessa calha, estar mais frio do que o ar sob as mesmas isobáricas em outros pontos próximos, portanto, mais rebaixada por maior densidade do ar.
 - Ocorre nos níveis médio e superior da troposfera.
 - É indicador de tempo mais frio, úmido e instável e pode indicar a aproximação de frente fria.

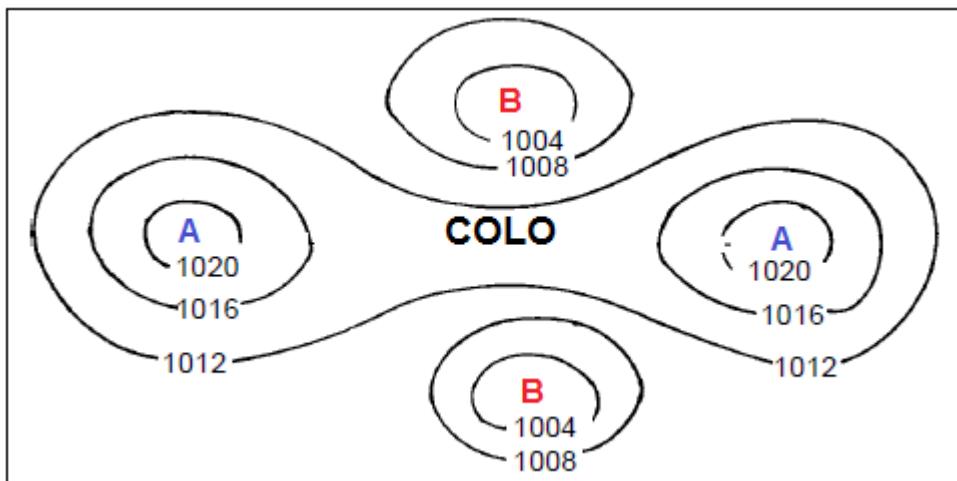
DEFINIÇÃO DE CAVADO - área alongada de baixas pressões, onde predomina o tempo instável, podendo estar associadas linhas de instabilidades e frentes, prejudicando as operações aéreas.

2. CRISTA (CUNHA) - é o oposto de um cavado. Trata-se de uma elevação alongada (Ridge), dentro de uma região isobárica de altas pressões. Isso ocorre em função do ar, abaixo desse cume, estar mais quente do que o ar sob as mesmas isóbaras, em outros pontos próximos, portanto, mais elevado por menor densidade do ar.
 - Ocorre nos níveis médio e superior da troposfera.
 - É indicador de tempo mais quente, seco e estável.

DEFINIÇÃO DE CRISTA (CUNHA) - área alongada de altas pressões, onde predomina o tempo estável.

3. COLO - é um sistema aberto entre dois Centros de Alta e dois Centros de Baixa. Interação de convergência e divergência. Área de ventos fracos e variáveis, situação denominada de

“ponto singular”.



4.4 Relação temperatura–pressão, temperatura–densidade e altitude - densidade

VARIÁVEIS DE ESTADO

Todo gás é constituído de partículas (moléculas, átomos ou íons) que estão em contínuo movimento desordenado, por isso ocupa sempre o volume total do recipiente que o contém.

A pressão que o gás exerce sobre uma superfície é o efeito causado pelos choques dessas partículas constituintes sobre essa superfície. Com o aumento da temperatura, a velocidade média das partículas constituintes do gás aumenta; a pressão aumenta se o recipiente que contém o gás conservar o mesmo volume.

Sejam P (hPa), V (m^3) e T (K), respectivamente, a pressão, o volume e a temperatura absoluta. As variáveis P , V e T especificam o estado de uma dada massa gasosa, por isso são denominadas variáveis de estado.

Uma dada massa de ar sofre uma transformação gasosa quando passa para um novo estado, isto é, quando ocorrem variações nas grandezas P , V e T .

Há transformações mais simples, onde uma das grandezas permanecerá fixa, modificando-se apenas as outras duas:

- Transformação isotérmica é aquela na qual a temperatura (T) do gás é mantida constante.
- Transformação isobárica é aquela na qual a pressão (P) do gás é mantida constante.
- Transformação isométrica ou isocórica é aquela na qual o volume (V) do gás é mantido constante.

Embora a lei dos gases tenha sido deduzida para gases ideais, ela dá uma descrição razoavelmente precisa do comportamento da atmosfera, que é uma mistura de muitos gases.

Uma parcela de ar seco contém, em volume:

78,09% de nitrogênio
20,95% de oxigênio
0,93% de argônio

0,039% de gás carbônico
traços de outros gases

A lei dos gases afirma que:

1. a pressão exercida por um gás é proporcional a sua densidade e temperatura absoluta.
2. Se a variável densidade permanecer constante, um acréscimo na temperatura causará um aumento na pressão, e vice-versa.
3. Se a pressão permanece constante, um decréscimo na temperatura resulta em aumento na densidade e vice-versa.

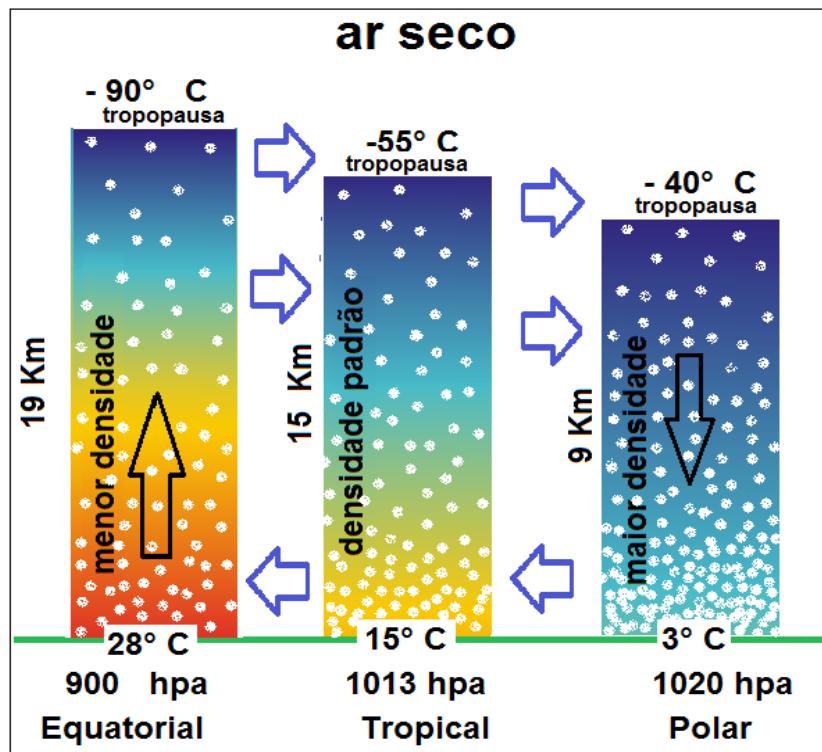
Se o volume da atmosfera terrestre não pudesse se alterar, em dias quentes a pressão seria alta e em dias frios seria baixa. Contudo, isto não ocorre necessariamente.

Como o volume do ar da atmosfera pode variar, variações na temperatura afetam **inversamente** a densidade do ar.

Neste caso, na fórmula da Pressão: $P = F / A$, onde a força $F = m \times g$ (massa) $\times g$ (aceleração da gravidade), a **massa** do ar passa a ser melhor representada pela dura Densidade = número de moléculas / volume da coluna de ar com área da base (A) de 1 m^2 e altura (h) variável.

Assim, veremos que quanto maior a temperatura, próximo à superfície, teremos um movimento de afastamento das moléculas de ar (baixa densidade), que tendem a subir, empurrando as moléculas de cima, mais frias, para o ambiente vizinho. Por ter menos moléculas, essa coluna de ar terá menos “peso” na sua base.

Por outro lado, quanto menor a temperatura, próximo à superfície, teremos um movimento de aproximação das moléculas de ar (alta densidade), que tendem a descer, enquanto outras moléculas da vizinhança vão penetrando nessa coluna pela parte superior. Por ter mais moléculas, essa coluna de ar terá maior “peso” na sua base.

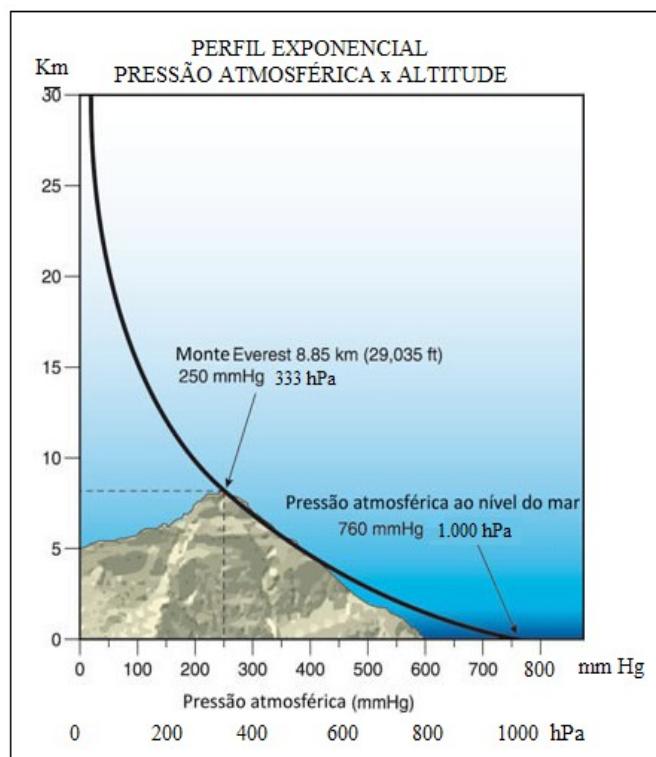


5. Altimetria • Reconhecer os princípios básicos de altimetria.

- Conceituar altura, altitude e seus desdobramentos.
- Interpretar as indicações do altímetro.

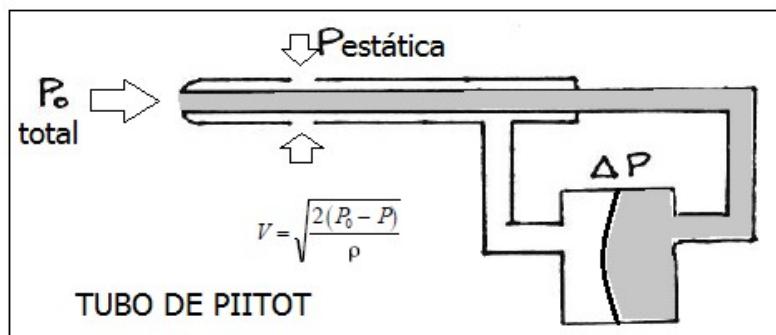
Altimetria (Aeronáutica) - é a técnica de determinação da altitude de uma aeronave por meio de um barômetro aneroide.

Embora o comportamento físico da atmosfera seja bastante variável, o que já seria suficiente para comprometer a utilização do barômetro como um medidor eficiente da altitude de voo, a altimetria determina o uso de técnicas e cálculos que tornaram viável a utilização do barômetro como altímetro, na navegação aérea.



5.1 Altímetro de Pressão – Funcionamento elementar e açãoamento de ajustagens

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.

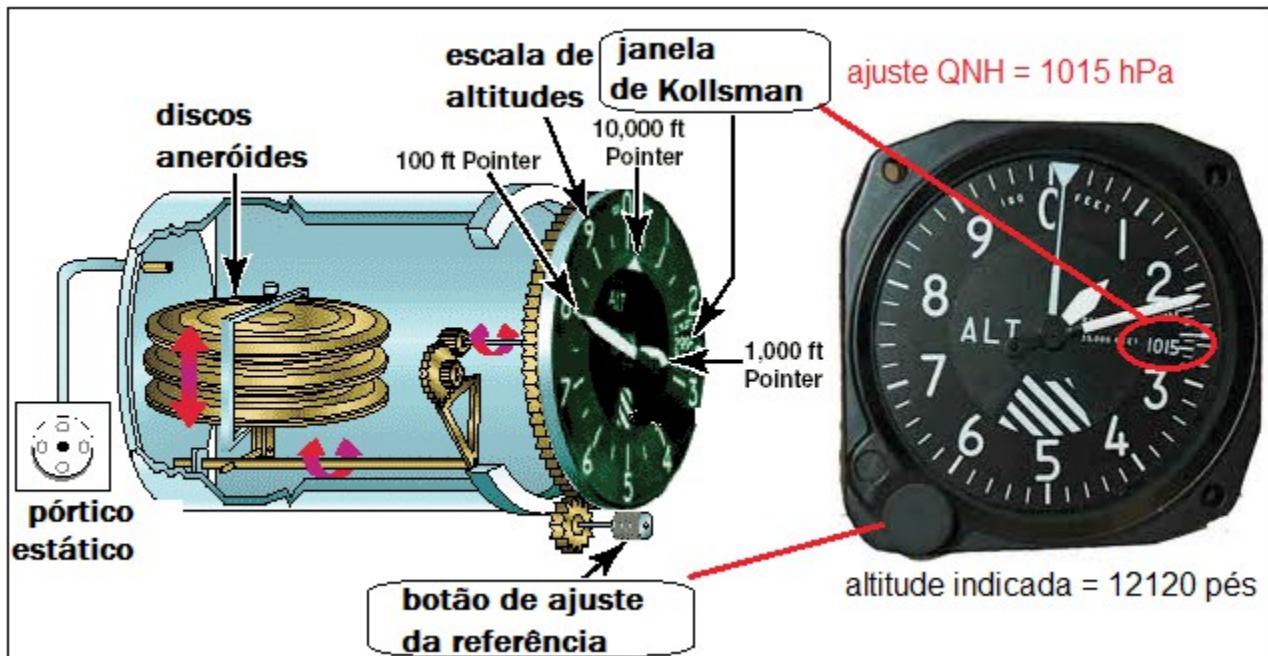
Os dois ambientes são providos de conexões tubulares para levar as duas pressões separadamente até os instrumentos que delas se utilizam na cabine da aeronave.

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

Sua escala é dividida por traços que delimitam 50 intervalos de 20 pés cada um, com numeração de 0 a 10.

A leitura da altitude é feita da seguinte forma:

1. O ponteiro maior dá um giro a cada 1.000 pés, e indica centenas de pés a cada número da escala de 0 a 10;
2. O ponteiro médio avança uma casa numerada a cada volta do ponteiro maior, e indica milhares de pés em cada avanço;
3. O ponteiro menor avança uma casa numerada a cada volta do ponteiro médio, (dez voltas do ponteiro maior) e indica dezenas de milhares de pés a cada avanço.



Para ajustar o Altímetro a determinado valor de referência, o piloto utiliza o Botão de Ajuste frontal, e verifica o valor desejado na janela de Kollsman. Esse valor ajustado passa a ser o “piso” altimétrico dos valores indicados no mostrador.

5.2 Altura e altitude. Altitude-pressão. Altitude verdadeira e altitude indicada. Nível de voo. Altitude densidade

Altitude Absoluta (H) – é o mesmo que altura. 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).

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 Indicada (AI).
- Altitude Pressão (AP).
- Altitude Verdadeira (AV).
- Altitude Absoluta (H).
- Altitude Densidade (AD).

Altitude Indicada (AI) - é a altitude pressão (AP) corrigida para os erros de pressão.
É a leitura do Altímetro, quando este estiver ajustado para QNH local.

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

Exemplo: Altímetro ajustado para 1013,25 hPa, e está indicando 10.000 pés, significa que a aeronave está no FL 100.

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

Nas cartas aeronáuticas, as altitudes de objetos fixos como aeroportos, torres, antenas, morros e outros obstáculos, são dadas em altitude verdadeira, obtidos por topografia.

Altitude Absoluta (H) – é o mesmo que altura. 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 obtida por cálculo, pela correção do valor da altitude pressão no nível da pista do Aeródromo (AP), considerando-se o erro entre a temperatura real (TRAD) do aeródromo, e a temperatura padrão (ISA) desse local ($\Delta T = T_{RAD} - T_{ISA}$).

A densidade do ar é, com certeza, o fator mais importante que afeta a performance de uma aeronave. Ela tem uma influência direta sobre:

- A sustentação;

- A eficiência da hélice;
- A potência do motor - potência depende de consumo de oxigênio;

Isso implica diretamente sobre a performance da aeronave nas operações de pouso e decolagem:

- Velocidade de estol;
- Comprimento de pista;
- Razão de subida;
- Peso bruto da aeronave;

Portanto, não se busca encontrar altura ou altitude da aeronave, pois sabe-se que, à medida que a densidade do ar aumenta (menor temperatura ou menor altitude), aumenta o desempenho da aeronave e vice-versa.

Equação para o cálculo aproximado da Altitude Densidade:

$$AD = AP + (100 * \Delta T)$$

onde $\Delta T = TR(AD) - TP$.

ΔT positivo = AD maior, portanto, menor performance da aeronave, ou necessidade de maior comprimento de pista para pouso e decolagem.

ΔT negativo = AD menor, portanto, melhor performance da aeronave.

Constante 100 = cada grau Celsius de temperatura real, acima da temperatura padrão, corresponde a 100 pés a mais, na Altitude Pressão onde a aeronave se encontra, e vice-versa.

A elevação relativa de um aeródromo é diretamente proporcional à temperatura ambiente.

Exemplo: AP equivalente no aeródromo (QNE) = 1500 ft

TRAD = 28°C

TP = 12°C $\Delta T = 28 - 12 = 16^\circ C$

AD = 1.500' + [100 * (16)] AD = 1.500 + 1600 AD = 3.100 ft

A aeronave se comportará como se estivesse voando 1.600 pés acima do Aeródromo

A Altitude Densidade também é calculada com o Computador de voo, entrando-se com o valor da AP e da Temperatura ambiente.

Ver, nos Anexos, a Tabela para encontrar a Altitude Densidade a partir da Altitude Pressão e temperatura ambiente.

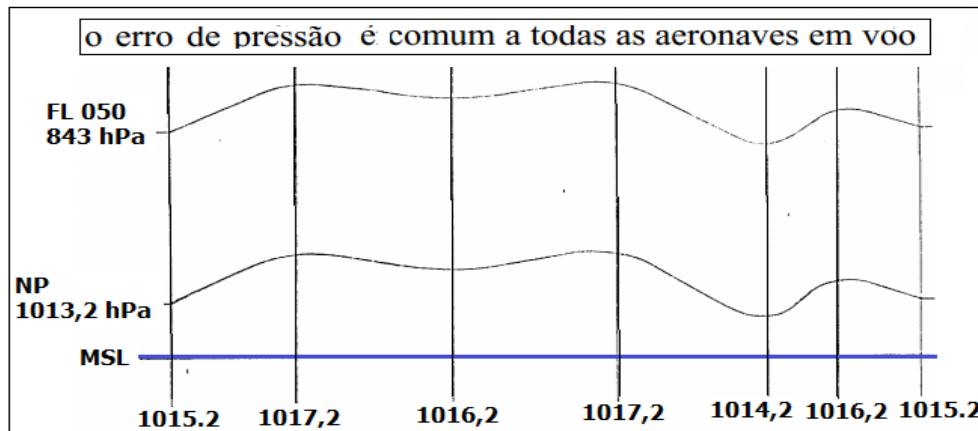
ISOÍPSAS – Linhas que unem pontos com a mesma Altitude Pressão.

5.3 Ajustes altimétricos: QNE, QNH e QFE. Erros altimétricos

Quando uma aeronave voa em uma área cuja pressão ou temperatura real é inferior aos valores padrão (ISA), ela estará voando mais baixo do que está indicado no altímetro, fator de risco à segurança do voo. Erro de indicação para mais.

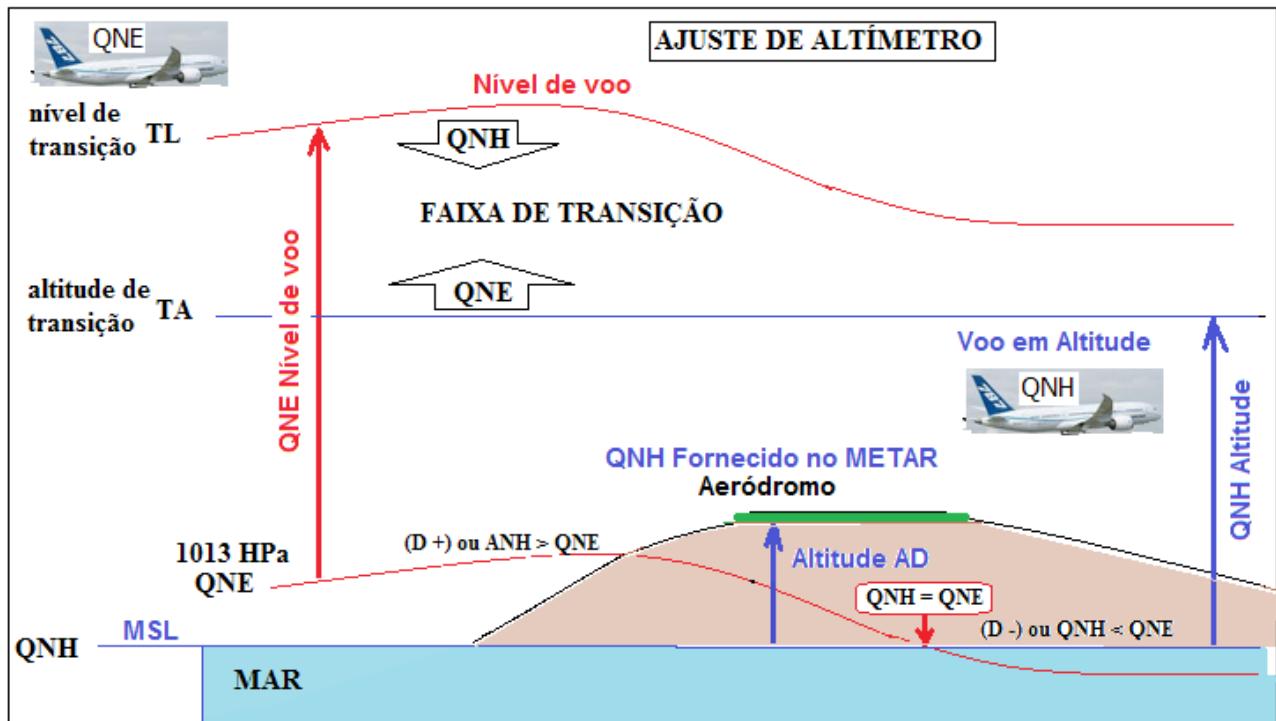
Ao contrário, quando os valores reais de pressão ou temperatura são maiores que os valores padrão (ISA), a aeronave estará voando mais alto do que está indicado no altímetro, favorável à segurança do voo. Erro de indicação para menos.

QNE (Question Normal Elevation) - É a altitude fictícia de um ponto, indicada por um altímetro ajustado para a pressão padrão (1013.2hPa).



As aeronaves com altímetros ajustados QNE voam em rota, em Nível de Voo (FL), e se mantém verticalmente separados, independentemente da pressão real no ponto de passagem.

EMPREGO DO QNE (DECEA – ICA 100-2 /2016) para voo IFR.



Para possibilitar o emprego da correção QNE na obtenção das altitudes mínimas de segurança em rotas, o Serviço de Meteorologia aeronáutica disponibilizou as Cartas Padrão para Correção de QNE (ver anexos) para as rotas com altitudes até 1.000m ou 3.333 ft, até 2.000m ou 6.666 ft e até

3.000m ou 10.000 ft.

A altitude mínima de cruzeiro, em voos IFR, é obtida da seguinte forma:

- procura-se a altitude do ponto mais elevado dentro de uma faixa de 30 km para cada lado do eixo da rota pretendida;
- utilizando-se as Cartas Padrão para Correção de QNE, soma-se essa altitude encontrada com a maior correção QNE dessa rota.
- Acrescenta-se o gabarito de 300m (1.000 pés) para regiões plana e 600 m (3.000 pés) para regiões montanhosas.

Se o valor encontrado não corresponder a um nível de voo padrão, arredonda-se para o nível de voo IFR imediatamente acima.

NOTA: As altitudes mínimas de cruzeiro indicadas nas Cartas de Rotas, as altitudes de início dos procedimentos de descida e as altitudes mínimas de segurança, por setor, das Cartas de Aproximação por Instrumentos são calculadas computando-se a correção QNE.

QFE (Question Field Elevation) – É o ajuste a Zero, isto é, a pressão barométrica reduzida ao nível médio da pista.

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.

NOTA: Caso esta pressão seja utilizada como referência no altímetro da aeronave em aproximação final, ao pousar, o altímetro indicará “altitude zero”. É fornecido pela Torre apenas a pedido do piloto.

EMPREGO DO QFE (DECEA – ICA 100-2 /2007)

P<small>RE</small>SSÃO hPa	N<small>ÍVEIS DE PRESSÃO CONSTANTE</small>		N<small>ÍVEL DE VOO (FL)</small>
	P<small>ÉS</small>	M<small>ETROS</small>	
1000	394	120	000
850	4922	1500	050
700	9844	3000	100
500	18376	5600	180
400	23626	7200	220
300	30189	9200	300
250	34127	10400	340
200	38721	11800	390
150	44627	13600	450
100	53159	16200	530

A maior parte dos altímetros instalados atualmente nas aeronaves não pode ser ajustada em QFE para aeródromos que têm uma altitude superior a 600m, em consequência, para o emprego generalizado do QFE, seria necessário a substituição dos altímetros atuais, o que demandaria um tempo considerável e traria grande despesa aos operadores.

O emprego do QFE exigiria ainda, nova edição de todas as Cartas de Aproximação por Instrumentos, já que seria necessário indicar todas as alturas acima dos níveis dos aeródromos.

ELEVAÇÃO DO AERÓDROMO - É o ponto mais alto da pista de pouso. É Calculada por:

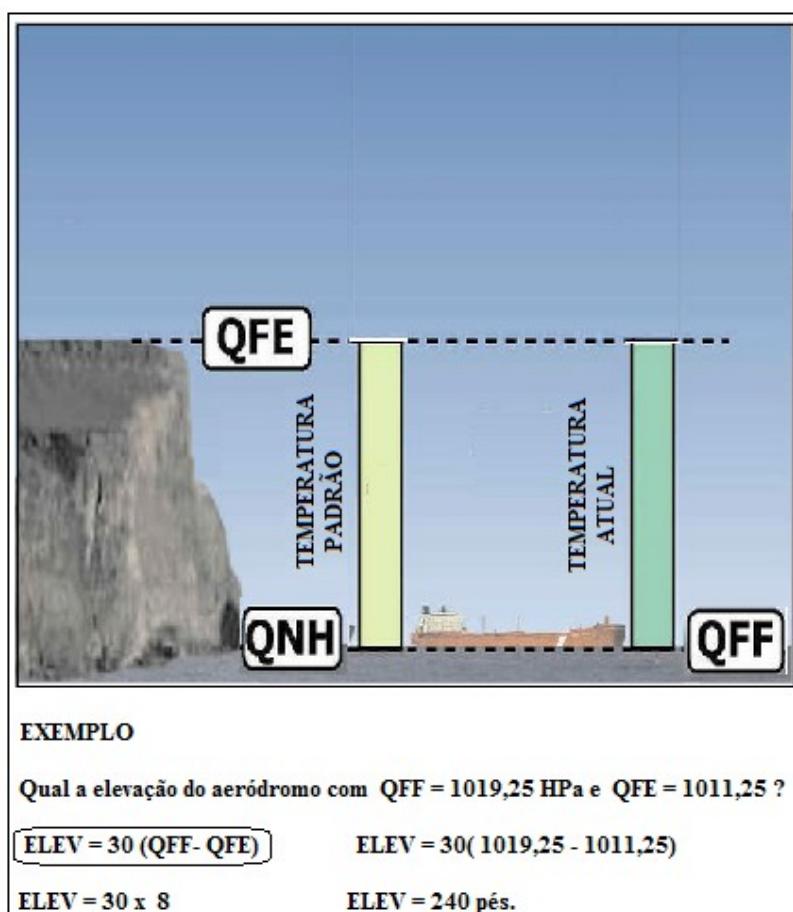
ELEV AD = 30 (QFF – QFE)

QFF (Question From the Field) – É a pressão barométrica reduzida ao nível médio do mar de acordo com a atmosfera real existente naquele local, conforme procedimento adotado pelo MCA 105-10, “Manual de Códigos Meteorológicos”.

NOTA: Quando usado para aeródromo de baixa altitude, o altímetro indicará, no momento do pouso, a altitude aproximada do aeródromo ao nível médio do mar. Todavia, quando o aeródromo for relativamente elevado, o erro tenderá para mais ou para menos, em função da variação de temperatura da coluna de ar existente no local.

Quando esta variação for maior do que a do padrão internacional, a altitude indicada será maior e, caso contrário, a altitude indicada será menor.

- No MSL o valor de QFF é igual a QFE



QNH (Question Normal Height) – É o ajuste do Altímetro, isto é, uma pressão tal que introduzida na subescala do altímetro de uma aeronave fará com que este indique a altitude oficial do aeródromo, quando a aeronave se encontrar pousada.

ERROS ALTIMÉTRICOS:

Existem dois erros específicos de altimetria relacionados com as condições atmosféricas não padrão:

1. Pressão ao nível médio do mar diferente de 1013,25 hPa;
2. Temperatura maior ou menor que a temperatura padrão no nível de voo;

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.

Equação para o cálculo da Temperatura Padrão em Nível de voo: $TP = 15 - [2 * (FL/10)]$

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

Equação para o cálculo da Temperatura Padrão em Altitude (pés):

$$TP = 15 - [2 * (\text{alt} / 1000)]$$

A constante 2 é o gradiente padrão de 2°C / 1.0000 pés.

ALTITUDE PRESSÃO (AP)	TEMPERATURA		ALTITUDE PRESSÃO (AP)	TEMPERATURA		ALTITUDE PRESSÃO (AP)	TEMPERATURA	
	°C	°F		°C	°F		°C	°F
MSL	15	59	10500	-6	21,2	24000	-33	-27,4
1000	13	55,4	11000	-7	19,4	25000	-35	-31
2000	11	51,8	11500	-8	17,6	26000	-37	-34,6
3000	9	48,2	12000	-9	15,8	27000	-39	-38,2
4000	7	44,6	12500	-10	14	28000	-41	-41,8
4500	6	42,8	13000	-11	12,2	29000	-43	-45,4
5000	5	41	13500	-12	10,4	30000	-45	-49
5500	4	39,2	14000	-13	8,6	31000	-47	-52,6
6000	3	37,4	14500	-14	6,8	32000	-49	-56,2
6500	2	35,6	15000	-15	5	33000	-51	-59,8
7000	1	33,8	16000	-17	1,4	34000	-53	-63,4
7500	0	32	17000	-19	-2,2	35000	-55	-67
8000	-1	30,2	18000	-21	-5,8	36000	-57	-70,6
8500	-2	28,4	19000	-23	-9,4	37000	-59	-74,2
9000	-3	26,6	20000	-25	-13	38000	-61	-77,8
9500	-4	24,8	21000	-27	-16,6	39000	-63	-81,4
10000	-5	23	22000	-29	-20,2	40000	-65	-85
			23000	-31	-23,8			
fórmula $^{\circ}\text{C} = 15 - (2 * (\text{AP}/1000))$				fórmula $^{\circ}\text{F} = \text{IF}(^{\circ}\text{C}=0; 32; (^{\circ}\text{C} * 1,8) + 32)$				

FATOR "D"

(Diferença de níveis) Corresponde à distância vertical compreendida entre o nível médio do mar (verdadeiro) e a superfície isobárica padrão, de 1013,25 hPa. Neste caso, três situações podem ocorrer:

- QNH superior a 1013,25 hPa, Fator D "positivo".
- QNH igual a 1013,25 hPa, Fator D "nulo".
- QNH inferior a 1013,25 hPa, Fator D "negativo".

Calcular "D", portanto, é determinar a diferença de pressão, em hPa, entre o QNH e QNE, e multiplicá-la por 30 pés, cujo resultado pode ser "positivo", "nulo" ou "negativo", segundo as condições postas anteriormente.

Equação:

$$\mathbf{D = (QNH - QNE) * 30}$$

NOTA: Para cálculos práticos, adota-se a diminuição de 1 hPa a cada incremento de 30 pés (9 m) de altitude , apesar dessa variação não ser linear.

ERRO ALTIMÉTRICO DE PRESSÃO

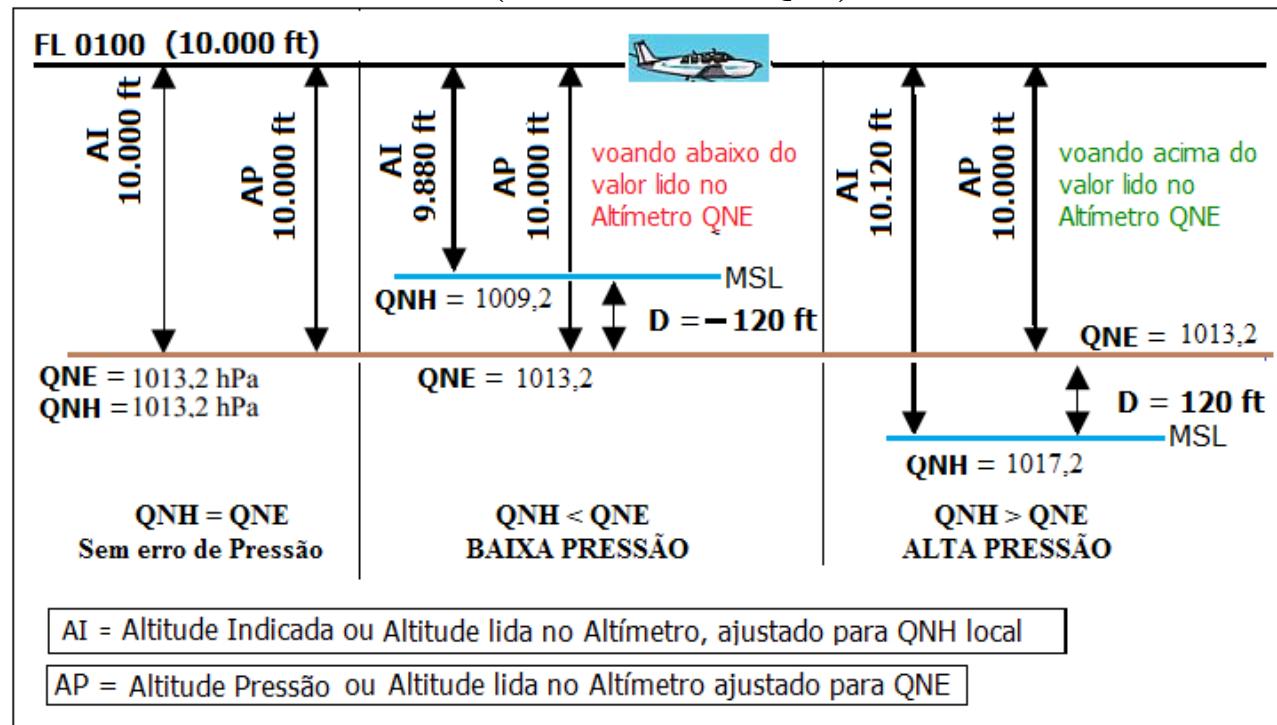
Equações: $AI = AP + D$ $AP = AI - D$ Consequência: $D = AP - AI$

Uma aeronave voando QNE mantém-se estabilizada numa determinada superfície isobárica ao longo da rota. Todavia, em relação ao nível médio do mar, ora ela sobe, ora desce, devido às variações barométricas. O erro altimétrico, neste caso, é a variação de altitude determinada pelo "Fator D".

Corrigir o Erro Altimétrico de Pressão, significa: somar algebricamente o fator “D” ao valor da Altitude-Pressão, correspondente ao Nível de Voo (FL) onde a aeronave se encontra.

Nos exemplos abaixo, consideram-se os casos hipotéticos em que não há erro de temperatura, ou seja, a temperatura real, no nível de voo, é a mesma temperatura padrão.

EXEMPLOS EM NÍVEL DE VOO (ALTÍMETRO EM QNE)



EXEMPLO 1 (QNH = QNE)

Sem erro de pressão $\Rightarrow AP = AI = 10.000$ pés

EXEMPLO 2 (QNH < QNE) baixa pressão

Dados:

Nível de voo \rightarrow FL 100 (10.000 pés).

QNH local = 1009,25 hPa (fornecido pelo APP ou TWR)

QNE = 1013,25 hPa

$$D = (QNH - QNE) * 30 \quad D = (1009,2 - 1013,2) * 30 \rightarrow D = -120 \text{ pés.}$$

$$AI = AP + D \rightarrow AI = 10.000 - 120 \rightarrow AI = 9.880 \text{ pés} \Rightarrow \text{Erro de indicação para mais.}$$

EXEMPLO 3 (QNH > QNE)

Dados:

Nível de voo → FL 100 (10.000 pés).

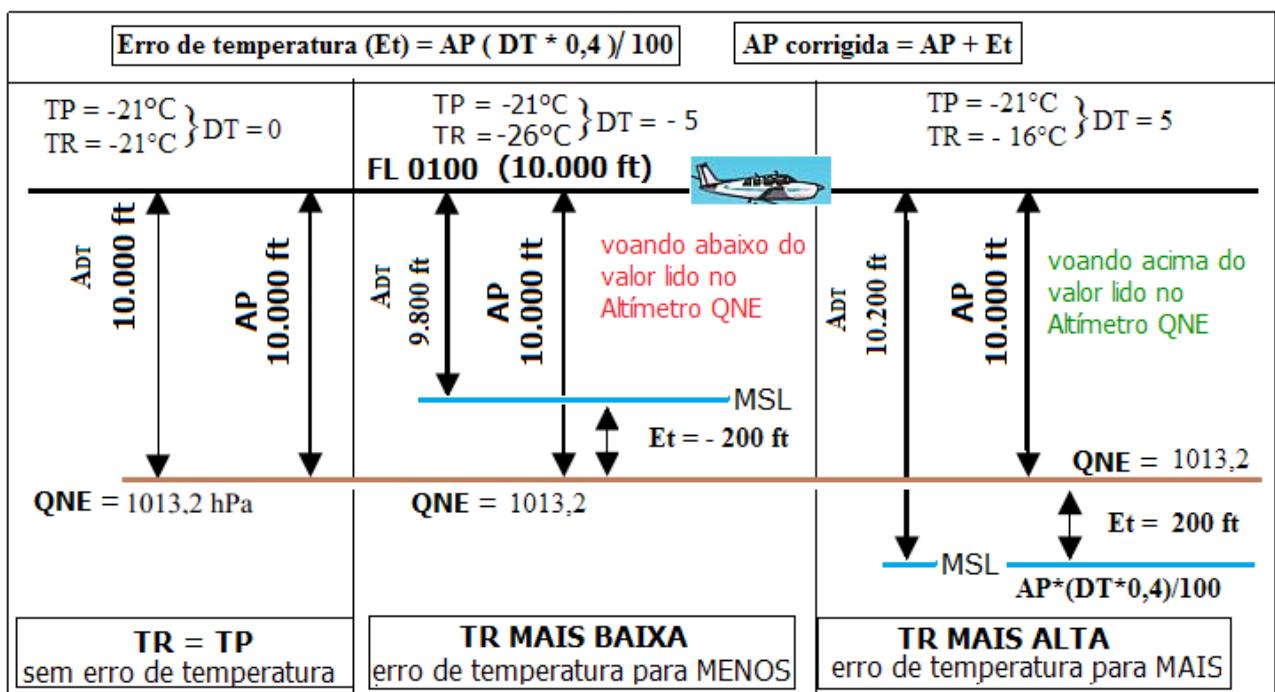
QNH local = 1017,25 hPa (fornecido pelo APP ou TWR)

QNE = 1013,25 hPa

$$D = (QNH - QNE) * 30 \quad D = (1017,2 - 1013,2) * 30 \rightarrow D = 120 \text{ pés.}$$

$$AI = AP + D \rightarrow AI = 10.000 + 120 \rightarrow AI = 10.120 \text{ pés} \Rightarrow \text{Erro de indicação para menos.}$$

ERRO ALTIMÉTRICO DE TEMPERATURA



Corrigir o Erro Altimétrico de temperatura, significa: somar algebricamente o Erro de temperatura (Et) ao valor da Altitude-Pressão, correspondente ao Nível de Voo (FL) onde a aeronave se encontra.

Para entendimento conceitual da influência da temperatura na altitude verdadeira de uma aeronave, vamos analisar, inicialmente, o caso hipotético em que QNH é igual a QNE, isto é, não há erro de pressão.

Uma aeronave voando QNE, além das variações de pressão já vistas no caso anterior, também será afetada pelo valor da temperatura real (TR) encontrado no nível de voo, que poderá ser superior, igual ou inferior ao valor da temperatura padrão (TP).

Como consequência, a camada atmosférica compreendida entre o nível médio do mar e a superfície isobárica voada poderá estar mais expandida ou comprimida que a espessura padrão.

Considerando que, para cada 1°C de diferença (ΔT) entre a temperatura real (TR) e a temperatura padrão (TP), o erro altimétrico será igual a 0,4% da altitude pressão (AP), para mais, se a temperatura real for superior ao seu valor padrão, ou para menos, se inferior.

EXEMPLO 1 (TR = TP)

Sem erro de indicação

EXEMPLO 2 (TR < TP)

Dados:

Nível de voo → FL 100 (10.000 pés).

Temperatura real do FL (TR) = -26°C

Temperatura padrão do FL (TP) = -21°C

$$\Delta T = TR - TP \rightarrow \Delta T = -26 - (-21) \rightarrow \Delta T = -5^\circ C$$

Erro de temperatura (Et):

$$Et = (AP * \Delta T * 0,4) / 100 \rightarrow Et = (10.000 * (-5) * 0,4) / 100 \rightarrow Et = -200 \text{ pés}$$

$$AP_{corrigida} = AP + Et \rightarrow AP_{corrigida} = 10.000 + (-200) \rightarrow AP_{corrigida} = 9.800 \text{ pés}$$

Erro de indicação para mais.

EXEMPLO 3 (TR > TP)

Dados:

Nível de voo → FL 100 (10.000 pés)

Temperatura real do FL (TR) = -16°C

Temperatura padrão do FL (TP) = -21°C

$$\Delta T = TR - TP \rightarrow \Delta T = -16 - (-21) \rightarrow \Delta T = 5^\circ C$$

Erro de temperatura (Et):

$$Et = (AP * \Delta T * 0,4) / 100 \rightarrow Et = (10.000 * 5 * 0,4) / 100 \rightarrow Et = 200 \text{ pés}$$

$$AP_{corrigida} = AP + Et \rightarrow AP_{corrigida} = 10.000 + 200 \rightarrow AP_{corrigida} = 10.200 \text{ pés}$$

Erro de indicação para menos.

ERROS ALTIMÉTRICOS COMBINADOS

ALTITUDE VERDADEIRA (AV) – É a Altitude Indicada (AI) corrigida para os erros de temperatura.

Equação $AV = AI + Et$ sendo, neste caso, $Et = (AI * \Delta T * 0,4) / 100$

Voando QNE, uma aeronave está sujeita a erros altimétricos de pressão e temperatura que, via de regra, ocorrerem simultaneamente. Esses erros combinados vão fazer com que a aeronave se situe em altitudes verdadeiras muito variadas, passando por duas situações-limite, ao redor da situação ideal:

1. Um erro anula o outro: a Altitude-Pressão, lida no altímetro (QNE), será igual à Altitude Verdadeira. (condição ideal)

2. Erros combinados para mais: a Altitude-Pressão, lida no Altímetro (QNE), será menor do que a Altitude Verdadeira. (condição segura).
3. Erros combinados para menos: a Altitude-Pressão, lida no Altímetro (QNE), será maior do que a Altitude Verdadeira. (condição de risco).

Calcula-se inicialmente o erro de pressão para obtermos a Altitude Indicada (AI), em seguida, com o Erro de temperatura (Et), calcula-se a Altitude Verdadeira (AV).

EXEMPLO 1 (QNH > QNE e TR > TP)

Dados para correção do erro de pressão:

Nível de voo → FL 100 (10.000 pés).

QNH local = 1017,25 hPa (fornecido pelo APP ou TWR)

QNE = 1013,25 hPa

$$\mathbf{D = (QNH - QNE) * 30} \quad D = (1017,2 - 1013,2) * 30 \rightarrow D = 120 \text{ pés.}$$

$$\mathbf{AI = AP + D} \rightarrow AI = 10.000 + 120 \rightarrow AI = 10.120 \text{ pés}$$

Dados para cálculo da Altitude Verdadeira:

Nível de voo → FL 100 (10.000 pés)

Altitude Indicada (AI) = 10.120 pés

Temperatura real do FL (TR) = -16°C

Temperatura padrão do FL (TP) = -21°C

$$\mathbf{\Delta T = TR - TP} \rightarrow \Delta T = -16 - (-21) \rightarrow \Delta T = 5^{\circ}\text{C.}$$

$$\mathbf{Et = (10.120 * 5 * 0,4) / 100} \rightarrow Et = 202$$

$$\mathbf{AV = AI + Et} \rightarrow AV = 10.120 + 202 \rightarrow AV = 10.320 \text{ pés}$$

EXEMPLO 2 (QNH < QNE, TR < TP)

Dados para correção do erro de pressão:

Nível de voo → FL 100 (10.000 pés).

QNH local = 1009,25 hPa (fornecido pelo APP ou TWR)

QNE = 1013,25 hPa

$$\mathbf{D = (QNH + QNE) * 30} \quad D = (1009,2 - 1013,2) * 30 \rightarrow D = -120 \text{ pés.}$$

$$\mathbf{AI = AP + D} \rightarrow AI = 10.000 - 120 \rightarrow AI = 9.880 \text{ pés}$$

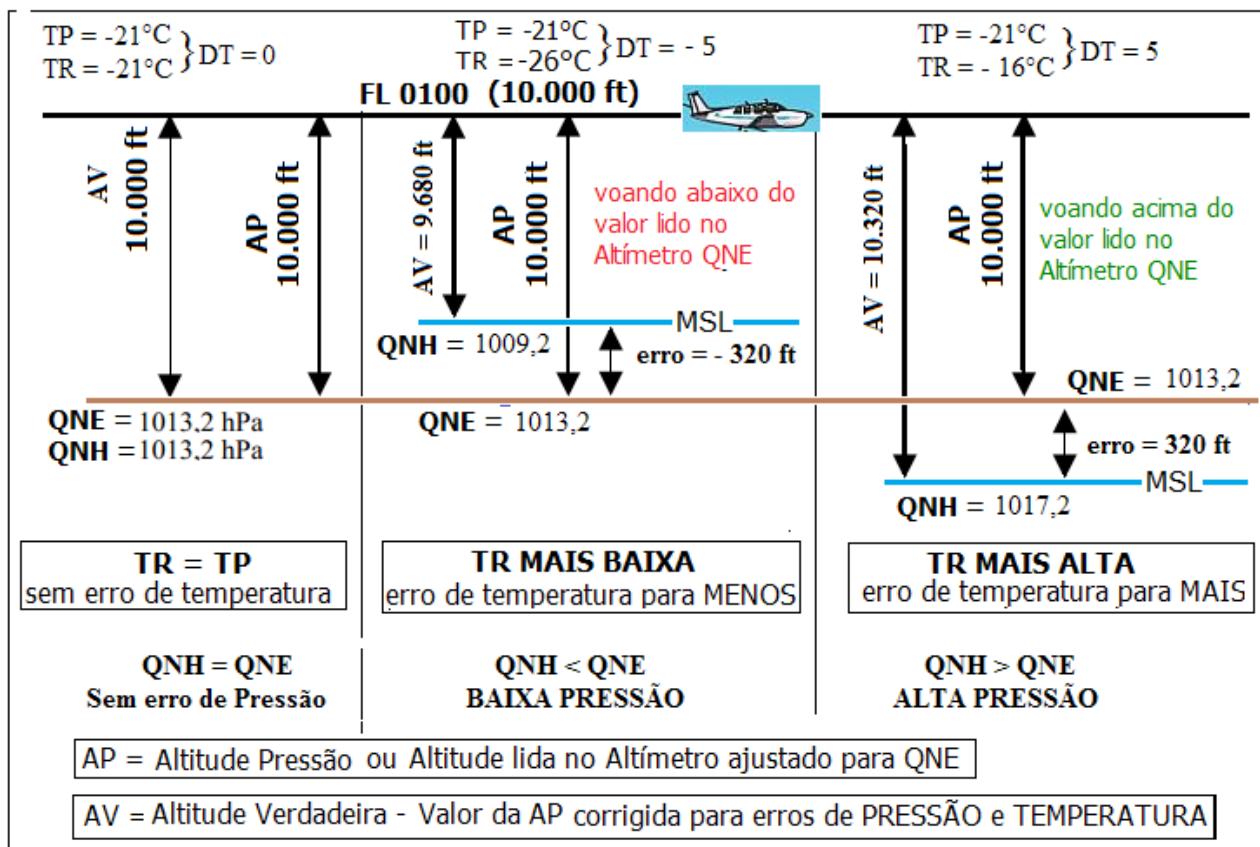
Dados para o cálculo da Altitude Verdadeira:

Nível de voo → FL 100 (10.000 pés).

Altitude Indicada (AI) = 9.880 pés

Temperatura real do FL (TR) = -26°C

Temperatura padrão do FL (TP) = -21°C



$$\Delta T = TR - TP \rightarrow \Delta T = [-26 - (-21)] \rightarrow \Delta T = -5$$

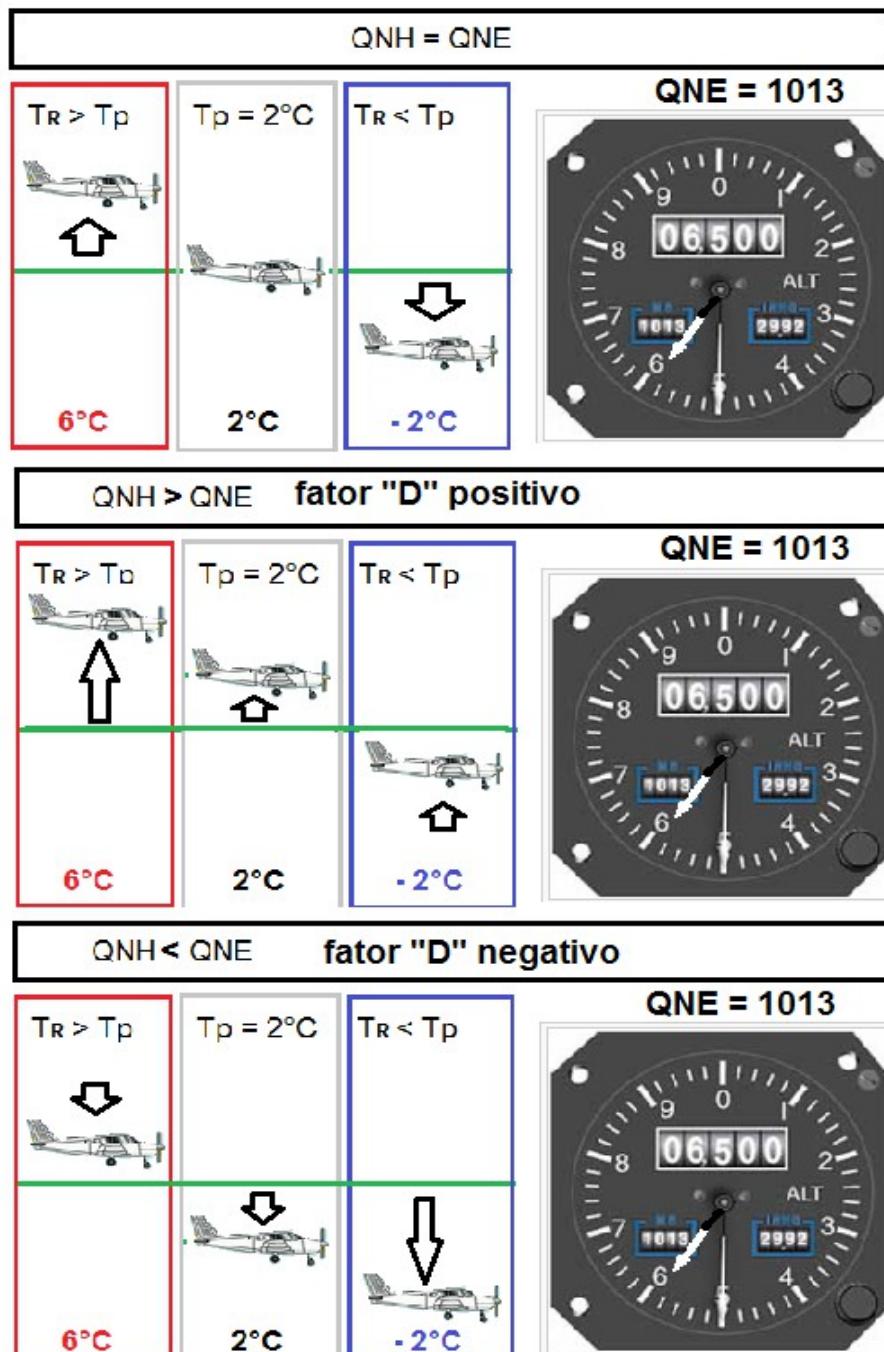
$$Et = (9.880 * (-5) * 0.4) / 100 \rightarrow Et = -197$$

$$AV = AI + Et \rightarrow AV = 9.880 - 197 \rightarrow AV = 9.680 \text{ pés}$$

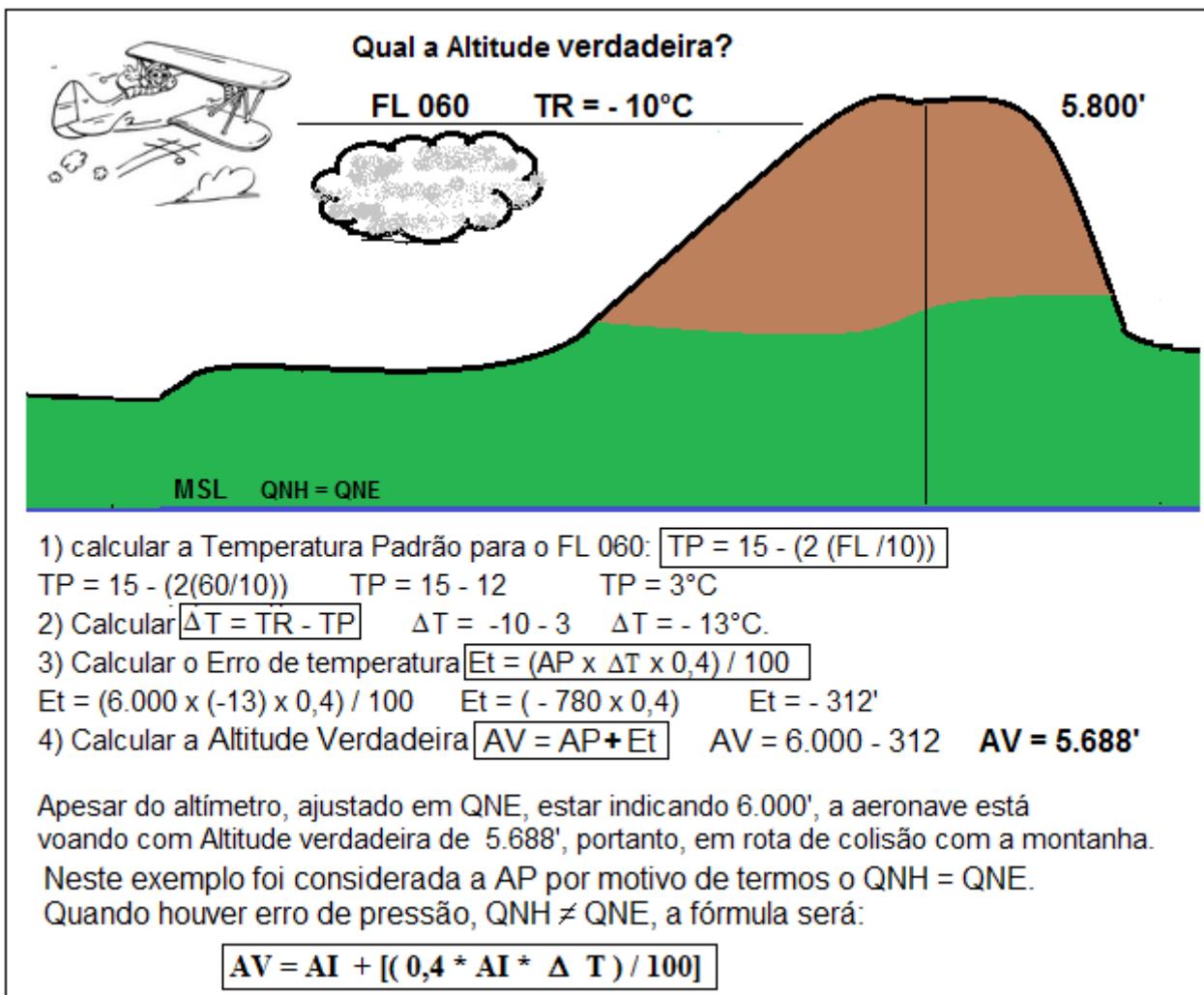
Após essa análise podemos concluir que:

1. casos em que há risco à navegação, pelo fato da aeronave estar voando abaixo da altitude padrão, indicada no altímetro ajustado QNE:
 - a) baixa pressão;
 - b) baixa temperatura;
 - c) as duas combinadas;
2. casos em que há segurança no voo, pelo fato da aeronave estar voando acima da altitude padrão, indicada pelo altímetro ajustado QNE:
 - a) alta pressão;
 - b) alta temperatura;
 - c) ambas combinadas;

Um voo em rota (QNE) não permite que o piloto determine o erro combinado pois o QNH não é fornecido no seu percurso (fornecido somente nas áreas dos aeródromos, para pouso ou decolagem). As informações passadas até aqui servem para que o piloto tenha noção dos erros altimétricos, para se manter num nível de voo, ou altitude, com segurança em relação a obstáculos elevados que estejam na sua rota.



A Altitude Verdadeira também é calculada com o Computador de Voo .



6. Água na atmosfera e densidade atmosférica

- Distinguir os diferentes estados da água presentes na atmosfera, bem como seus efeitos sobre o voo

Quanto à presença do vapor d'água no ar atmosférico, temos as seguintes classificações:

- Ar seco - sem a presença de vapor d'água. Situação teórica na atmosfera.
- Ar úmido – com alguma porcentagem de vapor d'água.
- Ar saturado – com o máximo possível de vapor d'água, para determinada temperatura.

A água está presente na atmosfera na forma de vapor d'água, produzido principalmente pelas águas da superfície (hidrosfera) : oceanos, lagos, rios, neve e gelo.

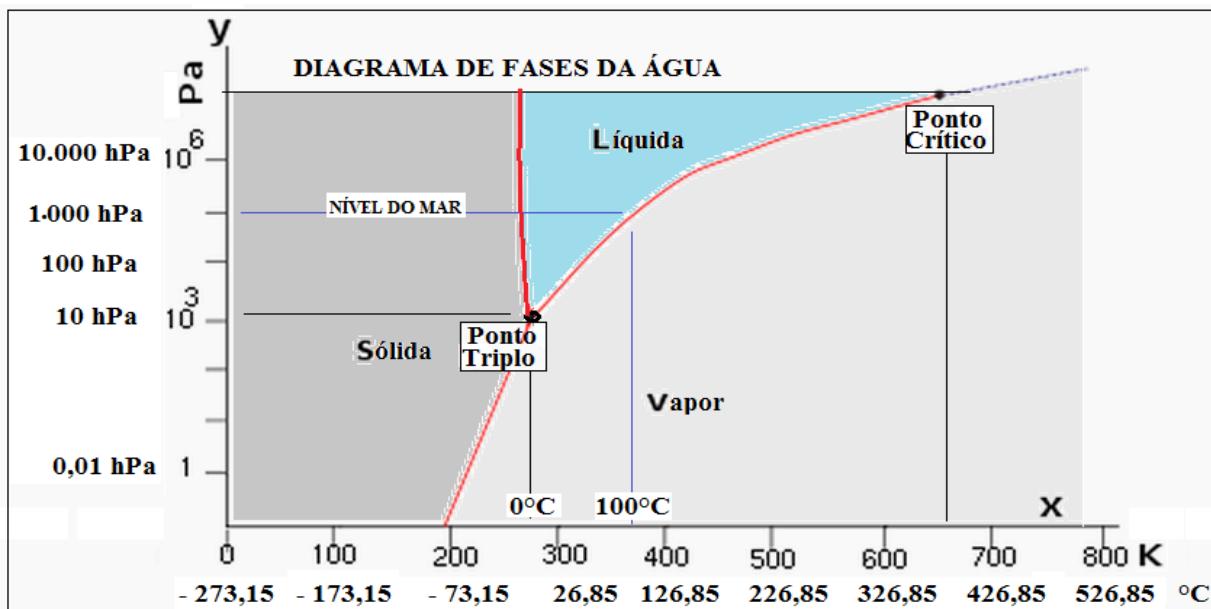
Sua presença só é notada quando já está condensada em forma de nuvens ou neblina, ou durante as precipitações: chuva, neve ou granizo.

A água é a única substância que existe na natureza nos três estados da matéria: sólido, líquido e gasoso. A coexistência destes três estados implica que existem transferências contínuas de água de um estado para outro. Estas fases da água, envolvendo a atmosfera e a hidrosfera, formam o Ciclo das Águas ou Ciclo Hidrológico.

Características Físicas da Água na Pressão Atmosférica de 1 Atm (1.013,25 hPa).

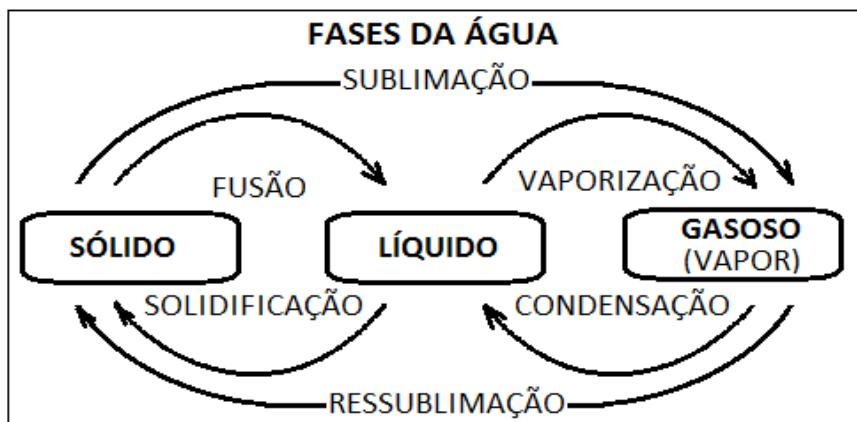
- Ponto de Ebuição: 100°C.
- Ponto de Fusão: 0°C.
- Densidade (Líquida a 4°C): 1.000 Kg / m³
- Densidade (Sólida): 917 Kg/m³

Fases da água no ciclo Hidrológico: CURVA TEMPERATURA X PRESSÃO



1. Evaporação: Passagem de líquido para vapor d'água.
2. Condensação: Passagem de vapor d'água para líquido (vapor d'água para gotículas na formação de nuvens e nevoeiros).

3. Solidificação (congelamento): Passagem de líquido para sólido (formação de neve, ou granizo nas nuvens Cúmulo-nimbos).
4. Liquefação: Passagem de sólido para líquido (derretimento do gelo).
5. Sublimação: Passagem direta de sólido para vapor (cristais de gelo para vapor d'água na formação de nuvens cirros).
6. Deposição ou Ressublimação: Passagem diretamente de vapor d'água para sólido (vapor d'água para cristais de gelo). A Ressublimação espontânea ocorre entre - 39°C e - 40°C.



6.1 Vapor d'água na atmosfera – Umidade relativa. Ponto de orvalho. Relação entre temperatura e ponto de orvalho

O Vapor d'água é distribuído em toda a atmosfera e a utiliza como meio de transporte. Grandes quantidades são encontradas próximo à superfície, decrescendo com a altura.

O ar mais quente pode reter mais vapor d'água do que o ar frio

Capacidade – é a propriedade da atmosfera reter vapor d'água.

Umidade - é a quantidade de vapor d'água no ar. A quantidade máxima de vapor que o ar pode absorver varia com a temperatura e chega a um máximo de 4%.

Considerando-se que a temperatura e a pressão permanecem as mesmas, a densidade do ar varia inversamente com a umidade.

Nos dias úmidos a densidade do ar é menor que nos dias secos. Por essa razão, uma aeronave requer uma pista mais longa para decolagem.

Umidade Absoluta (g / m³) - é a massa do vapor d'água (g) por unidade de volume (m³) do ar. A umidade absoluta é a quantidade de vapor d'água existente numa porção de atmosfera num determinado momento.

A umidade absoluta é diretamente proporcional à variação da temperatura:

- decresce do equador em direção aos polos;
- atinge o máximo no verão e o mínimo no inverno;

- é mais elevada durante o dia do que à noite;
- é maior sobre os oceanos e mares do que sobre os continentes;
- eleva-se sobre as florestas e torna-se mínima sobre os desertos.

Umidade Relativa do Ar – UR (%) – é a razão entre a quantidade de umidade do ar e a quantidade máxima que ele pode conter, para determinada temperatura.

Umidade relativa é inversamente proporcional à variação da temperatura.

- aumenta com a redução da temperatura;
- em idênticas condições geográficas, a umidade relativa é maior no inverno do que no verão;
- é maior à noite do que durante o dia;
- é maior nas regiões frias do que nas quentes.
- Os ventos procedentes do mar, especialmente no inverno, ao chegarem ao continente, mais frio que o oceano, causam grande aumento da umidade relativa.
- Os ventos continentais, pelo contrário, provocam uma redução da umidade relativa.
- O vapor de água presente no ar ajuda a reter calor. Assim verificamos que, em lugares mais secos, há menor retenção de calor na atmosfera e a diferença entre temperatura máxima e mínima é maior.

Temperatura de bulbo úmido (TBU) - temperatura do ar medida com um termômetro comum, cujo bulbo de vidro foi coberto com uma gaze úmida (resfriamento evaporativo).

A redução da Temperatura de Bulbo Úmido depende do teor de umidade do ar; quanto menor esta última, maior o abaixamento. A diferença entre a TBS e a TBU fornece a Umidade Relativa, através da Carta Psicrométrica.

Razão de mistura (g / Kg) - é a massa de vapor d'água por unidade de massa de ar seco.

Umidade Específica do Ar (g / Kg) - É a massa do vapor numa dada região em relação à massa total de ar daquela região.

Ponto de Orvalho - Dew Point (T d) - é definido como a temperatura em que o vapor de água presente no ar esta prestes a se condensar. É a menor temperatura onde ocorre a saturação do ar, interrompendo a capacidade do ar atmosférico para conter o vapor d'água.

Quando a temperatura do ponto de orvalho é menor que zero, chama-se ponto de geada.

Obs.: Nos Boletins METAR aparece juntamente com a temperatura do ar: 20/15 (temperatura do ar 20°C e temperatura do ponto de orvalho 15°C); a diferença entre esses dois valores indica maior ou menor umidade relativa do ar.

Psicrómetro – instrumento combinado, usado para indicar valores de temperatura do ar e fornecer dados para obtenção da temperatura do ponto de orvalho, umidade relativa e específica, razão de mistura e tensão do vapor.

Compõe-se de dois termômetros idênticos, de mercúrio (Hg), um denominado termômetro de bulbo seco que fica exposto à temperatura ambiente, e outro com o bulbo envolvido em gaze ou cadarço

de algodão, mantido molhado permanentemente, denominado termômetro de bulbo úmido.

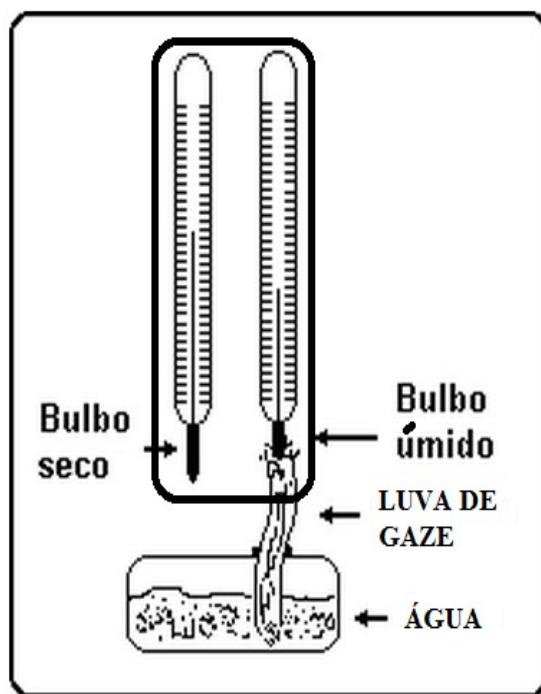
A evaporação provoca uma queda de temperatura no termômetro de bulbo úmido, e depende da saturação de vapor de água da atmosfera.

A partir das medições da temperatura de bulbo úmido (TBU) e da temperatura de bulbo seco (TBS), é calculada a diferença das temperaturas (TBS - TBU) dos dois termômetros, também chamada de depressão do termômetro úmido.

Com o valor da temperatura de bulbo seco (TBS) (temperatura ambiente) e a diferença de temperaturas (TBS - TBU), a umidade relativa do ar e a temperatura de Ponto de Orvalho (T_d) são determinadas através de cálculos no computador de voo, ábacos ou tabelas. (ver Anexos).

EXEMPLOS:

1. Temperatura do Termômetro Seco: TBS = + 26° C
- Temperatura do Termômetro Úmido: TBU = + 20° C
- Depressão do Termômetro Úmido: TBS-TBU = 6° C
- Tábua ou ábaco : $T_d = 17,1^\circ C$
- Temperatura do Termômetro Seco: TBS = + 26° C
- Temperatura do ponto de orvalho: $T_d = + 17,1^\circ C$
- Depressão do ponto de orvalho: TBS-Td = 8,9° C
- umidade relativa: 57,6% @ 58%



6.2 Formas visíveis de água na atmosfera: condensação, precipitação, sublimação e congelamento. Núcleo de condensação

Existem três processos gerais de condensação do vapor-d'água contido no ar atmosférico em uma determinada pressão, isto é, a um determinado nível de altitude:

- Resfriamento.
- acréscimo de umidade.

– resfriamento e acréscimo de umidade, combinados.

A condição de saturação do ar é importante porque qualquer resfriamento adicional do ar saturado força o vapor d'água a mudar de estado, retornando à forma líquida.

RESFRIAMENTO - o ar atmosférico úmido satura por resfriamento, através de um dos processos físicos ou combinação deles:

- Radiação;
- Convecção;
- Efeito orográfico;
- Efeito dinâmico;
- Advecção;

ACRÉSCIMO DE UMIDADE – a evaporação é o processo físico responsável pelo acréscimo de umidade na atmosfera.

Núcleos de Condensação - No processo de condensação, além do ar saturado, o que ocorre quando o ar é resfriado abaixo de seu ponto de orvalho, ou quando o vapor d'água é adicionado ao ar, deve haver também uma superfície sobre a qual o vapor d'água possa condensar.

Quando o orvalho se forma, objetos próximos ou sobre o solo servem a este propósito.

Quando a condensação ocorre no ar acima do solo, minúsculas partículas conhecidas como núcleos de condensação servem como superfície sobre a qual o vapor d'água condensa.

A atmosfera contém abundância de núcleos de condensação, como partículas microscópicas de poeira, fumaça e sal, que fornecem superfícies relativamente grandes sobre as quais a condensação ou deposição pode ocorrer.

Mais importante que a presença de núcleos relativamente grandes, contudo, é a presença de núcleos hidroscópicos, que têm uma afinidade química especial (atração) por moléculas de água (por exemplo, sais marinhos). A condensação começa sobre estes núcleos em umidades relativas abaixo de 100%.

Dependendo de sua formação específica, os núcleos são classificados em dois tipos:

- núcleos de condensação de nuvens - são ativos (isto é, promovem condensação) em temperaturas tanto acima como abaixo da temperatura de congelamento porque gotículas de água condensam e permanecem líquidas mesmo quando a temperatura da nuvem está abaixo de 0° C. Estas são as gotículas de água super-resfriadas.
- núcleos de formação de gelo - são menos abundantes e tornam-se ativos apenas em temperaturas bem abaixo do congelamento. Há dois tipos de núcleos de formação de gelo:
 1. núcleos de congelamento, que causam o congelamento de gotículas e tornam-se ativos, na maioria das vezes, abaixo de -10° C.
 2. núcleos de deposição (também chamados núcleos de ressublimação), sobre os quais o vapor d'água deposita diretamente como gelo. Estes se tornam completamente

ativos, na maioria das vezes, abaixo de -20° C.

Litometeoro- Fenômenos meteorológicos que ocorrem com a agregação de partículas sólidas suspensas na atmosfera e com UR < 80 %.

- *Névoa seca (HZ)* – partículas sólidas (poluição) que restringem a visibilidade entre 1.000 e 5.000 m (METAR)
- *Poeira (DU)* – partículas de terra em suspensão
- *Areia (SA)* – suspensa pelos ventos
- *Fumaça (FU)* – partículas oriundas de queimadas – distingue-se pelo odor.

São representados nas cartas sinóticas como área sombreada marrom.

6.3 A densidade do ar em função da umidade atmosférica

A densidade do ar seco varia com a pressão e a temperatura. Junto à superfície terrestre, à pressão normal de uma atmosfera (1013,25 hPa) e à temperatura de 15° C (288,15° K), a densidade do ar é de 1,225 Kg/m³.

O peso molecular médio do ar seco é de aproximadamente 28,96 Kg/mol.

O vapor de água, por outro lado, tem um peso molecular igual a 18 Kg/mol.

Se, para um dado volume de ar seco, forem substituídas algumas moléculas do ar por vapor d'água, a massa desse volume de ar ficará reduzida, donde se conclui que a densidade do ar úmido é inferior à do ar seco, à mesma pressão e temperatura.

Composição do ar com teor de água de 4%

Considerando apenas os componentes principais do ar: nitrogênio (78%), oxigênio (21%) e argônio (1%).

Se a água vai ocupar 4% do volume, então a soma dos demais componentes representará 100 – 4 = 96%.

Mantendo a proporção 78 – 21 – 1, teremos:

Nitrogênio: 78 x 0,96 = 74,88%

Oxigênio: 21 x 0,96 = 20,16%

Argônio: 1 x 0,96 = 0,96%

Água: 4,00%

TOTAL: 100,00%

7. Nuvens e nebulosidade

- Conhecer os processos de formação, a estruturação e os aspectos físicos das nuvens.
- Distinguir os tipos de nuvens de acordo com a classificação internacional.
- Interpretar a representação gráfica de nebulosidade apresentada nos informes meteorológicos e nas cartas de previsão.
- Características de nuvens mamatus e lenticulares.

7.1 Conceituação. Processos de formação: convectivo, orográfico e dinâmico

Nuvem - Conjunto visível de partículas minúsculas de água líquida ou de gelo, ou ambas ao mesmo tempo, em suspensão na atmosfera. Este conjunto também pode conter estas partículas em maiores dimensões, assim como outros tipos de partículas, como vapores industriais, fumaça e poeiras.

As nuvens estão sempre em constante modificação, assumindo as mais variadas formas e tamanhos.

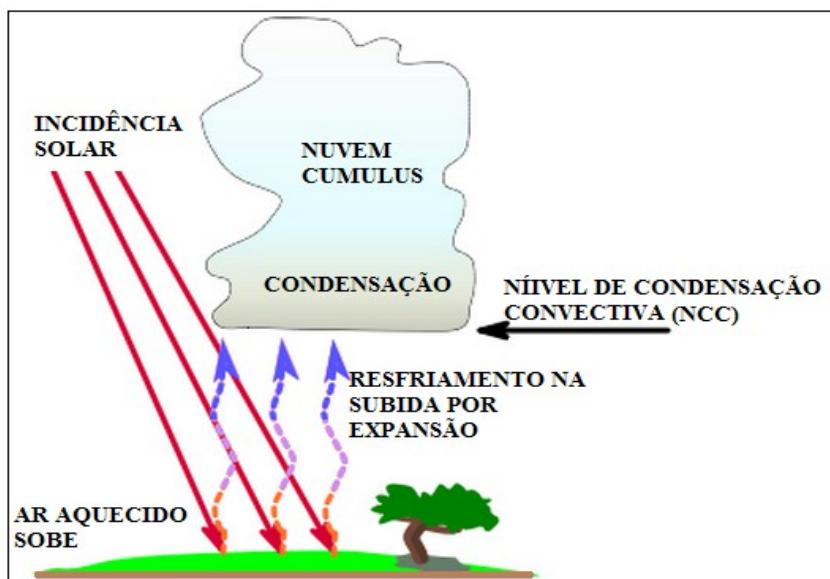
Aparência: a aparência de uma nuvem é determinada por vários fatores, tais como:

- partículas agregadas ao vapor d'água;
- intensidade e cor da luz incidente;
- posição em que se encontra o observador;

Luminância de uma nuvem: depende da quantidade de luz que é refletida, transmitida e difundida pelas partículas que a constituem. A fonte luminosa pode ser representada pelo Sol, pela Lua, ou mesmo pela luz artificial oriunda de uma grande cidade.

Cor de uma nuvem: depende essencialmente da cor da luz que recebe. Se houver névoa seca se interpondo entre a nuvem e o observador, este terá a visão de uma coloração amarelada ou mesmo avermelhada das nuvens, a longa distância.

PROCESSO DE FORMAÇÃO CONVECTIVO



Nível de Condensação Convectiva (NCC) - Altura na qual, uma parcela de ar úmido e aquecido que

se eleva adiabaticamente, vai se tornar saturada.

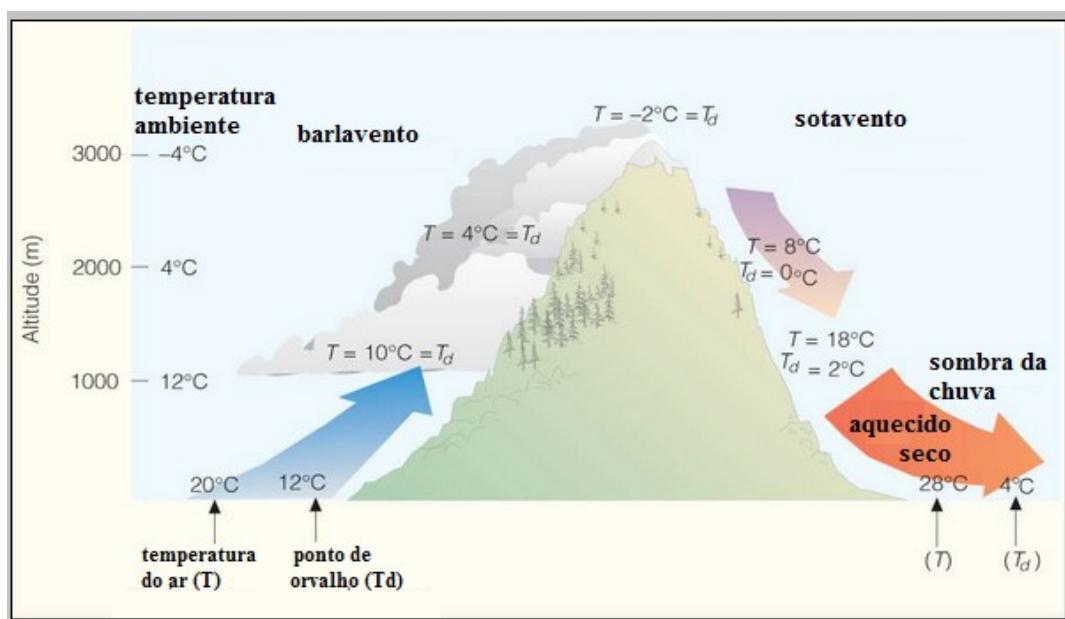
Uma parcela de ar úmido em movimento ascendente, expande-se por causa da pressão atmosférica menor, e também vai se resfriando por perda de temperatura pela expansão, sem troca de calor com o ambiente.

Quando o resfriamento for suficiente para atingir o ponto de saturação da umidade (100%), haverá a condensação do vapor d'água, formando-se então as nuvens convectivas (Cúmulos).

NUVENS FRONTAIS

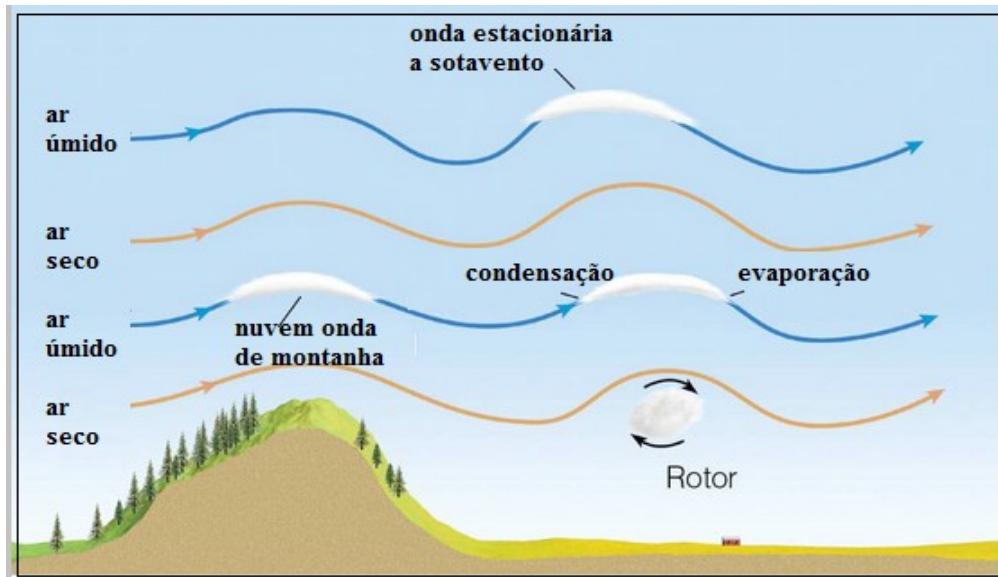
Assunto que será detalhado no estudo das Frentes.

NUVENS OROGRÁFICAS



As nuvens orográficas formam-se quando o vento tem uma componente perpendicular à montanha e a umidade relativa é suficientemente alta. As nuvens orográficas pertencem, usualmente, aos gêneros Alto-cúmulos, Estrato-cúmulos e Cúmulos. A barlavento, o ar é obrigado a subir, se resfriando até alcançar a saturação no NCC. A sotavento, o ar desce, se aquecendo e a nuvem vai se dissipando. Este fenômeno é conhecido em meteorologia por efeito de Foehn.

Outro fenômeno característico em zonas de montanha é o da formação de ondas estacionárias a sotavento da montanha. Nessas ondas, as nuvens podem formar-se e dissipar-se por um processo semelhante ao do efeito de Foehn. Geralmente estas nuvens, que se formam a sotavento, têm um perfil lenticular característico.



PROCESSO DINÂMICO (CONVERGÊNCIA)

Quando o ar se move, a partir de uma área de alta para uma área de baixa pressão, o ar se acumula e é forçado a subir. Isto é conhecido como convergência. O tipo de nuvem que irá formar depende do teor de umidade e da estabilidade das massas de ar forçadas a subir. Este fenômeno tende a resultar na formação de nuvens do tipo cirrostratus, pois o movimento ascendente de ar é mais fraco do que o associado à convecção.

7.2 Estrutura física: sólida, líquida e mista

As nuvens são constituídas por gotículas de água condensada, oriunda da evaporação da água na superfície do planeta, ou cristais de gelo que se formam em torno de núcleos microscópicos, geralmente de poeira suspensa na atmosfera.

Após formadas, as nuvens podem ser transportadas horizontalmente pelo vento, e também podem ser deslocadas tanto no sentido ascendente quanto descendente. Quando a nuvem é forçada a se elevar ocorre um resfriamento e as gotículas de água podem ser total ou parcialmente congeladas.

Quando os ventos forçam a nuvem para baixo ela pode se dissipar pela evaporação das gotículas de água. Com isso vemos que o estado físico das partículas constituintes das nuvens dependem de sua temperatura e altitude, podendo ser constituídas por gotículas de água e cristais de gelo ou, exclusivamente, por cristais de gelo em suspensão no ar úmido.

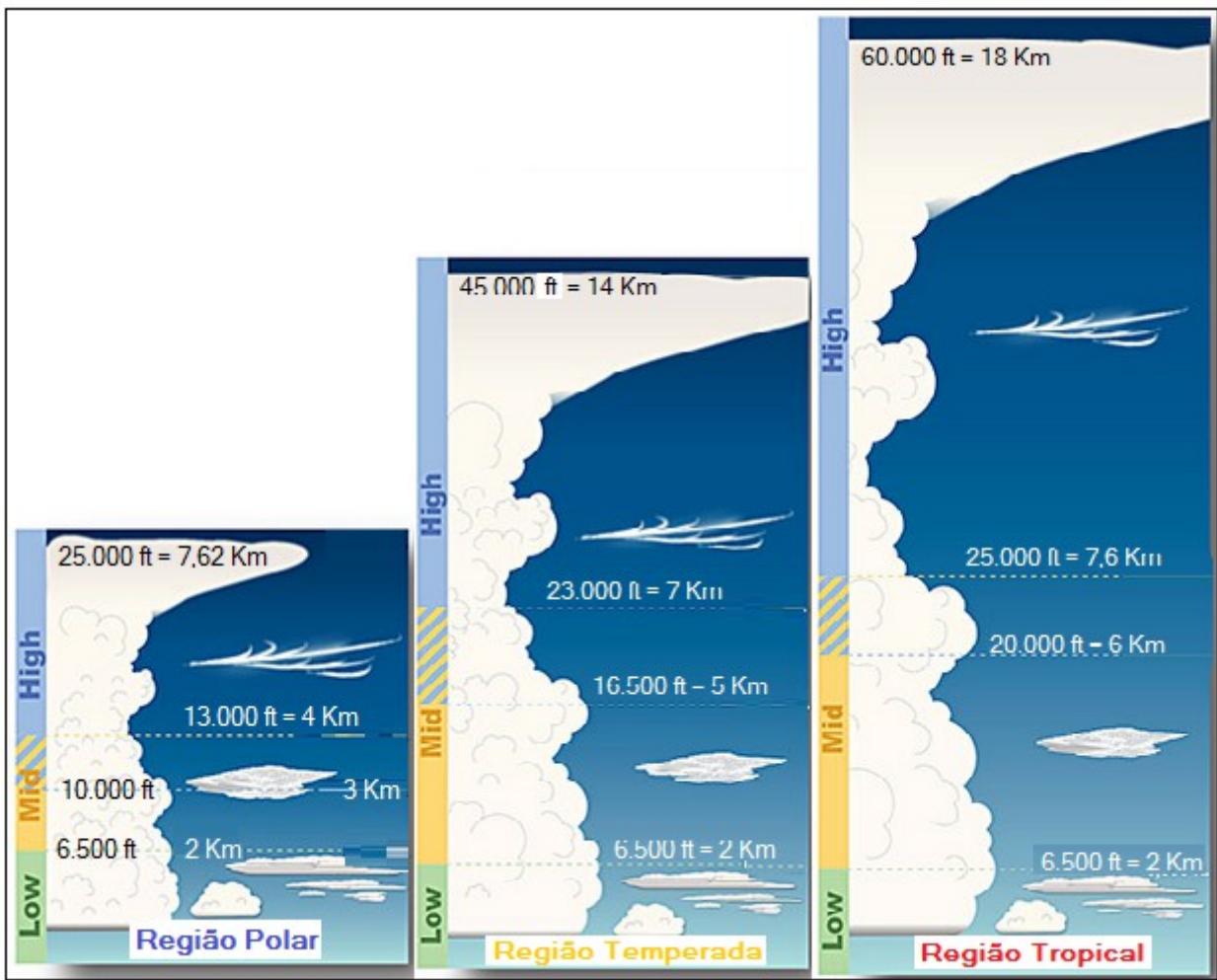
7.3 Aspectos físicos: nuvens cumuliformes e estratiformes

- Estratiformes (espalhadas) - desenvolvimento horizontal, de pouca espessura e cobrindo grande área; precipitação de caráter leve e contínuo.
- Cumuliformes (acumuladas) - desenvolvimento vertical, ocorrendo isoladas ou agrupadas mas com separação definida; podem se desenvolver até grandes alturas; precipitação forte, em pancadas e localizadas.

7.4 Tipos de nuvens – Classificação internacional

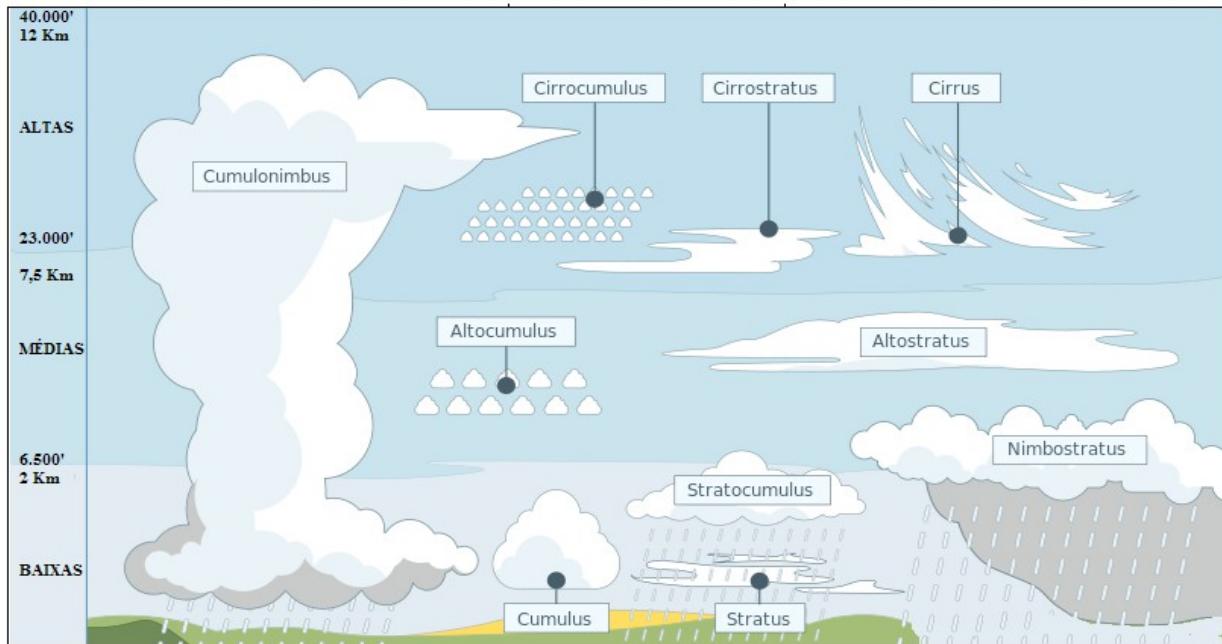
De acordo com o Altas Internacionais de Nuvens da OMM (Organização Meteorológica Mundial) existem três estágios de nuvens em função de suas alturas:

1. Nuvens Altas: base acima de 6km de altura – sólidas.
2. Nuvens Médias: base entre 2 a 4 km de altura nos polos, entre 2 a 7 km em latitudes médias, e entre 2 a 8 km no equador (maior parte do Brasil) - líquidas e mistas.
3. Nuvens Baixas: base podendo ir da superfície até 2km de altura – líquidas.



NOTA: As nuvens Cúmulo-nimbos apesar de terem a base em baixa altura, têm um desenvolvimento vertical muito grande, passando pelos três níveis convencionais.

<http://www.nws.noaa.gov/os/brochures/cloudbase.pdf>



7.4.1 Nuvens altas: cirros, cirro-cúmulos e cirro-estratos

- Cirros (CI): Ficam numa faixa de temperaturas entre 0 °C e - 40°C. Por isso são constituídas de microscópicos cristais de gelo. É a única nuvem de estrutura totalmente SÓLIDA. Podem adquirir algumas formas como o Rabo de Galo (Cirros Uncinus) o que indica a presença de ventos fortes em altitude. São bastante brancas e de aspecto fibroso ou filamentoso.

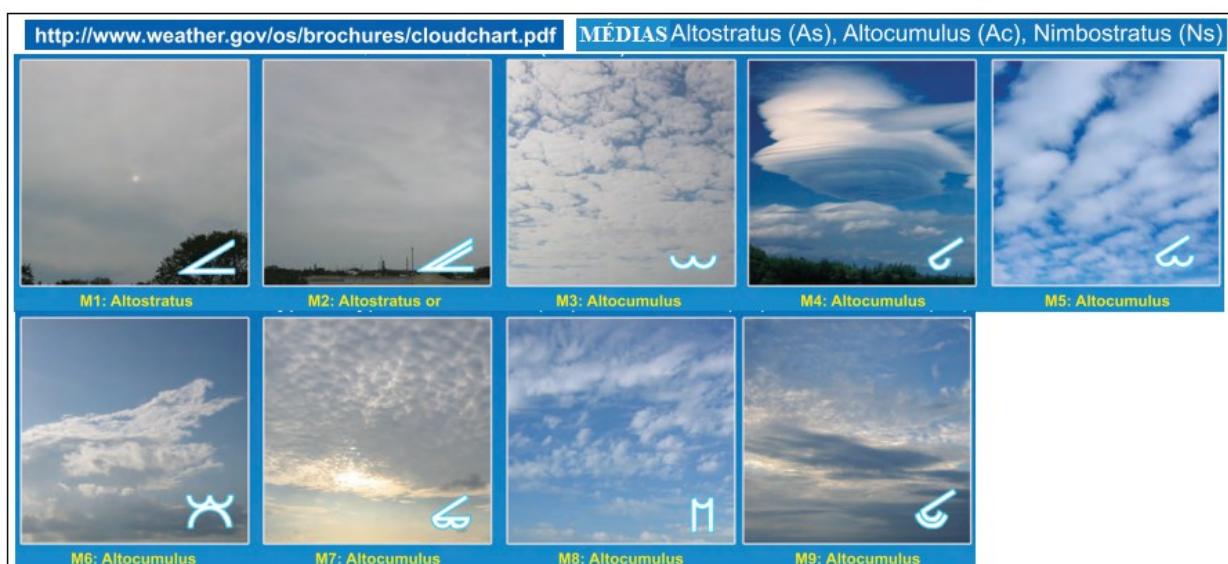


- Cirro-cúmulos (CC): delgadas, agrupam-se num padrão regular. São compostas de elementos extremamente pequenos e em forma de grãos e rugas. Servem para indicar a base de corrente de jato e turbulência. Formam-se em ar Instável.
- Cirro-estratos (CS): em forma de um véu quase transparente, fino e esbranquiçado, que não oculta o sol ou a lua, e por isso dão origem ao fenômeno de halo (foto meteoro). Se

localizam logo abaixo dos Cirros e também são formados por cristais de gelo.

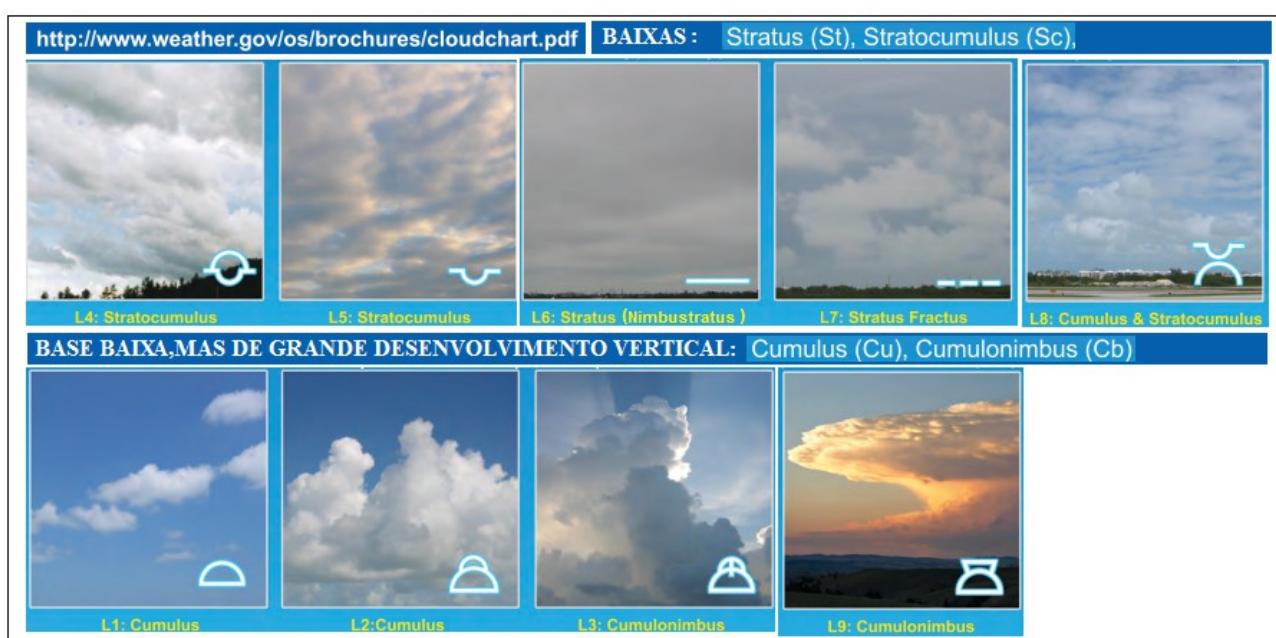
7.4.2 Nuvens médias: alto-estrato, alto-cúmulo e nimbo-estrato

- Alto-estrato (As): camadas cinzentas ou azuladas, muitas vezes associadas a alto-cúmulos; são compostas de gotículas super-resfriadas e cristais de gelo; não formam halo pois encobrem o sol de modo a "filtrar" sua luz; dão origem à precipitação leve e contínua. Se voar dentro deste tipo de nuvem pode estar sujeito à formação do gelo tipo ESCARCHA.
- Alto-cúmulo (AC): lençol ou camada de nuvens brancas ou cinzentas, tendo geralmente sombras próprias. Constituem o chamado "céu encarneirado".



7.4.3 Nuvens baixas: estratos (nimbo-estrato) e estratos-cúmulos

- Estratos (ST): muito baixas, em camadas uniformes e suaves, cor cinza; quando está rente à superfície, é considerada um nevoeiro; apresenta topo uniforme (ar estável) e produz

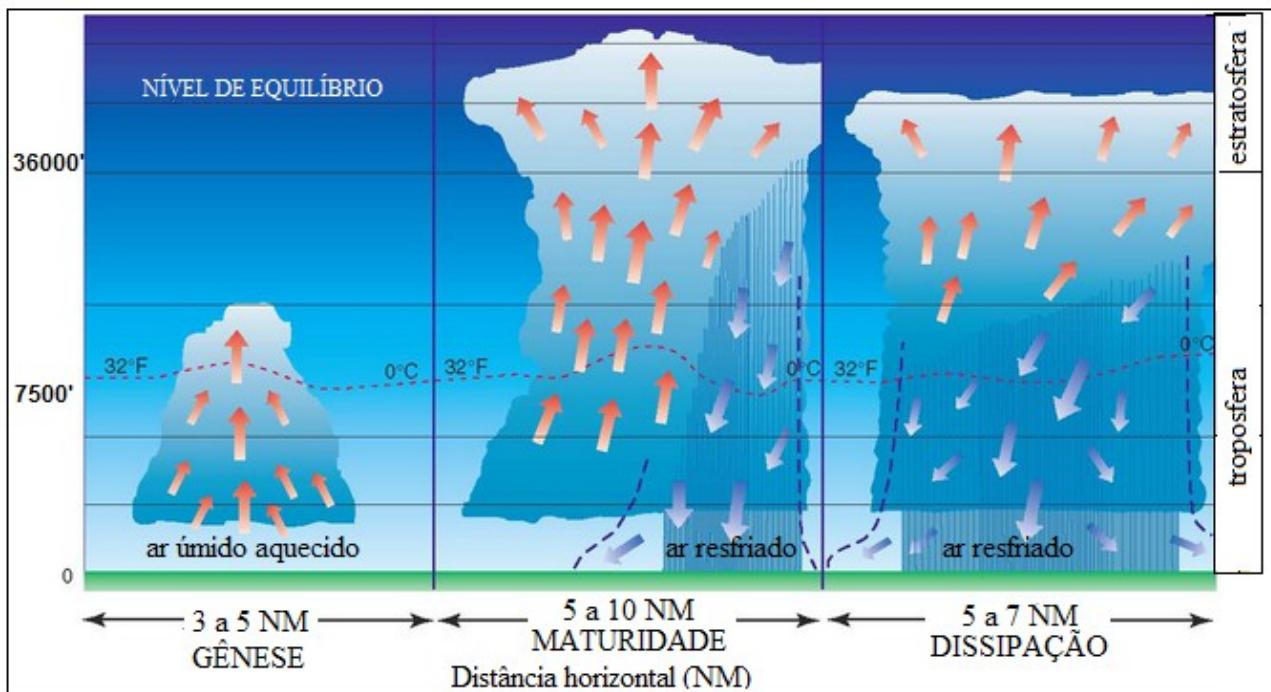


chuvisco (garoa). Quando se apresentam fracionadas, são chamadas fractoestratos (FS).

- Nimbo-estratos (NS): aspecto amorfó, base difusa e baixa, muito espessa, escura ou cinzenta; produz precipitação intermitente e mais ou menos intensa (Nimbo – palavra associada a chuva).
- Estratocúmulos (SC): lençol contínuo ou descontínuo, de cor cinza ou esbranquiçada, tendo sempre partes escuras. Única nuvem formada quando há equilíbrio condicional na atmosfera. Quando em voo, só há turbulência dentro da nuvem. Produzem chuva fraca, e nos climas frios, produzem neve.

7.4.4 Nuvens de acentuado desenvolvimento vertical: cúmulos e cúmulo-nimbos

- Cúmulos (CU): contornos bem definidos, assemelham-se a couve-flor; máxima frequência sobre a terra de dia e sobre a água de noite. Podem ser orográficas ou térmicas (convectivas);
- Fractocúmulos (FC) - quando se apresentam fracionadas.
- Cúmulos humilis (cúmulos de bom tempo) - parecem flocos densos de algodão e têm uma



base plana (mais escura) e contornos bem definidos que se vão tornando menos definidos à medida que amadurecem. As partes iluminadas pelo Sol têm uma cor branca brilhante. O crescimento vertical é pequeno e raramente há precipitação.

- Cúmulos Congestus – São mais desenvolvidas horizontal e verticalmente do que as Cúmulos recém-formadas.
- Cúmulo-nimbos (CB): nuvem de trovoada; base entre 700 e 1.500 m, com topes chegando a 24 e 35 km de altura, sendo a média entre 9 e 12 km; O detalhamento interno desta nuvem aparece no capítulo 17 – Formação de gelo nas aeronaves.
- Cúmulo-nimbos Incus : Apresentam o topo em forma de bigorna, com uma grande expansão horizontal devido aos ventos superiores, lembrando a forma de uma bigorna de ferreiro; essa parte é formado por cristais de gelo, que vão evoluindo para nuvens do tipo

Cirro-estratos (CS).

7.4.5 Representação gráfica de nebulosidade nos informes meteorológicos e nas cartas de previsão de tempo significativo

NEBULOSIDADE - refere-se à fração do céu coberta por nuvens, quando observado de uma localização em particular.

INFORMAÇÃO DA NEBULOSIDADE ATRAVÉS DE CÓDIGOS METEOROLÓGICOS
METAR/SPECI/TAF – Ver Capítulo 18.

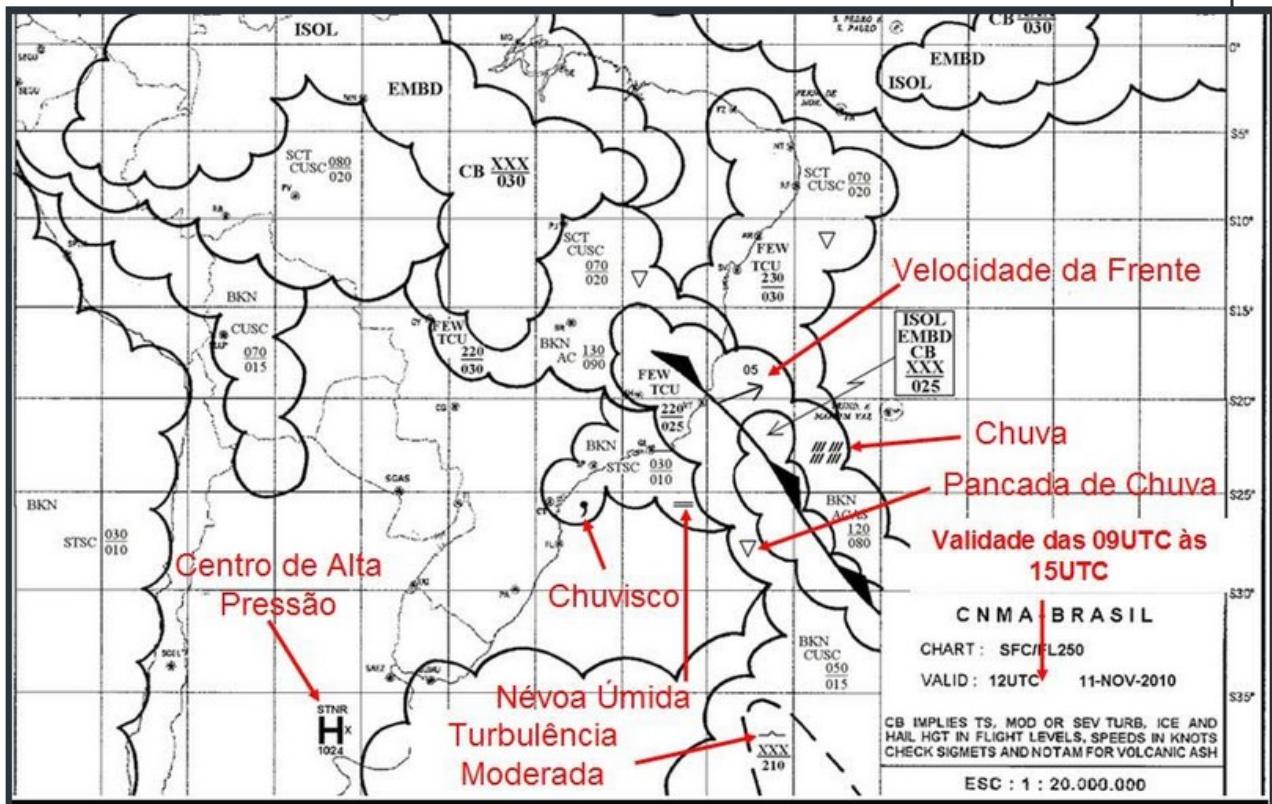
ABREVIATURAS USADAS PARA DESCREVER OS TIPOS DE NUVENTS NAS CARTAS SIGWX

- CI - CIRRUS
- SC – STRATOCUMULUS
- CC - CIRROCUMULUS
- ST – STRATUS
- CS - CIRROSTRATUS
- CU – CUMULUS
- AC - ALTOCUMULUS
- CB – CUMULONIMBUS
- AS - ALTOSTRATUS
- TCU - CUMULUS EM FORMA DE TORRES
- NS - NIMBOSTRATUS

QUANTIDADES DE NUVENTS - EXCETO CB:

- FEW - POUCO (1 A 2 OITAVOS)
- SCT - ESPARSO (3 A 4 OITAVOS)
- BKN - NUBLADO (5 A 7 OITAVOS)
- OVC - ENCOBERTO (8 OITAVOS)

Representação da nebulosidade e outros fenômenos numa Carta SIGWX:



SOMENTE CB:

- ISOL - CB INDIVIDUAIS (ISOLADOS)
- OCNL - CB BEM SEPARADOS (OCASIONAIS)
- FRQ - CB COM PEQUENA OU NENHUMA SEPARAÇÃO (FREQUENTES)
- EMBD - CB EMBUTIDOS EM CAMADAS DE OUTRAS NUVENS OU ENCOBERTOS POR NÉVOA SECA (EMBUTIDOS)

ALTURAS

Nas cartas SIGWX (modelos SWH e SWM), as alturas das nuvens são indicadas em níveis de voo (FL), na forma de fração, topo sobre a base. Quando XXX for usado, os topo ou as bases estarão fora da camada da atmosfera a que se refere a carta.

Nas cartas SWL, as alturas são indicadas como altitudes acima do nível médio do mar e a abreviatura SFC é usada para indicar o nível do solo.

7.4.6 Espécies de nuvens mamatus e lenticulares. Ocorrências e características

Nuvens Mammatus – são assustadoras e são mensageiras de tempestades e outros eventos meteorológicos extremos.



Normalmente compostas de gelo, elas podem se estender por centenas de quilômetros em vários sentidos e formações, permanecendo visíveis e estáticas entre 10 minutos e 1 hora, e aparecem antes ou depois de uma grande mudança meteorológica.

A formação das nuvens Mammatus é rara e na maioria das vezes está associada à formação de nuvens do tipo cúmulon-imbos, mas também podem ocorrer na alta atmosfera associadas a Estrato-cúmulos, alto-cúmulos, alto-estratos, cirros e cirro-cúmulos.

Também podem ocorrer em "trilhas de condensação" (nuvens artificiais provocadas por aviões) e em nuvens de poeira vulcânicas.

Nuvens do tipo Mammatus, quando associadas a um cúmulo-nimbo são indicadoras de tempo severo, mas em muitos casos indica que a tempestade está perdendo força.

Mammatus (também referenciado por mamma ou mammato-cúmulos) é um termo da meteorologia aplicado ao padrão de "bolsas" que se formam na base de uma nuvem, devido à semelhança com o formato de mamas ou seios.

Nuvens Lenticulares - são formações estacionárias de nuvens, com formato análogo a lentes, que se formam em altitude. Normalmente alinhadas com a perpendicular da direção do vento, elas podem ser separadas em alto-cúmulos lenticulares estacionários (ACSL), estratocúmulos lenticulares estacionários (SCSL), e Cirro-cúmulos lenticulares estacionários (CCSL).

Quando ar estável e úmido flui sobre uma montanha ou cadeia de montanhas, uma série de ondas estacionárias podem se formar à sotavento da mesma. Se a temperatura na crista da onda descer abaixo do ponto de orvalho, o vapor de água em suspensão se condensará formando a nuvem lenticular. Na continuação do fluxo de ar, ao descer em direção a depressão da onda, a nuvem pode evaporar-se, razão para suas bordas características.

Nuvens Lenticulares indicam presença de ondas de montanha, mas sem turbulência severa. Os Pilotos de aviões tendem a evitar o voo próximo a nuvens lenticulares devido à turbulência dos rotores que as acompanham, porém pilotos de planador as procuram deliberadamente. A localização exata do ar ascendente é relativamente fácil de prever pela orientação das nuvens. "Ascensão em ondas" desse tipo é normalmente muito forte e suave, permitindo aos planadores subirem a altitudes



notáveis e cobrirem grandes distâncias.

Nuvens Noctilucentes - ou nuvens polares mesosféricas (este último termo se aplica para quem as vê do espaço). A palavra “noctilucente” vem de “noite” e “luz”, e de fato só se pode vislumbrar uma dessas raras nuvens ao crepúsculo, quando elas exibem um intenso brilho azulado nas porções superiores de nossa atmosfera. São formadas nas imensas altitudes de 75 a 90 km.

8. Precipitações atmosféricas

- Conhecer as características das precipitações atmosféricas.
- Associar os tipos de precipitações com os diversos tipos de nuvens e seus efeitos sobre a visibilidade.

8.1 Conceituação. Classificação por tipos, intensidade e caráter

Hidrometeoros - são todos os meteoros aquosos, formados pela água tanto na forma gasosa (nuvem e nevoeiro) como na forma líquida e sólida. Apresentam-se sob a forma de depósito ou de precipitação (o excesso de gotículas d'água cai, por efeito da gravidade).

Classificam-se em : suspensos, depositados e precipitados.

SUSPENSOS:

- Nuvens – gotas d'água ou cristais de gelo, de acordo com a altura em que se formam.
- Nevoeiro – gotas d'água ou cristais de gelo restringindo a visibilidade horizontal a menos de 1000 m, com elevados valores de umidade relativa do ar, geralmente próximos a 100%, causando riscos às operações aéreas.
- Névoa úmida – gotas d'água com UR $\geq 80\%$ e visibilidade horizontal ≥ 1000 m e até 5000 (nos boletins METAR) .

DEPOSITADOS:

Orvalho [dew]- gotas d'água depositadas por condensação direta do vapor d'água, principalmente nas superfícies horizontais resfriadas pela radiação noturna.



Geada (finos cristais de gelo) – é o congelamento do orvalho sobre superfícies lisas ou folhagens de plantas e árvores. Forma-se por radiação, quando ocorre o resfriamento intenso da superfície, que perde calor durante as noites de céu limpo, sem vento, sob um anticiclone semi-estacionário (massa de ar polar), com ar frio e seco. Sob tais condições, ocorre a inversão térmica, ou seja a temperatura à superfície é muito menor que a temperatura do ar.



Escracha – são camadas brancas de cristais de gelo ou pontas cônicas, que formam-se do lado do vento quando existe nevoeiro super resfriado.



Sincelos - pequenas colunas pendentes, formadas pelo congelamento do orvalho ou da neve derretida, que escorre da beira dos telhados, quando a temperatura do ar está abaixo de 0°C.



O tipo de precipitação que chega ao solo depende do processo de formação dentro da nuvem e da temperatura do ar entre a base da nuvem e o solo.

PRECIPITADOS LÍQUIDOS:

Intensidades das precipitações: leve (-), moderada (sem sinal) ou forte (+).

Caráter das precipitações:

- Contínua: quando ocorre num período igual ou maior que 1 hora.
- Intermittente: sofre interrupções num período de 1 hora.
- Pancada: quando cai em grande quantidade (mais de 10 milímetros por hora) com duração máxima de 20 minutos.

Chuvisco - gotas d'água com diâmetro menor que 0,5mm.

É referida como "DZ" em observações meteorológicas e em código METAR.

Chuva - gotas d'água com diâmetro mínimo de 0,5mm.

É reportada como "RA" em observações meteorológicas e em código METAR. A intensidade de chuva é baseada na taxa de sua queda:

- "Muito Leve" resulta de gotas dispersas que não chegam a molhar completamente uma superfície.
- "Leve" apresenta taxa de queda inferior a 2,5mm por hora. (-)
- "Moderada" apresenta taxa de queda entre 2,5mm e 7,5mm por hora. (sem sinal)
- "Forte" apresenta taxa de queda superior a 7,5mm por hora. (+)

Virga - quando o nível de condensação (NCC) está muito elevado, a precipitação evapora-se antes de alcançar o solo.

COALESCÊNCIA - é o processo em que duas ou mais partículas ou gotículas d'água fundem-se, formando apenas uma única gota (ou bolha).

Em meteorologia, é um dos principais processos na formação de chuvas.

As pequenas gotículas são arrastadas pelos ventos ascendentes e descendentes no interior de uma nuvem, colidindo e coalescendo. Quando as gotículas tornam-se muito grandes para serem sustentados pelas correntes de ar, começam a cair em forma de chuva.

Este processo também acontece com a neve e o granizo.

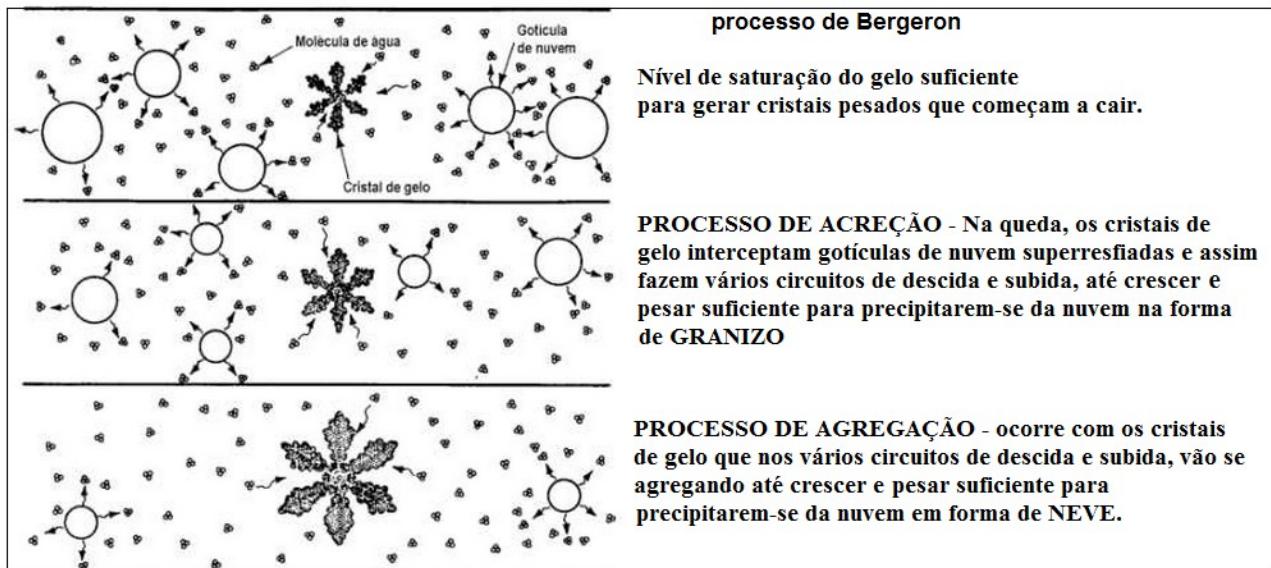
ISOIETA – Linha de uma carta de tempo, que liga pontos com a mesma quantidade de precipitação.

PRECIPITADOS SÓLIDOS:

- **Neve** (estrutura cristalina) - Cristais de gelo formam-se nas nuvens em que a temperatura está entre -20°C e -40°C. Para formar flocos de neve, os cristais se juntam enquanto caem e se tornam úmidos, mas só chegarão ao solo como neve se o ar estiver gelado em todo o percurso até o solo. Esse fenômeno ocorre principalmente nos lugares de clima polar, frio ou temperado. É informada como "SN" em observações meteorológicas e em código METAR.
- **Granizo** (hidrometeoro) - O granizo é um fenômeno meteorológico associado a condições de acentuada instabilidade atmosférica principalmente na fase de maturidade de uma nuvem CB, quando predominam as rajadas de vento, pancadas de chuva, fortes correntes descendentes e descargas elétricas. São grãos de gelo translúcidos, mais ou menos esféricos, cujo diâmetro oscila de 2 a 5 mm ; Podem cair separadas ou em blocos irregulares. A nuvem CB tem geralmente coloração esverdeada, que é o resultado da difusão da radiação

eletromagnética na faixa do visível nas partículas de gelo cristalizadas, que indicam condições propícias à intensa precipitação.

- **Saraiva** - São pedras de gelo ovais, variando em diâmetro de 5mm a 50mm ou mais. Nos boletins METAR, para diferenciar o tipo de precipitação sólida que está ocorrendo sobre o aeródromo, se granizo ou saraiva, é bom lembrar que o primeiro vem indicado como GS e o segundo como GR



As previsões de precipitações são representadas nas cartas SIGWX e cartas Sinóticas por área sombreada verde e símbolos, dentre os quais os da figura abaixo. Ver Capítulo 18.

★ NEVE	ÁREA SOMBREADA VERDE
‘ CHUVISCO	
/// CHUVA	

8.2 Associação dos tipos de precipitação com os diversos tipos de nuvens

NUVENS QUE PRODUZEM PRECIPITADOS LÍQUIDOS:

Chuvisco – associado a nuvens Estratos (ST).

Chuva leve e moderada – associado a nuvens Nimbos-estratos (NS).

Chuva forte - associado a nuvens Cúmulo-nimbos (CB).

Pancada - associado a nuvens Cúmulo-nimbos (CB).

NUVENS ASSOCIADAS A PRECIPITADOS SÓLIDOS:

Neve - associada a nuvens Estrato-cúmulos (SC).

Granizo – associado a nuvens Cúmulo-nimbos (CB).

Saraiva - associado a nuvens Cúmulo-nimbos (CB).

8.3 Efeitos das precipitações sobre a visibilidade

Ver CAPÍTULO 10.

9. Nevoeiro, névoa úmida e névoa seca

- Diferenciar nevoeiro de névoas.
- Identificar os tipos de nevoeiro.

Nevoeiro ou cerração (Fog -FG) – grande concentração de partículas higroscópicas em suspensão na camada inferior da atmosfera. É uma nuvem Estratus em contato com a superfície, porém, os processos de formação do nevoeiro são distintos dos da nuvem, pois têm estreita relação com inversão térmica ou com isotermia.

É um fenômeno meteorológico muito comum no Brasil, pois ocorre em condições dinamicamente estáveis, e tem como fatores coadjuvantes:

- proximidade de grandes reservatórios d'água;
- tipo de topografia;
- a circulação local (brisas);
- a vegetação;

Assim, sua previsão é de grande importância para o bom funcionamento da aviação.

Nevoeiro é diferente de Névoa seca e Névoa úmida. Suas principais características são:

- teor de umidade relativa (UR) ($> 97\%$);
- visibilidade horizontal menor que 1.000 m .

São condições essenciais para a formação de nevoeiros pela manhã, em vales e planícies:

- umidade elevada à tarde do dia anterior;
- céu limpo (fraca nebulosidade);
- ventos fracos;
- forte resfriamento noturno, pela radiação terrestre;
- ar seco acima da camada de inversão ou isotermia.

Névoa seca - (Haze - HZ) : suspensão de partículas microscópicas e não aquosas no ar, que reduzem a visibilidade e são suficientemente numerosas para dar ao ar um aspecto opaco.

Suas principais características são:

- visibilidade acima de 1.000 m;
- umidade relativa UR abaixo de 80%.

É muito comum a ocorrência desse fenômeno nas grandes cidades, sobretudo nos dias frios de inverno, provocadas por subsidiência (movimento vertical descendente de ar frio) associada à presença de uma inversão térmica. Quando ocorre nas proximidades de aeroportos, a redução da visibilidade pode afetar as operações de pouso e decolagem.

Névoa Úmida ou Neblina (Brume - BR) – é um nevoeiro menos denso.

Suas principais características são:

- visibilidade horizontal de 1.000 a 5.000m.
- Umidade relativa UR $> 95\%$.

9.1 Conceituações. Processos de formação. Efeitos sobre o voo

NÉVOA ÚMIDA 	NEVOEIRO 	NÉVOA FORTE DE AREIA OU POEIRA 	TEMPESTADE DE AREIA 	NÉVOA SECA 	FUMAÇA 
ÁREA SOMBREADA NA COR AMARELA	ÁREA SOMBREADA NA COR AMARELA	ÁREA SOMBREADA NA COR MARROM			
TEMPO SIGNIFICATIVO Significant Weather					
DZ - Chuvisco drizzle	GS - Granizos pequenos e/ou grãos de neve small hail and/or snow pellets	SA - Areia sand			
RA - Chuva rain	BR - Névoa úmida mist	HZ - Névoa seca haze			
SN - Neve snow	FG - Nevoeiro fog	PO - Poeira/areia em redemoinhos dust/sand whirls			
SG - Grãos de neve snow grains	FU - Fumaça smoke	SQ - Tempestade squall			
IC - Cristais de gelo ice crystals	VA - Cinzas vulcânicas volcanic ash	FC - Nuvem funil (tornado ou tromba d'água) funnel cloud			
PL - Pelotas de gelo ice pellets	DU - Poeira em área extensa widespread dust	SS - Tempestade de areia sandstorm			
GR - Granizo hail		DS - Tempestade de poeira duststorm			

NEVOEIROS - podem ser classificados em dois grandes grupos, em função do meio a atingir o ponto de orvalho:

1. grupo (A): considera o aumento do vapor d'água no ar, até que a temperatura do ponto de orvalho iguale à temperatura do ar.
2. grupo (B): considera o resfriamento do ar até atingir o ponto de orvalho; São chamados nevoeiros de massas de ar e formam-se no interior de uma massa de ar, quente ou fria, e subdividem-se em nevoeiros de radiação e de advecção.



EFEITOS DO NEVOEIRO SOBRE O VOO - Classificação da intensidade dos Nevoeiros nos aeródromos em função da restrição à visibilidade horizontal:

- Forte: visibilidade < 100 m
- Moderada: visibilidade entre 100m e 500m.
- Leve: visibilidade entre 500m e 1.000 m.

9.2 Nevoeiros frontais, de radiação, de brisa e orográfico: formação e dissipação

NEVOEIROS DO GRUPO “A” (AUMENTO DO VAPOR D’ÁGUA):

- Frontais:
 - Nevoeiro Pré-frontal – forma-se à frente da linha frontal do avanço de uma frente quente.
 - Nevoeiro Pós-frontal - forma-se após a linha frontal de uma frente fria.

NEVOEIROS DO GRUPO “B” (RESFRIAMENTO DE MASSAS DE AR QUENTE E ÚMIDA):

- *Nevoeiros de radiação ou de Superfície*: Formam-se quando o solo perde calor rapidamente, geralmente em noites de céu claro, apresentando ocorrência mais frequente no outono e no inverno das latitudes tropicais e subtropicais.
- *Nevoeiros Advectivos de massa de ar quente e úmida* - Formam-se como resultado do deslocamento horizontal do ar quente e úmido sobre a superfície fria, ou de terra ou de água:
 - Nevoeiro Marítimo - ocorre no verão das latitudes temperadas, resultante do contato do ar quente, do continente, com a superfície marítima fria.
 - Nevoeiro Orográfico - ocorre como resultado do deslocamento de ar quente e úmido sobre a encosta suave de uma elevação.
 - Nevoeiro de brisa marítima - ocorre no inverno, em latitudes temperadas e circumpolares, resultante do contato do ar marítimo quente, com o litoral frio.

NEVOEIROS ESPECIAIS:

- Nevoeiro Glacial - de ocorrência apenas nas latitudes polares, resulta da ressublimação do vapor d’água presente nas massas de ar, próximas à superfície gelada.
- Nevoeiro de vapor (advecivo de massa de ar frio) - ocorre no outono e inverno sobre mares, rios e lagos, resultante do contato do ar frio do continente com a superfície líquida mais aquecida.

Definições de qualificadores e fenômenos meteorológicos para Nevoeiros

DESCRITOR	
MI – Baixo	Somente será utilizado com FG. Uma camada entre o solo e 2 m acima dele (nível suposto do olho do Observador Meteorologista) em que a visibilidade aparente é inferior a 1.000 m. Operacionalmente, MIFG pode causar problemas, pois as marcações das luzes da pista podem ficar ocultas.
BC – Bancos	Somente será utilizado com FG e indica a ocorrência de bancos de nevoeiro que cobrem aleatoriamente o aeródromo.
PR – Parcial	Somente será utilizado com FG e indica que uma parte do aeródromo está coberta por nevoeiro (visibilidade menor que 1.000 m). No entanto, no restante do aeródromo a visibilidade é de 1.000 m ou mais.
FZ – Congelante	Utilizado somente com FG, DZ ou RA, quando a temperatura da água precipitada é inferior a 0°C. No impacto com o solo ou aeronaves, as gotas de água formam uma mistura de água e gelo liso. O nevoeiro congelante normalmente deposita sincelo e raramente gelo liso.

DISSIPAÇÃO DE NEVOEIRO

A dissipação de um nevoeiro pode ser causada por diversos fatores, sendo os principais deles o aumento da velocidade do vento e o aquecimento solar. Entretanto, o aquecimento solar só é capaz de dissipar um nevoeiro formado sobre superfície que não seja líquida, pois, sobre a água, a ação do calor solar aumenta a evaporação, intensificando o nevoeiro.

NOTA: Os nevoeiros, além de reduzirem a visibilidade horizontal a menos de 1.000 m, podem também, reduzir consideravelmente a visibilidade vertical, não permitindo que um observador do solo aviste o céu ou as nuvens acima do nevoeiro; quando ocorrer esta situação, o nevoeiro será classificado como nevoeiro de céu obscurecido (céu invisível).

Pelo fato de reduzirem drasticamente a visibilidade, os nevoeiros inviabilizam as operações aéreas e cabe ao operador da Estação Meteorológica a melhor observação, a fim de esclarecer ao usuário (o aeronavegante), para que o mesmo possa voar em total segurança.

Os nevoeiros são representados nas cartas sinóticas como área sombreada amarela.

10. Visibilidade

- Descrever os tipos de visibilidade a serem considerados para a realização de um voo
- Identificar os elementos redutores de visibilidade.

10.1 Conceituação. Tipos de visibilidade: horizontal, vertical e oblíqua. Classificação da visibilidade: estimada e medida

A redução da visibilidade está ligada diretamente ao fenômeno da difusão, e afeta sobremaneira as operações de pouso e decolagem, assim como tira as condições do voos VFR.

A visibilidade nos aeródromos é medida por estimativa. Nos aeródromos que operam com pouso de precisão, a visibilidade ao longo das pistas é medida com visibilômetros, os quais são instalados de acordo com o Anexo 3, 4.7, da OACI.

As estimativas visuais são efetuadas por um observador meteorológico. Cada estação tem um plano de objetos de referência utilizados para as observações, onde constam suas distâncias e respectivas orientações.

Em meteorologia aeronáutica são seis as referências de visibilidade (VIS) :

1. Visibilidade horizontal – visibilidade do Observador Meteorológico em relação a 360º em torno do ponto de observação.

A visibilidade horizontal prevista deve ser informada, em metros, conforme o seguinte:

- a) incrementos de 50 m até o valor de 800 m;
- b) incrementos de 100 m para valores de 800 a 5.000 m;
- c) incrementos de 1.000 m para valores de 5.000 a 9.000 m;
- d) 9999 para indicar 10 km ou mais.

O período para se determinar os valores médios de visibilidade horizontal deve ser de:

- a) 10 minutos para o METAR AUTO e SPECI AUTO;
- b) 1 minuto para os mostradores nos Órgãos ATS locais.

2. Visibilidade vertical (VV) – distância máxima, em metros, que o Observador pode ver e identificar um objeto na vertical (nuvens); utilizam-se os tetômetros (farol teto e eletrônico) para medir pontualmente a base da camada de nuvens.

A altura da base das nuvens e a visibilidade vertical devem ser informadas em centenas de pés (ft).

Quando o céu estiver obscurecido, a visibilidade vertical deverá ser informada no lugar do(s) grupo(s) de nuvens.

3. Visibilidade oblíqua – visão do piloto quando em voo em relação a um ponto no terreno.

4. Visibilidade de aproximação – distância na qual um piloto, em sua trajetória de planeio de aproximação por instrumento, pode ver os auxílios de pouso no umbral da pista.

5. Alcance visual da pista – AVP (Runway Visual Range ou RVR) – distância máxima ao longo do eixo da pista, medida por equipamentos eletrônicos (visibilômetro, diafanômetro ou RVR) e informado na mensagem METAR quando a visibilidade horizontal for menor que 1.500 m. Dado importante para pouso ou decolagem.

6. Visibilidade predominante - representa as condições de visibilidade na estação meteorológica, cobrindo pelo menos 180° do horizonte, em setores contíguos, ou não.

10.2 Elementos redutores da visibilidade – Hidrometeoros e lito meteoros: características e correlação com os fenômenos meteorológicos

A visibilidade varia desde nula, se for inferior a 100m (em situações de nevoeiro denso), até valores máximos, quando são visíveis todos os objetos a qualquer distância, salvaguardando as restrições impostas pela perspectiva geométrica.

FENÔMENOS METEOROLÓGICOS E RESTRIÇÕES À VISIBILIDADE			
Elemento	Visibilidade	Umidade relativa	
Chuvas	De 300 a 800 m	~100%	
Chuvisco	300 m		
Nevoeiro	< 1.000 metros		
Névoa úmida	de 1 a 5 km	>= 80%	
Névoa seca		< 80%	
Fumaça	<= 5 km		
Poeira			
Areia			

11. Estabilidade atmosférica

- Conceituar estabilidade atmosférica e gradiente térmico.
- Caracterizar gradiente térmico vertical.
- Reconhecer as causas da estabilidade/instabilidade e seus efeitos sobre o voo

11.1 Estabilidade atmosférica e gradiente térmico – Conceituações

ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA - O movimento vertical da atmosfera é parte importante no transporte de energia, e influencia intensamente o ciclo hidrológico, como o conhecemos. Sem movimento vertical não haveria precipitação, mistura de poluentes, portanto, não haveriam os eventos do tempo como hoje ocorrem.

São três tipos de movimento vertical da atmosfera:

1. Movimento forçado:
 - quando o ar é forçado a subir sobre uma montanha;
 - ar quente e úmido forçado a subir sobre o ar mais frio (frentes);
 - por convergência horizontal de massas de ar (gradiente de pressão).
2. Movimento convectivo: o ar aquecido sobe porque é menos denso do que o ar nas vizinhanças, e neste caso, a ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA é muito importante.
3. Subsidiência – Movimento descendente de parcelas de ar resfriado.
 - A subsidência geralmente provoca alta pressão barométrica.
 - As altas pressões polares são áreas de subsidência quase contínua; estas áreas de subsidência são a causa de grande parte dos ventos dominantes.
 - A subsidência pode também causar fenômenos meteorológicos de menor escala, como a neblina matinal.
 - Um exemplo de subsidência extrema é o das rajadas descendentes, que podem provocar danos semelhantes aos de tornados.
 - Uma forma menos extrema de subsidência designa-se por corrente descendente.

Processo adiabático – resfriamento e aquecimento adiabáticos

Processo adiabático – Ocorre quando uma parcela de ar muda seu estado físico (pressão, volume ou temperatura) sem troca de calor com o ambiente.

Para entender os processos adiabáticos na atmosfera devemos considerar as correntes ascendentes e descendentes de ar, como se fossem compostas de unidades discretas de massa, chamadas parcelas de ar (bolhas), que são consideradas:

- termicamente isoladas do ambiente, de modo que sua temperatura muda adiabaticamente quando sobem ou descem (sem troca de calor com o meio);
- como tende a mesma pressão do ar ambiente no mesmo nível;
- movendo-se com lentidão suficiente para que sua energia cinética seja uma fração omissível de sua energia total.

O processo responsável pela formação de nuvens na atmosfera é um exemplo de processo adiabático: é o resfriamento por expansão da parcela de ar, que ocorre proporcionalmente à sua

elevação na atmosfera.

O aquecimento por compressão ocorre quando a parcela do ar resfriado (mais denso) desce na atmosfera.

11.2 Gradiente térmico vertical – para ar seco e para ar saturado. Processo adiabático. Inversão de temperatura: conceito e condições de tempo associadas às inversões de temperatura junto à superfície

Nível de Condensação Convectiva (NCC) - Altura na qual, uma parcela de ar úmido e aquecido que se eleva adiabaticamente, vai se tornar saturada.

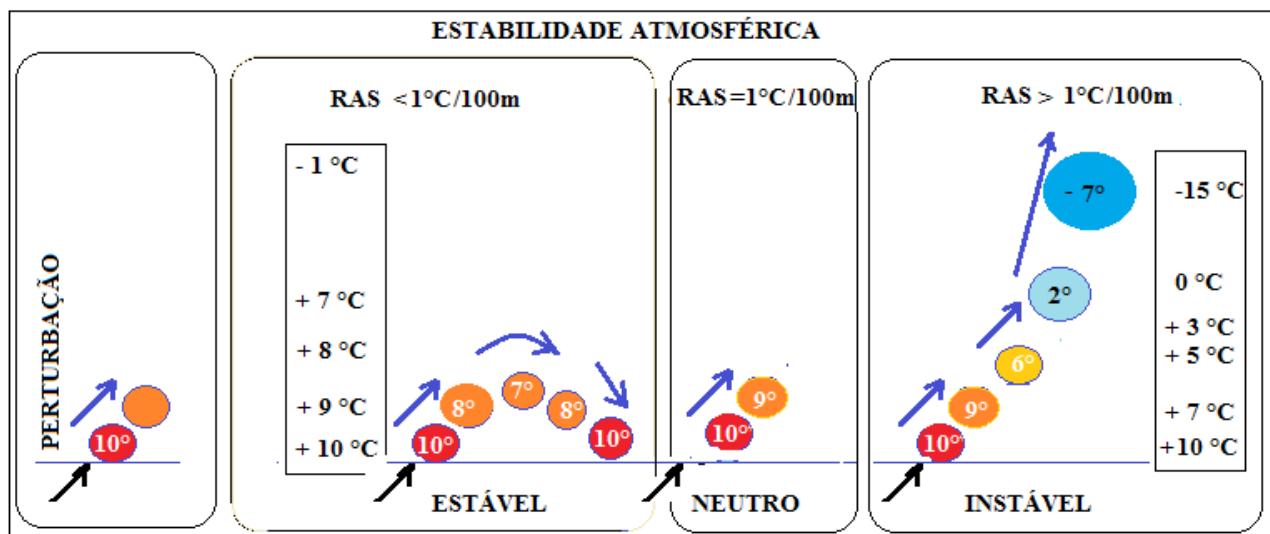
Parcelas de ar ascendentes, não saturadas, se resfriam com a taxa adiabática seca. Após atingir a saturação, no nível de condensação convectiva (NCC), o resfriamento se dá segundo a taxa adiabática úmida ou saturada.

Gradiente térmico vertical PADRÃO (Positivo): $GT (\text{ }^{\circ}\text{C} / 100\text{m}) = [\Delta T / (H / 100)]$

- $2^{\circ}\text{C} / 1.000 \text{ pés}$.
- $0,65^{\circ}\text{C} / 100\text{m} \text{ ou } 6,5^{\circ}\text{C} / 1.000\text{m}$.
- $35,6^{\circ}\text{F} / 1.000 \text{ pés}$.

Razão adiabática seca (RAS) – gradiente vertical de temperatura de uma parcela de ar seco que, ao se elevar, vai se resfriando adiabaticamente na proporção de $1^{\circ}\text{C} / 100 \text{ m}$ ou $10^{\circ}\text{C} / 1.000\text{m}$; na descida, o ar irá se aquecer adiabaticamente na mesma proporção.

- Se o gradiente térmico vertical for maior que (RAS) $1^{\circ}\text{C} / 100 \text{ m}$, a parcela de ar seco se torna instável e tenderá a subir;
- Se o gradiente for menor que (RAS) $1^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$, a parcela de ar seco se torna estável e tenderá a descer.
- Se o gradiente térmico vertical for igual à (RAS) $1^{\circ}\text{C} / 100 \text{ m}$, a parcela de ar seco se manterá neutra, e permanecerá parada.



Razão adiabática úmida (RAU) - gradiente vertical de temperatura que ocorre com o ar saturado na proporção média de $0,6^{\circ}\text{C} / 100 \text{ m}$ ou $6^{\circ}\text{C} / 1.000\text{m}$. Este valor é verificado a partir da altura do Nível de Condensação Convectiva (NCC).

- Se o gradiente térmico vertical for maior que (RAU) $0,6^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$, a parcela de ar úmido se torna instável e tenderá a subir;
- Se o gradiente for menor que (RAU) $0,6^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$ a parcela de ar úmido se torna estável e tenderá a descer.
- Se o gradiente for igual à (RAU), $0,6^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$, a parcela de ar úmido se manterá neutra, e permanecerá parada.

OUTROS GRADIENTES TÉRMICOS

- *Gradiente do Ponto de Orvalho*: a temperatura do ponto de orvalho decresce, em média, $0,2^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$ ou $2^{\circ}\text{C} / 1.000\text{m}$.
- Gradiente Isotérmico: não há variação de temperatura com a altitude.
- Gradiente negativo: é uma inversão térmica na Troposfera. A temperatura cresce com a altitude.
- Gradiente Autoconvectivo: máximo valor para o GT Superadiabático na atmosfera ($3,42^{\circ}\text{C}/100\text{m}$)

COMPARATIVO DOS GRADIENTES TÉRMICOS	
decrece mais lentamente	Gradiente da Temperatura do Ponto de Orvalho (Td) $0,2^{\circ}\text{C} / 100 \text{ m}$.
decrece mais rapidamente	Razão Adiabática úmida (RAU) $0,6^{\circ}\text{C} / 100 \text{ m}$.
	Gradiente térmico NORMAL $0,65^{\circ}\text{C} / 100 \text{ m}$.
decrece mais rapidamente	Razão Adiabática seca (RAS) $1^{\circ}\text{C} / 100 \text{ m}$.
	Superadiabático $> 1^{\circ}\text{C} / 100 \text{ m}$.
	Autoconvectivo (valor máximo) $3,42^{\circ}\text{C} / 100 \text{ m}$.

Temperatura Convectiva de Superfície (TT) - é a temperatura que uma parcela de ar deve ter à superfície, para que ocorra convecção a partir de uma pequena perturbação.

Inversão de Temperatura (gradiente negativo) - As condições mais estáveis ocorrem durante uma inversão de temperatura (a temperatura cresce com a altura).

Sintomas:

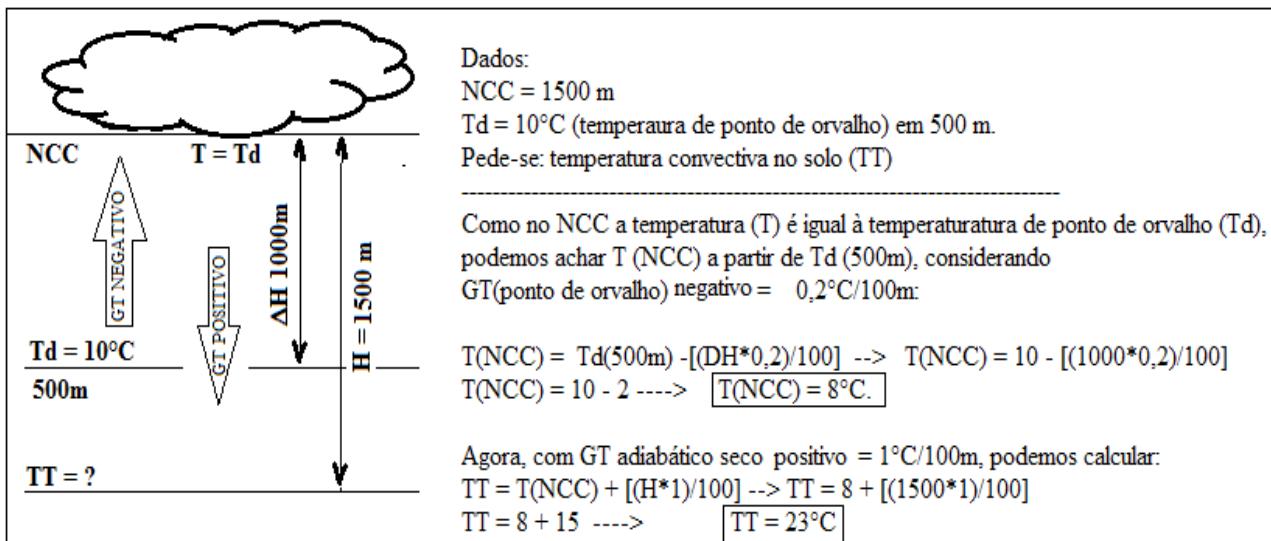
- Poluentes confinados na camada mais baixa (sobre centros urbanos ou industriais);
- Nevoeiro espalhado à superfície;

Qualquer fator que resfrie o ar mais próximo à superfície torna o ar mais estável.

A estabilidade é aumentada por:

1. resfriamento radiativo da superfície da Terra após o por do sol e, por consequência, do ar próximo à superfície;

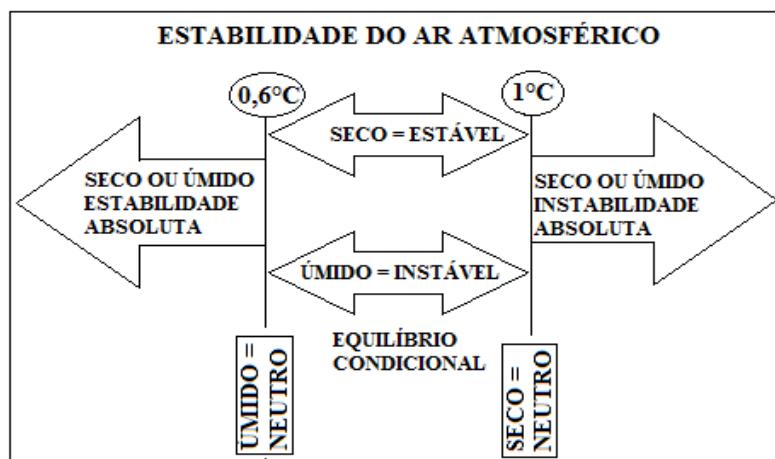
2. resfriamento de uma massa de ar, por baixo, quando ela atravessa uma superfície fria;
3. subsidência de uma coluna de ar frio.



11.3 Ar estável e instável – Definição. Causas e características da instabilidade. Efeitos da umidade e fenômenos resultantes. Nível de condensação por convecção (NNC)

ESTABILIDADE – condição onde há ausência de movimentos convectivos ascendentes, podendo produzir nuvens estratiformes, névoas ou nevoeiros e pode ocorrer precipitação leve e contínua, provocando a restrição da visibilidade.

INSTABILIDADE – condição onde predominam os movimentos convectivos ascendentes, produzindo nuvens do tipo cúmulos e cúmulo-nimbos que podem gerar precipitação em forma de pancadas. Com exceção dos períodos de precipitação, ocorre boa visibilidade.



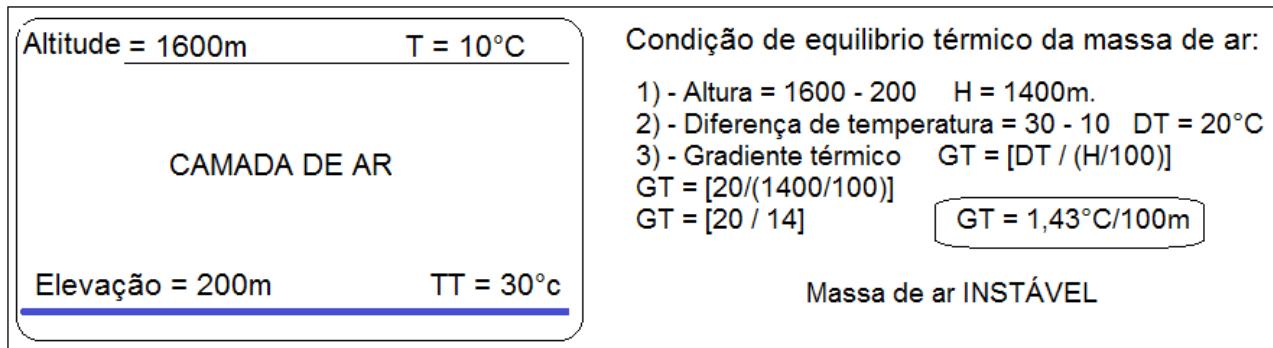
Conforme o gradiente térmico vertical existente, a atmosfera apresentará 3 situações possíveis:

1. Estabilidade absoluta: independente do teor de umidade do ar, a atmosfera será **ESTÁVEL** sempre que ocorrer o GT menor que $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$.
2. Instabilidade absoluta: independente do teor de umidade, a atmosfera será **INSTÁVEL** sempre que o GT for Superadiabático (maior do que $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$); A parcela de ar em

ascensão está mais aquecida que o ar envolvente.

3. Atmosfera condicionada: quando o GT da atmosfera for maior que $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ e menor que $1,0^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, a situação será de equilíbrio condicional:
- AR SECO – atmosfera terá **estabilidade condicional**;
 - AR ÚMIDO/SATURADO – atmosfera terá **instabilidade condicional**.

Propício à formação de nuvens Estratocúmulos.



CÁLCULO DA ALTURA (H) DA BASE DE NUVEM CONVECTIVA: **H = 125 (TT - T d)**

Dados: (TT), (RAS) = $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ e (T d) = $0,2^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$

$$\text{Constante} = [100 / (\text{RAS} - \text{G Td})] \rightarrow 100 / (1 - 0,2) \rightarrow 100 / 0,8 \rightarrow \text{Constante} = 125$$

CÁLCULO DA ALTURA DA BASE DE NUVENS CONVECTIVAS

$$H = 125 \times (T - T_d)$$

Onde T é a temperatura do ar e Td a temperatura do ponto de orvalho, ambas em superfície. O resultado é dado por H, em metros. Exemplos didáticos:

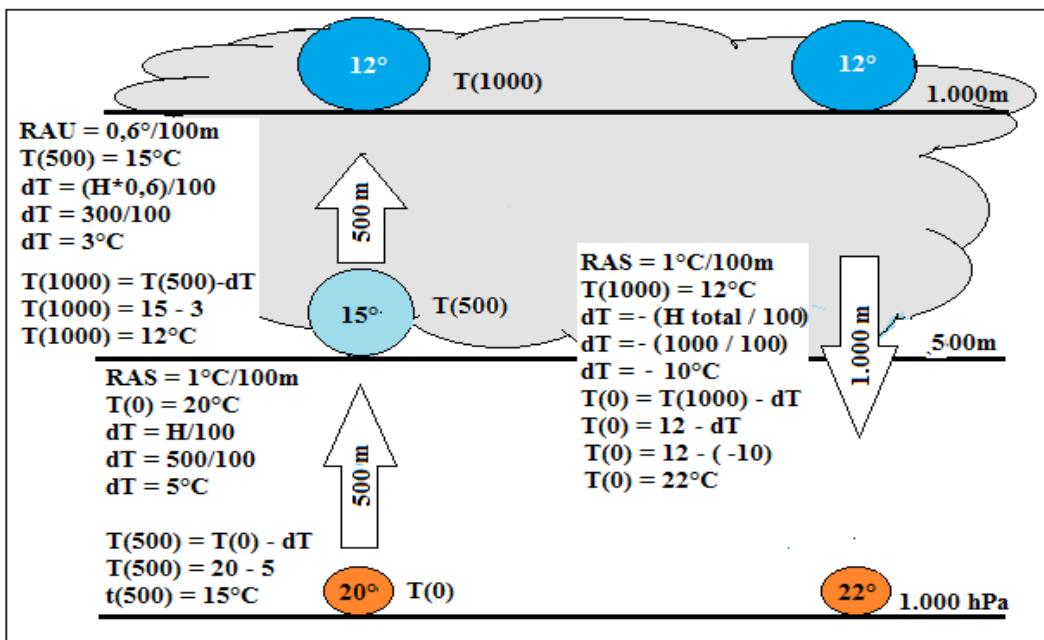
Temp. Ar ($^{\circ}\text{C}$)	Temp. Ponto Orv. ($^{\circ}\text{C}$)	Cálculos	Altura da Base NCC (m)
32	20	$H = 125 \times (T - T_d)$ $H = 125 \times (32 - 20)$ $H = 125 \times 12$	1500
20	15	$H = 125 \times (20 - 15)$ $H = 125 \times 5$	625
0	-3	$H = 125 \times (0 - (-3))$ $H = 125 \times (0 + 3)$ $H = 125 \times 3$	375
18	18	$H = 125 \times (18 - 18)$ $H = 125 \times 0$	0 (Nevoeiro em SFC)

Cada grau de diferença entre a temperatura da superfície e a do ponto de orvalho produz um aumento na altura (H) da base da nuvem de 125 m.

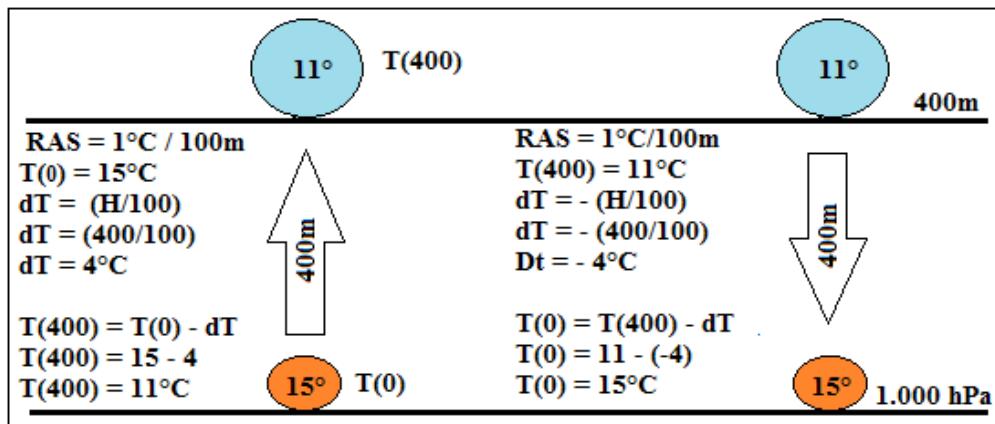
- Ar mais seco produz bases de nuvens mais altas;
- Ar mais úmido produz bases de nuvens mais baixas;

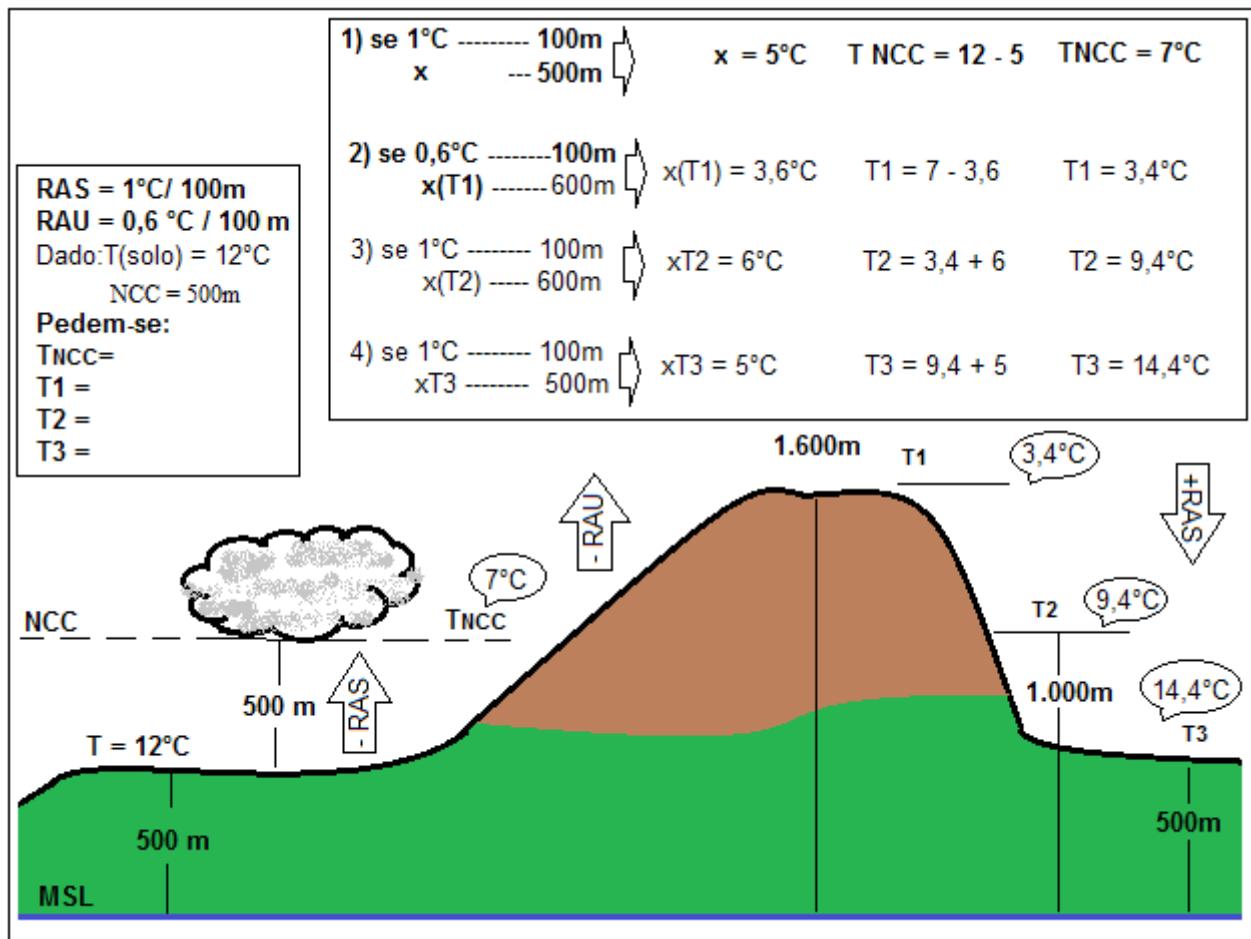
Temperatura Potencial - é definida como a temperatura que uma parcela de ar teria se fosse expandida ou comprimida adiabaticamente seca, de seu estado real de pressão e temperatura para uma pressão padrão (geralmente 1000 mb).

Temperatura Potencial Equivalente - é a temperatura que uma parcela de ar teria se toda a sua umidade fosse condensada e o calor latente liberado fosse usado para aquecer essa parcela de ar.



Essa parcela se eleva pela RAS, a partir do nível padrão de 1.000 hPa, até atingir o NCC e continua se elevando pela RAU até determinada altura, e em seguida, retorna ao nível padrão somente pela RAS. Nesse ponto ela estará com a temperatura maior do que a inicial, pois este processo, pseudo adiabático, houve ganho de calor latente pela condensação ocorrida acima do NCC.



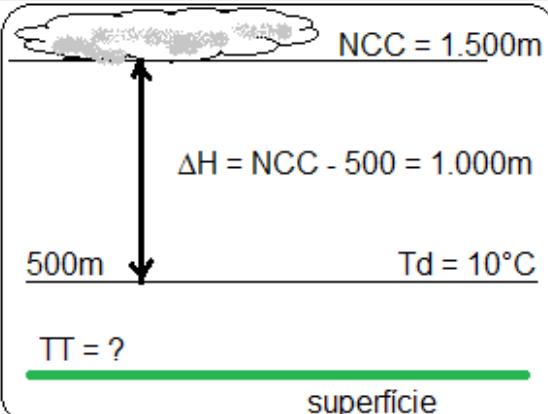


Calcular a temperatura do ar à superfície (TT).

Dados:

$$NCC = 1.500m$$

$Td = 10^\circ C$ (temperatura do ponto de orvalho) no nível de 500m.



Como no NCC as Temperaturas do ar e ponto de orvalho são iguais, primeiro se calcula esse valor a partir da Td em 500m:

Cálculo de ΔT para cima, razão adiabática negativa:

Com $\Delta h = 1.000m$ e com a RA de Ponto de Orvalho, teremos:

$$\Delta T = 10 \times 0,2^\circ C/100m \rightarrow \Delta T = -2^\circ C$$

Somando-se esse valor à Td em 500m, teremos:

$$T(1.500m) = Td(1.500m) = 10 - 2 \text{ ou}$$

$$T(1.500m) = Td(1.500m) = 8^\circ C$$

Cálculo de ΔT para baixo, razão adiabática positiva:

Com $\Delta h = 1.500 m$ e com a RAS, teremos:

$$\Delta T = 15 \times 1^\circ C/100m \rightarrow \Delta T = 15^\circ C$$

Somando-se esse valor à $T(1500m)$, teremos:

$$TT = 15 + 8 = 23^\circ C$$

$$\boxed{TT = 23^\circ C}$$

12. Turbulência

- Enumerar os fatores que determinam a formação das turbulências.
- Descrever as técnicas e procedimentos para evitar ou minimizar os efeitos da turbulência sobre a aeronave principalmente na decolagem e no pouso.

12.1 Conceituação. Causas. Fenômenos meteorológicos associados às turbulências.

Turbulência térmica e mecânica a baixa altura. Efeitos sobre o voo e sobre a aeronave

TURBULÊNCIA

Mecânica dos fluidos - escoamento de um fluido em que as partículas se misturam de forma não linear ou caótica, com turbulência e redemoinhos e em oposição ao fluxo laminar.

Atmosfera - a turbulência do ar é causada por movimentos irregulares e intensos da atmosfera ou por parcelas de ar vizinhas e com densidades diferentes.

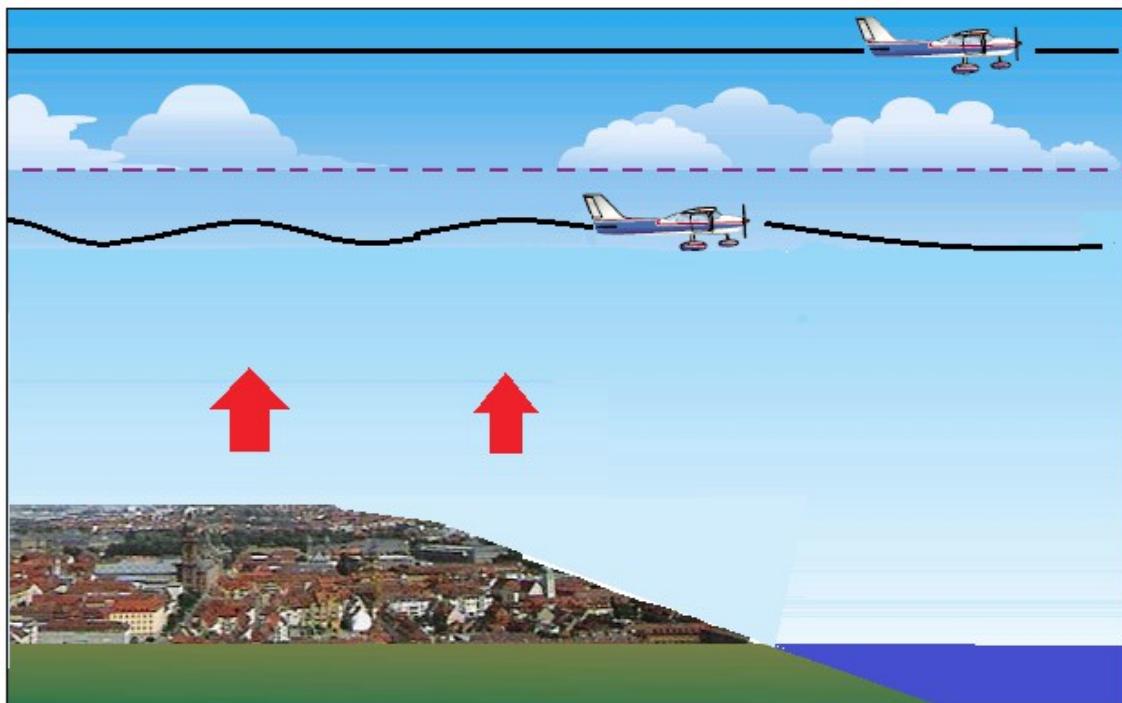
Efeitos da turbulência na navegação aérea : provoca alteração da sustentação da aeronave em tempos curtos, causando movimentos bruscos que podem produzir danos ao equipamento e aos usuários, sendo causa de incidentes e até culminar em acidentes.

TIPOS E CAUSAS DAS TURBULÊNCIAS:

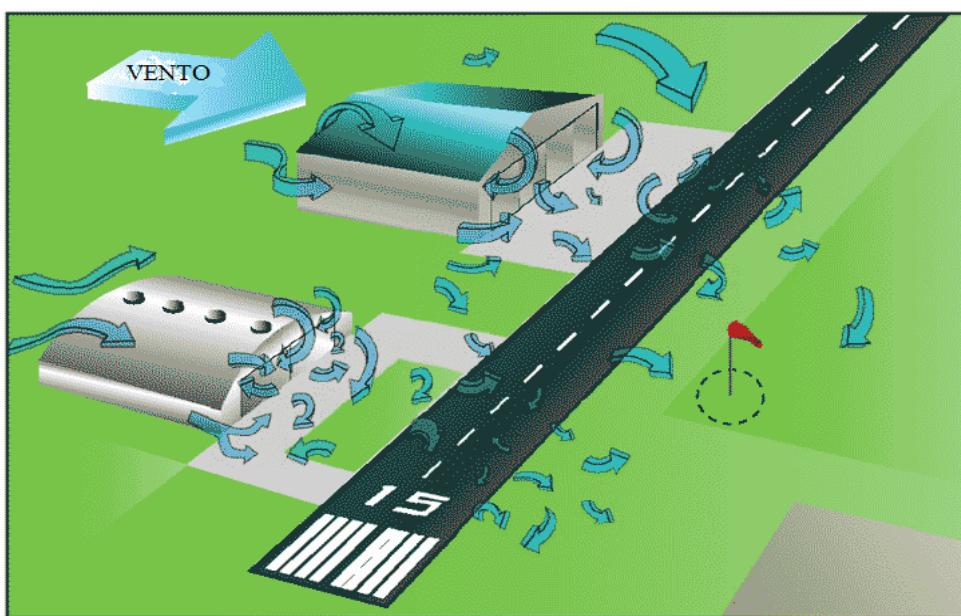
1. TURBULÊNCIA TÉRMICA OU CONVECTIVA - Correntes convectivas alternadas fazem com que a aeronave suba e desça, desviando-se da trajetória pretendida. Ocorre a baixas alturas:



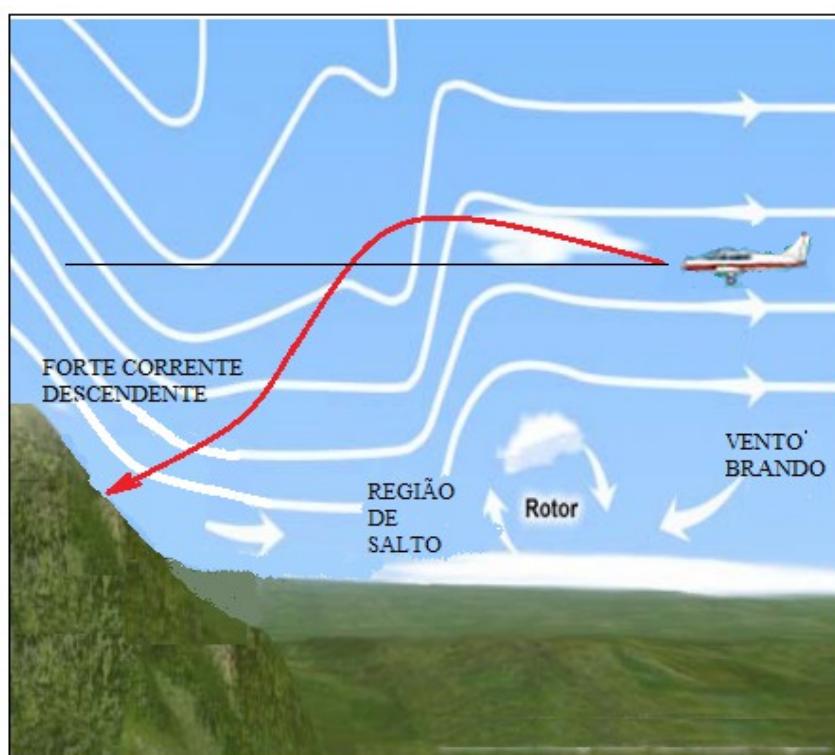
- a) típica da região entre a superfície e a base das nuvens cúmuliformes, quando o Gradiente Térmico for superadiabático ($GT > 1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$). Com GT entre $0,6$ e $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, ocorrerá somente dentro das nuvens.



- b) O voo à tarde, no verão, a baixas altitudes, é normalmente caracterizado pela turbulência térmica. Ou com céu claro, ou com a presença de nuvens CU esparsas.
- c) Superfícies diferentes irradiam ou absorvem calor em quantidades diferentes. Terra arada, rochas, areia e asfalto, emitem uma grande quantidade de calor. Água, e áreas cobertas de vegetação tendem a absorver e reter o calor durante o dia.
- d) O aquecimento desigual do ar cria pequenas áreas de circulação local chamadas correntes de convecção, ascendentes e descendentes, que interferem tanto no pouso como no voo a baixas altitudes. Por isso, é recomendado voar acima da camada de nuvens cúmulos.



- TURBULÊNCIA MECÂNICA
- De solo - Forma-se devido aos desvios do fluxo do vento à superfície, onde há obstáculos e edificações.
- Orográfica – Forma-se a sotavento das montanhas devido a formação de ondas orográficas estacionárias (ondas de montanha) . Pode ser identificada pela presença de nuvens lenticulares (Cúmulos Lenticulares) que se formam ao topo destas mesmas ondas , pode ser também identificada pela presença de nuvens rolo (em forma de espiral), e que se formam a sotavento, na base das montanhas.



As Ondas de Montanha são formadas quando ventos de 20 nós ou mais atingem perpendicularmente uma montanha com 30° ou mais de inclinação.

A barlavento da montanha, o ar é forçado a subir, enquanto à sotavento desce e estende seu efeito para baixo, sobre o vale, na forma de ondas, que podem se propagar por vários quilômetros, sendo as ondas mais próximas à montanha as mais turbulentas.

A turbulência nesse caso é de origem mecânica e sua extensão e intensidade dependem diretamente da velocidade do vento, da rugosidade do terreno, altura do obstáculo e da estabilidade do ar.

Apesar de serem mais intensas, de acordo com a altitude mais elevada, as ondas de montanha podem ocorrer em qualquer faixa de terreno montanhoso ou sucessão de cristas com pelo menos 300 pés ou mais de altura.

A turbulência gerada por uma Onda de Montanha pode ser tão intensa quanto à ocasionada por uma trovoada.

O fenômeno pode ser detectado visualmente através das nuvens lenticulares (em forma de discos). Tais nuvens se formam a barlavento das elevações montanhosas e têm posição estacionária, assim como as chamadas nuvens capuz (espécie de chapéu que se forma sobre a parte superior das serras) que, além da turbulência associada, encobre os picos das montanhas.

Logo abaixo do fluxo das ondas podem se formar as nuvens rotoras e, junto a estas se encontra a turbulência mais severa, principalmente dentro e abaixo dessas nuvens, podendo ocorrer até Windshear (cortante do vento).

Tanto as nuvens rotoras, quanto as lenticulares, só irão se formar se houver condições de temperatura e umidade para isso. Caso contrário, as Ondas de Montanha ficarão praticamente invisíveis, portanto, mais perigosas para os pilotos que não terão a indicação visual dessa turbulência.

Durante o inverno há maior probabilidade de se deparar com o fenômeno, quando o ar se encontra mais estável.

VELOCIDADE DO VENTO INCIDENTE NA MONTANHA	INTENSIDADE DA TURBULÊNCIA	ALCANCE HORIZONTAL DA TURBULÊNCIA EM Km
25	LEVE	8 a 12
50	MODERADA	12 a 20
80	FORTE	20 a 40

2. TURBULÊNCIA DINÂMICA

- a) FRONTAL: Ascensão do ar ao longo das rampas frontais das frentes frias;
- b) CORTANTE DO VENTO -WIND SHEAR (WS).
- c) TURBULÊNCIA DE AR CLARO – CLEAR AIR TURBULENCE (CAT).
- d) CORRENTES DE JATO – JET STREAM (JS).

WIND SHEAR – Cortante do vento, Tesoura de vento, Gradiente de vento ou cisalhamento do vento, pode ser definida como uma variação na direção e/ou na velocidade do vento forte, em uma curta distância, tanto na horizontal como na vertical.

CLASSIFICAÇÃO (Mínimos de intensidade)

- a) Leve de 0 a 4 KT/30m (0 a 2,1 m/s - 30m);
- b) Moderada de 5 a 8 KT/30m (2,6 a 4,1 m/s - 30m);
- c) Forte de 9 a 12 KT/30m (4,6 a 6,2 m/s - 30m) e
- d) Severa acima de 12 KT/30m (mais de 6,2 m/s – 30m).

ORIGEM:

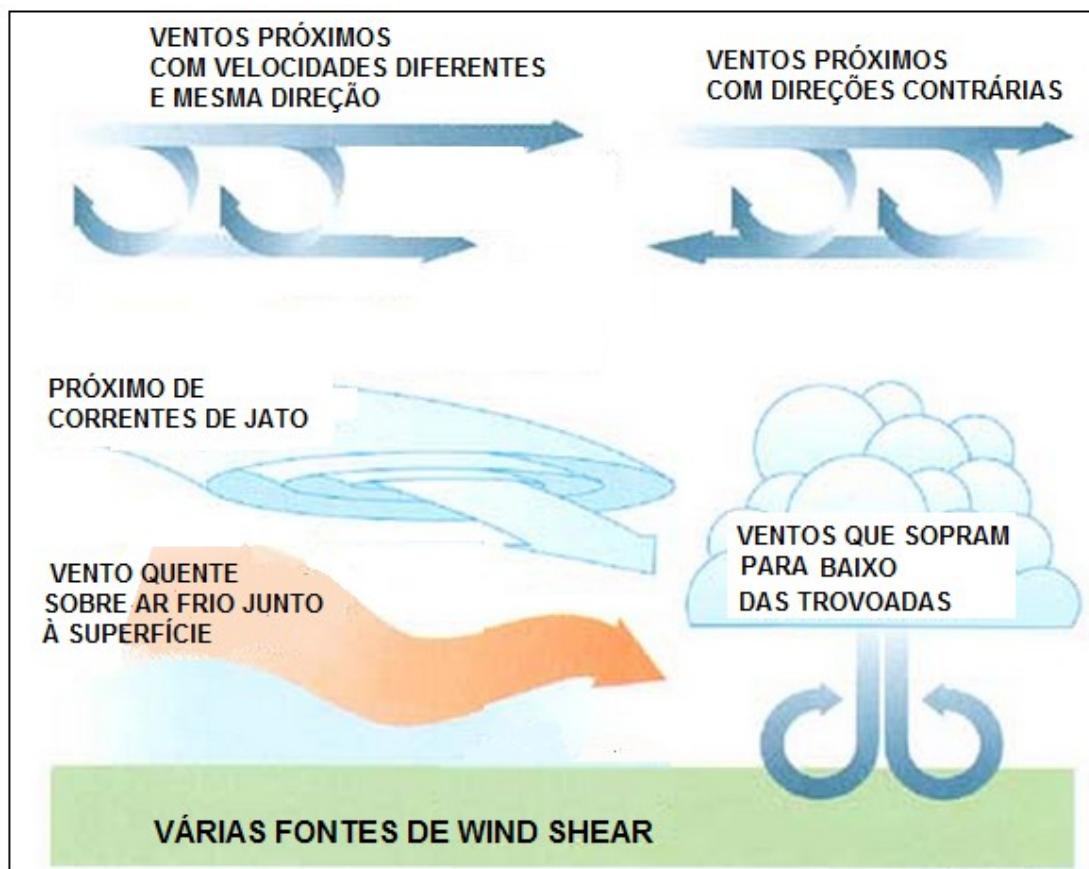
Trovoadas, virga, sistemas frontais, correntes de jato, ventos fortes à superfície, brisas marítimas e terrestres, ondas de montanha, linhas de instabilidade e fortes inversões de temperatura, dentre outras.

CORTANTE DO VENTO FRONTAL

A diferença do regime de ventos em massas de ar separadas por uma linha frontal, acarreta a "Cortante do vento" na zona de transição. No entanto, apenas as frentes relativamente intensas (fortes), com uma zona de transição bastante delgada, na qual a variação do vento é abrupta, são as que apresentam "Cortante do Vento" capazes de afetar as operações das aeronaves. Esta Cortante do Vento é sentida na parte posterior da frente fria e na dianteira da frente quente.

CORTANTE DO VENTO RELACIONADA COM A BRISA DO MAR

Nos aeroportos situados em áreas costeiras, no final da primavera e no decorrer do verão, pode desenvolver-se, durante o dia, um gradiente de temperatura significativo entre o ar localizado sobre a terra aquecida e o ar mais frio que sopra da praia. A brisa, que se desenvolve suavemente, alcança, na parte da tarde, velocidade de 10 a 14 KT, intensificando-se de 800 a 1200 pés de altura e penetrando no continente, às vezes, mais de 50 km.



CORTANTE DO VENTO RELACIONADA COM O VENTO DE VALE

O resfriamento da superfície terrestre, por radiação, acarreta uma queda na temperatura do ar numa camada próxima da superfície. Esta queda de temperatura faz com que no topo desta camada surja uma inversão de temperatura (a temperatura aumenta com a altitude por uma curta distância).

Nos aeroportos localizados em vales, quando sob a influência da penetração de altas pressões, um gradiente de vento significativo ocorrerá, se os ventos soprarem muito fortes através do topo da camada de inversão.

c) CAT (Clear Air Turbulence) TURBULÊNCIA DE AR CLARO – turbulência que surge sem nenhuma indicação visual, sob céu claro. Geralmente está associada à Corrente de Jato (Jet Stream), com velocidades acima de 50 kt e de até 300 kt em altitudes acima de 20.000 ft. As cartas SIGWX dos FL250 / FL630 mostram as áreas previstas de CAT e JET STREAM.

A turbulência de céu claro pode se manifestar em diferentes condições. Acima de 30.000 pés (cerca de 10.000 m) de altitude elas se manifestam às margens de massas de ar que se deslocam com velocidades bastante elevadas em relação a outra massa de direção e velocidade diferentes.

Nas áreas mais afastadas dos polos e abaixo de 30.000 pés, as CAT são frequentes quando está ocorrendo a entrada de uma frente, ou quando o voo ocorre próximo de montanhas.

Ao avistarmos no céu um tipo de nuvem muito leve, que parece uma pequena camada de algodão bem esgarçada, provavelmente naquela área uma CAT esteja se manifestando. A nuvem cirrus, também chamada de rabo de galo, se constitui numa forma empírica de detectar uma CAT.

- Cerca de 70% dos casos ocorrem próximos a correntes de jato e os outros 30% acontecem em correntes orográficas ou fatores secundários.
- A CAT pode provocar mudanças de velocidade da aeronave acima de 25 Kt e acelerações de até 2g.
- A CAT ocorre no lado polar da corrente de jato.
- A CAT ocorre sempre que o gradiente horizontal de temperatura for grande.
- CAT é mais SEVERA no INVERNO quando a diferença de temperatura é muito maior entre ar frio e o ar aquecido.

TABELA DE INTENSIDADE DE TURBULÊNCIA	
GRAU	DESCRÍÇÃO DE EVENTOS
LEVE	A aeronave sofre acelerações verticais inferiores a 2 m/s, porém não sofre alterações significativas em sua altitude. A tripulação sente a necessidade de utilizar cinto de segurança, mas os objetos continuam em repouso. O serviço de bordo pode prosseguir normalmente. Encontra-se pouco ou nenhuma dificuldade ao se caminhar pelo corredor da aeronave.
MODERADA	A aeronave sofre acelerações verticais entre 2 m/s e 5 m/s, podendo sofrer mudança de altitude, porém continua sob controle. É necessário o uso do cinto de segurança. Os objetos soltos podem se deslocar e encontrar-se dificuldade para executar o serviço de bordo ou se deslocar pelo corredor da Aeronave.
FORTES	A aeronave sofre acelerações verticais entre 5 m/s e 8 m/s, sofrendo bruscas mudanças de altitude. Pode-se, momentaneamente, perder o controle da aeronave. Os objetos soltos são fortemente lançados de um lado para o outro e os instrumentos a bordo vibram de modo intenso, criando sérias dificuldades para o piloto. Passageiros podem entrar em pânico devido aos movimentos violentos da aeronave. O serviço de bordo e o caminhar pelo corredor da aeronave se tornam impraticáveis.
SEVERA	A aeronave sofre acelerações verticais superiores a 8 m/s. Em tal situação é impossível o controle da aeronave e, devido à forte trepidação, podem ocorrer danos à sua estrutura.

TABELA DE INTENSIDADE DE RAJADA (WS)		
GRAU	VARIAÇÃO DA VELOCIDADE DO VENTO EM 30m (100 ft)	
LEVE	0 a 2 m/s	ou
MODERADA	2,6 a 4,1 m/s	ou
FORTES	4,6 a 6,2 m/s	ou
SEVERA	Acima de 6,2 m/s	ou
		12 kt

3. TURBULÊNCIA DE FRENTE DE BRISA MARÍTIMA

A frente da brisa marítima é a fronteira entre o escoamento frio, estável proveniente do oceano e o ar quente e instável sobre o continente, na parte da tarde.

Características:

- Mudança na velocidade e direção do vento;
- Diminuição da temperatura;
- Aumento da umidade;
- Verifica-se um máximo de temperatura exatamente antes da passagem frontal.
- Frequentemente há formação de nuvens ao longo da frente e que podem ser vistas em imagem de satélite

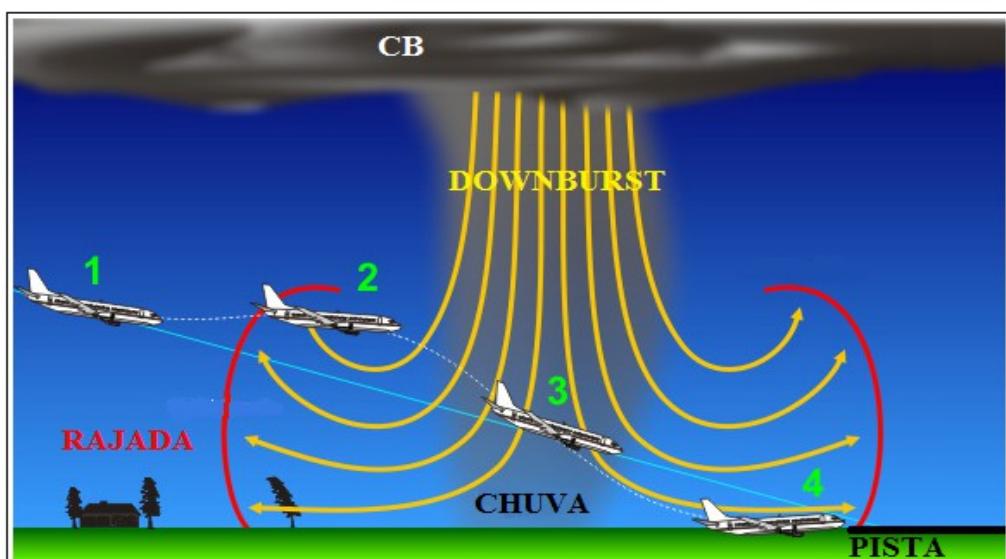
12.2 Efeitos das turbulências a baixa altura nas operações de decolagem e pouso. Métodos práticos de reconhecimento

Durante as operações de pouso ou decolagem, reconhecendo-se a existência de condições meteorológicas favoráveis à ocorrência de cortante do vento ou de rajadas, a melhor prevenção é

evitá-los.

- No pouso: a aeronave está com ângulo de ataque muito grande, baixa potência, baixa altura, portanto, no limite de segurança para uma reação a turbulências pesadas.
- Na decolagem: a aeronave está com ângulo de atitude (pitch) elevado, baixa altura, dependendo da potência máxima, portanto, também no limite de segurança para enfrentar turbulência pesada.

Rajada descendente (Downburst ou Gust (G) - Rajadas descendentes associadas à nuvem cúmulo-nimbo são muito perigosas para as operações de pouso e decolagem. Ao atingirem o solo, espalham-se horizontalmente, formando vórtices que podem ocasionar wind shear. O termo microburst é para denominar uma rajada concentrada (mais localizada). Há registros de muitos acidentes aéreos devido ao fenômeno.



Cortante do vento (windshear – WS) - Em aviação, o fenômeno pode ocorrer em todas os níveis de voo, entretanto é particularmente perigoso em baixos níveis, nas fases de aproximação, pouso e também na decolagem e subida inicial, em face das limitações de altura, sustentação, potência e tempo para recuperação das aeronaves. No Brasil, as Torres de Controle dos principais aeroportos estão instruídas a computarem todos os reportes de cortante do vento que ocorram da superfície até 2.000 pés (600 metros) de altura.

Efeitos sobre a aeronave: pode causar diferentes efeitos nas aeronaves, como turbulência, aumento ou diminuição da velocidade indicada, bruscas e perigosas variações nos indicadores de velocidade vertical (VSI), de altímetro e de ângulo de ataque, sendo estes instrumentos os mais afetados.

Como evitar o Wind shear: consultar as informações meteorológicas antes do voo, junto aos Centros Meteorológicos, é o primeiro passo para não se ter surpresas desagradáveis.

Cabe ao piloto, verificar de maneira criteriosa todos os fatores meteorológicos relacionados, antes de efetuar pouso ou decolagem, em situações potencialmente perigosas devido ao Wind shear.

Em termos práticos, as informações mais atualizadas que podem ser obtidas sobre o Wind shear são provenientes de outros pilotos que, rotineiramente, reportam tais ocorrências aos Controladores de Tráfego Aéreo.



12.3 Turbulência formada na trilha de aeronaves de médio e grande portes – Efeitos e riscos

ESTEIRA DE TURBULÊNCIA - é turbulência que se forma por trás de uma aeronave em voo. Tem várias componentes, porém as mais importantes são os vórtices das pontas das asas e os gases expelidos a partir dos motores a jato.

Os vórtices do jato são de curta duração, mas os de ponta de asa, perduram por até minutos após a passagem da aeronave.

A força dos vórtices das pontas das asas é determinada principalmente pelo peso e velocidade da aeronave.

Este tipo de turbulência é produzido mais intensamente nas fases de decolagem, maior potência dos motores, ou no pouso, quando a aeronave opera com alto ângulo de ataque.

EFEITO DA ESTEIRA DE TURBULÊNCIA SOBRE AS AERONAVES

Os três efeitos básicos da esteira de turbulência sobre as aeronaves são:

1. o balanço violento,
2. a perda de altura ou de velocidade ascensional
3. e os esforços de estrutura.

O perigo maior é o balanço violento da aeronave que penetra na esteira, pois não pode exceder sua capacidade de comando para resistir a esse efeito.

Se o encontro com o vórtice ocorrer na fase de aproximação, seu efeito será maior pelo fato de a aeronave se encontrar numa situação crítica com relação à velocidade, empuxo, altitude e tempo de reação.

Para garantir a separação entre aeronaves, e evitar os efeitos dessa turbulência, existem tabelas com categorias de aeronaves (portes) e distâncias mínimas de separação entre elas.

As categorias das aeronaves são:

7. PESADA (H) - todos os tipos de aeronaves de peso máximo de decolagem de 136.000 kg

- (300.000 libras) ou mais;
8. MÉDIA (M) - tipos de aeronaves de peso máximo de decolagem abaixo de 136.000 kg (300.000 libras) e acima de 7.000Kg (15.500 libras);
 9. LEVE (L) - tipos de aeronaves de peso máximo de decolagem abaixo de 7000 kg (15.500 libras).

Como a esteira de turbulência é invisível, sua presença e dimensão exatas não podem ser determinadas com precisão, em consequência, tanto os controladores como os pilotos devem compreender perfeitamente quais são as situações prováveis em que pode ocorrer uma esteira de turbulência perigosa.

A TWR aplicará um mínimo de 3 minutos para separar uma aeronave leve ou média que pouse depois de uma aeronave pesada.

Nas aeronaves decolando será aplicado um mínimo de 2 minutos entre uma aeronave leve ou média que decole após uma aeronave pesada.

MÍNIMOS DE SEPARAÇÃO RADAR

ICA 100-12/2009

Categoria da aeronave que segue à frente	Categoria da aeronave que segue atrás	Mínimos
PESADA	PESADA	4NM
	MÉDIA	5NM
	LEVE	6NM
MÉDIA	PESADA	3NM
	MÉDIA	3NM
	LEVE	5NM
LEVE	PESADA	3NM
	MÉDIA	3NM
	LEVE	3NM

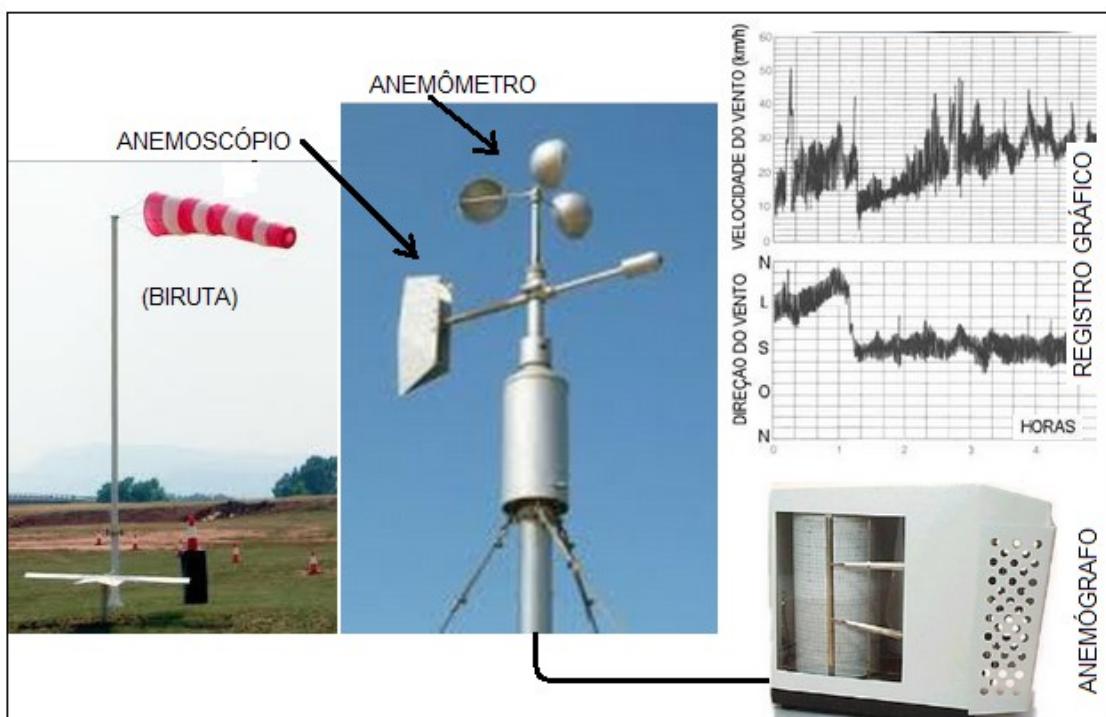
Este assunto será tratado também na disciplina Regulamento de Tráfego Aéreo **ICA 100-12/2013** e **ICA 100-37/2013**.

13. Ventos

- Identificar os principais fatores que originam os ventos.
- Explicar a relação entre gradiente de pressão e intensidade do vento.
- Distinguir os diferentes tipos de ventos.
- Reconhecer a influência da topografia na evolução dos ventos.

13.1 Origem dos ventos. Características: direção, velocidade e caráter. Efeitos provocados pela rotação da terra: efeito de Coriolis. Relação entre gradiente de pressão e intensidade do vento. Força de gradiente de pressão. Ventos barostrófico e geostrófico. Lei de Buys Ballot. Deriva provocada pelo vento segundo a Lei de Buys Ballot

Vento - movimento de massas de ar na atmosfera terrestre, causado por forças da natureza que interagem, cada uma com sua direção e intensidade.



O vento tem quatro características:

1. Velocidade – expressa em nós (KT). Quantificador de Intensidade.
2. Direção – para navegação, dado em graus verdadeiros, indicando sua origem. Nos aeroportos a direção do vento é dada em graus magnéticos, para as operações de pouso e decolagem, pois a pista é orientada pelo rumo magnético.
3. Caráter – contínuo, intermitente ou rajada.
4. Variação de direção (giro), num determinado tempo.

NOTA: Quando varia em direção é dito VARIÁVEL (VRB). Quando varia em velocidade e essa variação é de pelo menos 10 Kt, num tempo máximo de 20 segundos, é RAJADA (G).

MEDIÇÃO DE VELOCIDADE E DIREÇÃO

O dispositivo que mede a velocidade do vento é o Anemômetro, e para medir a direção, usa-se o Anemoscópio.

A Biruta é um dispositivo que serve para indicar visualmente ao piloto, ao redor de um aeródromo, a direção e a intensidade estimada do vento.

O Registro gráfico da velocidade e da direção é feito com Anemógrafo alimentado por sinais elétricos fornecidos pelo Anemômetro e pelo Anemoscópio. Os dados são gravados em papel com escala gráfica e em canais diferentes.

Os ventos em altos níveis atmosféricos são detectados por balões piloto, sondas meteorológicas ou informações de aeronaves.

NOTA: As informações do vento à superfície devem ser relativas ao anemômetro principal, localizado nas proximidades do ponto de toque da cabeceira principal do aeródromo.

REPRESENTAÇÃO SINÓTICA DO VENTO

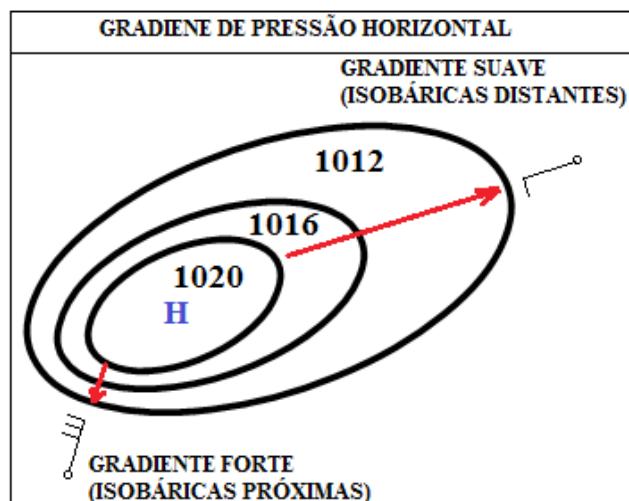
1. Linhas Isógonas - linhas que unem pontos com a mesma direção do vento (DV).
2. Linhas Isótacas – linhas que unem pontos com a mesma velocidade do vento (VV).

São cinco forças básicas que, conjuntamente, afetam o movimento direcional do ar na atmosfera:

1. Força do gradiente de pressão;
2. Efeito de Coriolis;
3. Reação inercial;
4. Força de atrito;
5. Força da Gravidade;

Dessas forças, a de maior relevância para determinado local ou altitude, é quem determina suas características principais, portanto, sua definição.

FORÇA DE GRADIENTE DE PRESSÃO:



A massa de ar da região de maior pressão tende a se deslocar para uma região de menor pressão. Se as isobáricas estão afastadasumas das outras, o gradiente é menos inclinado, com tendência a movimentos mais lentos. Se as isobáricas estão próximas, indicam gradiente mais acentuado, portanto, tendência de movimentos mais rápidos.

EFEITO DE CORIOLIS

Se imaginarmos o globo terrestre exibindo sua grade de meridianos e paralelos (referencial não inercial) e a partir do espaço, numa posição fixa (referencial inercial), um observador focasse sua visão em determinado ponto de cruzamento de um meridiano e com um paralelo, onde uma massa de ar inicia um deslocamento no sentido Oeste / Leste, exatamente sobre o paralelo observado, ele notará que gradativamente a massa de ar segue uma trajetória retilínea (por inércia) mas ao mesmo tempo estará se afastando do paralelo onde iniciou seu movimento.

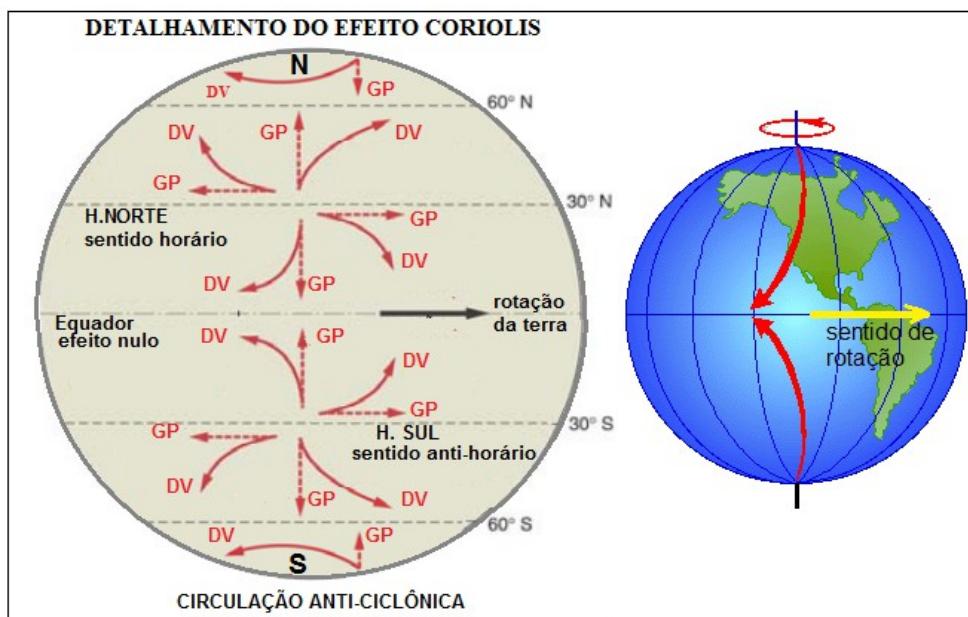
Já um observador na superfície terrestre (referencial não inercial) localizado no ponto de partida do deslocamento da massa de ar, verá a mesma massa de ar se deslocando numa trajetória curva. Se a terra não girasse, essa trajetória seria retilínea também, para este observador.

O efeito de Coriolis provém da combinação de dois fatores: a rotação da terra e a inércia das massas de ar;

- O efeito resultante é o desvio perpendicular à trajetória mais recente, seguindo uma trajetória em espiral;
- No hemisfério Norte esse desvio se dá para a direita, e no hemisfério Sul, para a esquerda;
- É mais acentuado em ventos com maior velocidade e que se deslocam por grandes distâncias;
- Ocorre com ventos que se desloquem em qualquer direção;
- É mais acentuado nos polos e decresce gradativamente nas baixas latitudes, até zerar sobre a linha do Equador;

Esse desvio de trajetória é quem provoca o movimento rotatório das circulações ciclônicas e anticiclônicas, e a respectiva inversão de sentido nos dois hemisférios. Na figura abaixo, aparece a circulação anticiclônica.

Nos ventos reais, o efeito de Coriolis aparece sempre combinado com outras forças, conforme visto no capítulo de estudo dos ventos.



REAÇÃO INERCIAL

A reação inercial atua nos Centros de Pressão, onde os fluxos de ar são verticais e rotativos:

- Centros de Alta Pressão – afastamento das correntes anticiclônicas inferiores para fora do centro.
- Centros de Baixa Pressão – afastamento das correntes cyclônicas superiores para fora do centro.

Ver capítulo 4 – Sistemas de Pressão – Sistemas fechados.

FORÇA DE ATRITO

Nos níveis atmosféricos mais baixos, as aproximações de vento geostrófico e de vento gradiente não podem mais ser aplicadas, devido a modificações no equilíbrio de forças promovidas pelo atrito oferecido pela superfície. **Adota-se a altura de 600m onde atua a força de atrito da superfície.**

O relevo e a presença de obstáculos moldam o escoamento do ar sobre a superfície terrestre, bem como geram turbulências no fluxo. A rugosidade da superfície é a propriedade física que descreve a ação da superfície terrestre na redução do momento e na absorção do impacto dos ventos.

A rugosidade da superfície ocasiona a redução da velocidade do ar proporcionalmente à altura e extensão horizontal dos obstáculos.

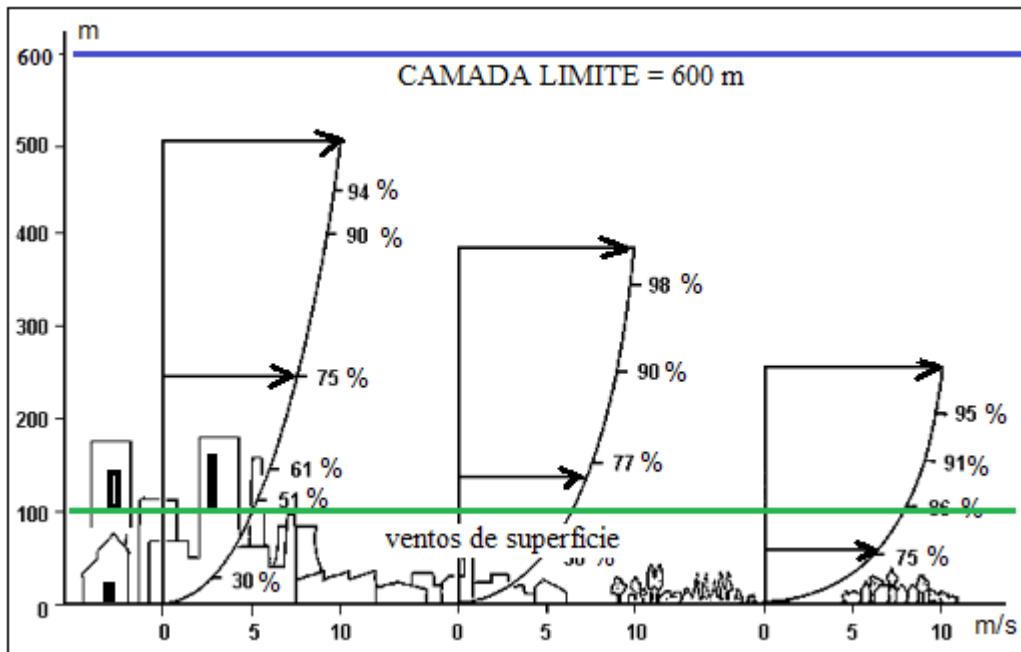
VENTOS DE SUPERFÍCIE - Os ventos são muito influenciados pela superfície terrestre até altitudes de 100 m.

CAMADA LIMITE ATMOSFÉRICA (CLA) – Ver troposfera.

NÍVEL DE GRADIENTE - É o limite superior da CLA.

Acima da CLA, o escoamento atmosférico é laminar (não turbulento), e o ar desliza em camadas, à exceção do movimento turbulento que é encontrado dentro das nuvens convectivas do tipo cúmulo-nimbos, de grande desenvolvimento vertical ou regiões montanhosas.

FORÇA DA GRAVIDADE



A Força da Gravidade é responsável por manter o ar atmosférico ao redor da terra, fazendo com que haja a Pressão Atmosférica. Acelera o ar para baixo, mas não modifica a componente vertical do vento. É a força que atrai as parcelas de ar mais frio (mais denso) para a superfície num movimento chamado Subsidiência.

VENTO BAROSTRÓFICO - É formado exclusivamente pela força do gradiente de pressão. Trata-se de um fluxo em pequena escala, soprando perpendicularmente às isóbaras, cujos exemplos mais apropriados são: **brisa marítima ou terrestre, vento de vale e vento de montanha**.

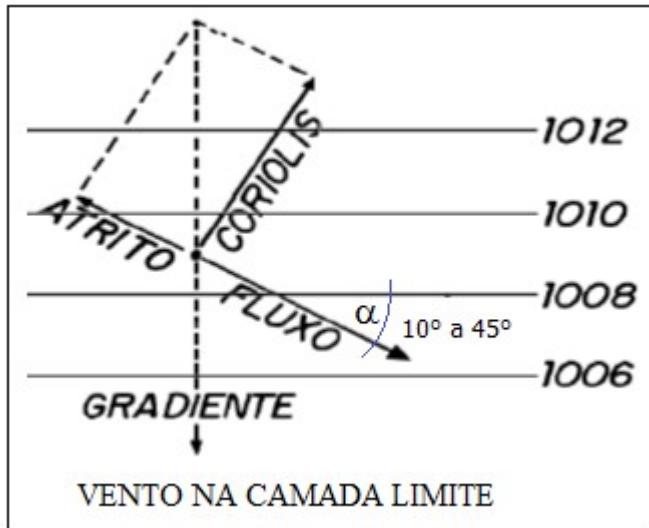
VENTO NA CAMADA LIMITE

Os ventos que sopram na camada abaixo do nível de gradiente podem ser formados pela combinação das forças do gradiente horizontal da pressão, da força de atrito e do efeito de Coriolis.

Na análise das combinações das forças que originam os ventos geostrófico, gradiente e ciclostrófico, a força de atrito é desprezada por se tratar de fenômenos que ocorrem suficientemente distantes da superfície terrestre. Entretanto, quando se estuda o escoamento dentro da camada-limite planetária, as forças de atrito tornam-se relevantes.

Próximo à superfície, ao nível do anemômetro, usualmente instalado a 10 metros do solo, o vento é reduzido a um valor dependente da rugosidade topográfica:

- Sobre o oceano, o vento tem uma velocidade aproximada de 2/3 do vento gradiente, com a direção fazendo um ângulo aproximado de até **10 graus com as isóbaras**, inclinando-se para as pressões mais baixas.
- Sobre o continente, em superfícies rugosas, a redução de velocidade é cerca de 1/2 do vento gradiente, inclinando-se até cerca de **40 a 80 graus com as isóbaras** (dependendo dos obstáculos).



VENTO GEOSTRÓFICO - O vento geostrófico é representado pela combinação da força do gradiente horizontal da pressão com o efeito de Coriolis. Trata-se de um escoamento horizontal, uniforme, paralelo às isóbaras retas, que ocorre nos níveis superiores, onde os efeitos de fricção são desprezíveis. 50% mais rápido do que os ventos de superfície. Ocorre somente nas latitudes acima de 20°, onde há relevância do efeito de Coriolis.

No hemisfério sul, as pressões mais baixas estarão à direita do fluxo e, no hemisfério norte, à esquerda, segundo a Lei de Buys-Ballot.

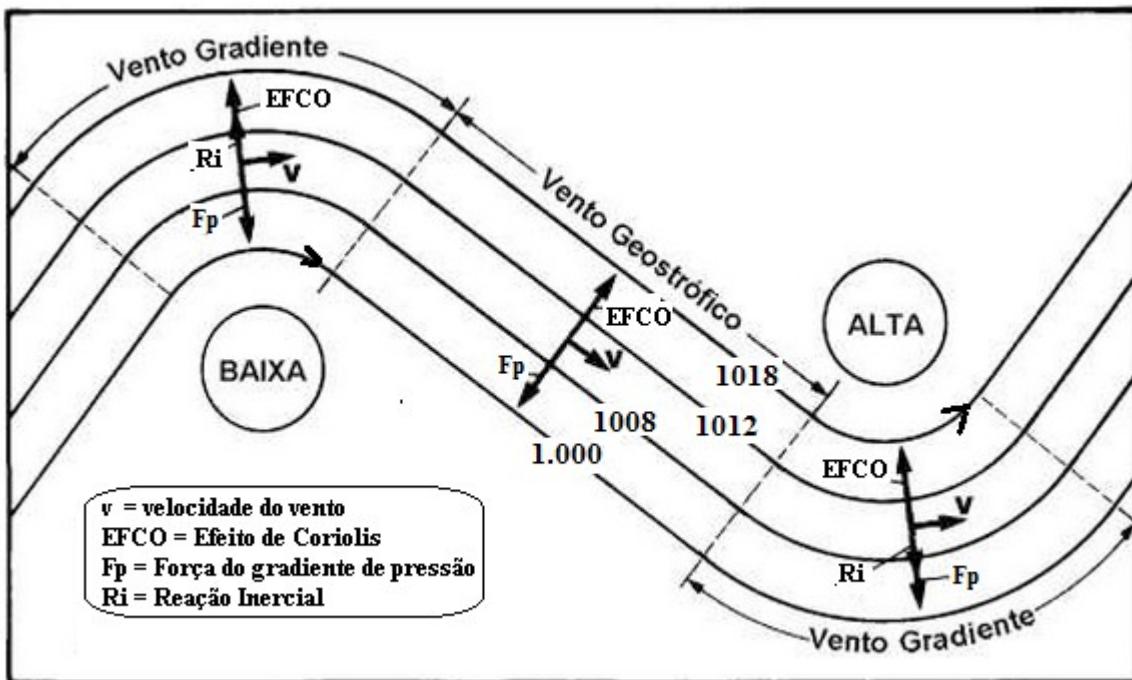
O vento geostrófico é uma aproximação do vento real observado na atmosfera livre, exceto nas áreas tropicais ou em locais de escoamentos excessivamente curvos.

VENTO DE GRADIENTE – É o vento onde atuam 3 forças: Força do Gradiente de Pressão, efeito de Coriolis e Reação Inercial (FGP + EFCO + RI). O vento gradiente ocorre nos níveis superiores da atmosfera onde os efeitos de fricção são desprezíveis. Representa os fenômenos caracterizados por circulação fechada, como os **ciclones e os anticiclones**.

No hemisfério norte, o fluxo dos ciclones é no sentido anti-horário e o dos anticiclones é no sentido horário. O contrário ocorre no hemisfério sul.

Nas cartas de pressão as isobáricas próximas dos centros de Alta ou de Baixa pressão, são células aproximadamente circulares. Nestes locais, o vento geostrófico é modificado, passando a ser denominado Vento Gradiente. Fluxo anticiclônico: ocorre em torno de centros de alta pressão

- a aceleração centrípeta é responsável pela curvatura das parcelas de ar em torno das células de alta ou baixa pressão.

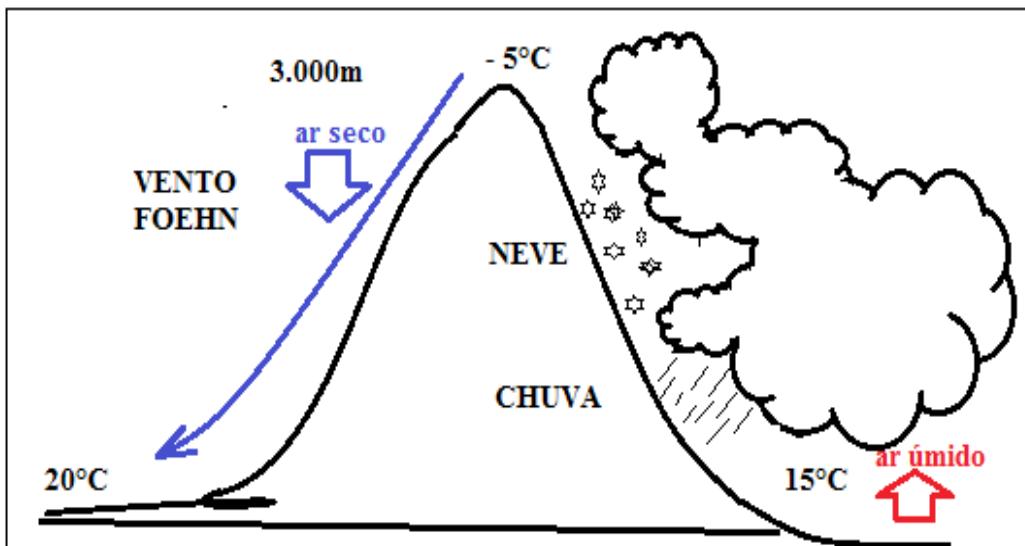


VENTO CICLOSTRÓFICO - O vento ciclostrófico é representado pela combinação da força do gradiente horizontal da pressão atmosférica com a Reação Inercial. Trata-se de um escoamento curvo, em pequena escala, como nos redemoinhos e tornados, ou em grande escala, como nos furacões, característicos das latitudes tropicais, onde o efeito de Coriolis é desprezível. Os ventos ciclostróficos são muito velozes devido aos fortes gradientes horizontais da pressão, o que aumenta significativamente o efeito da Reação Inicial.

Vale observar que a rotação preferencial dos tornados e furacões é no sentido horário, no HS e anti-horário, no HN. Isso mostra que, embora o efeito de Coriolis seja desprezado durante a fase madura do fenômeno, sua atuação, no início do processo, é relevante.

No entanto, nos pequenos turbilhões que ocorrem na atmosfera não se percebe uma rotação preferencial dominante e, portanto, podem girar em qualquer sentido, independentemente do hemisfério. Fica claro que, nesses fenômenos o efeito de Coriolis não desempenha qualquer papel.

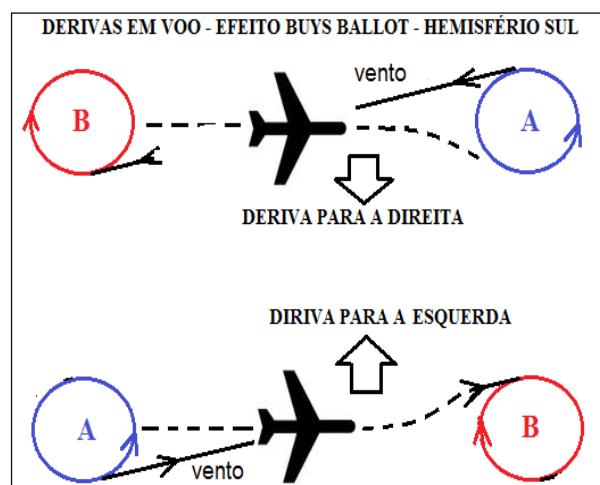
VENTO FOEHN - O ar quente e úmido ao ser forçado a subir a barlavento de uma montanha, vai se resfriando adiabaticamente, e ao alcançar o nível de condensação, forma nuvens convectivas. Ocorrem então as precipitações, fazendo com que essa parcela de ar perca sua umidade. Ao contornar o topo da montanha, essa parcela de ar, agora seco, inicia a descida, com consequente aumento de temperatura pela compressão adiabática, fazendo com que, no mesmo nível, a temperatura a barlavento seja menor que a temperatura final, a sotavento. Ocorrem nas grandes Cordilheiras e, na América do norte, ocorrem nos declives das Montanhas Rochosas e são chamados de Ventos Chinook.



LEI DE BUYS BALLOT

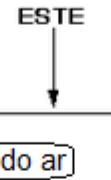
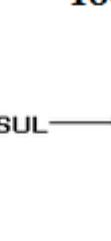
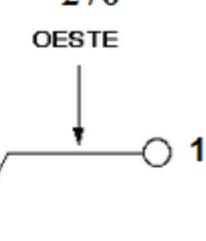
"de costas para o vento no HN a pressão baixa estará à esquerda e a pressão alta à direita. No HS a pressão alta estará à esquerda e a pressão baixa à direita." Como essa lei é válida para vento acima da camada limite, deve-se ter cuidado ao analisar ventos em superfície, pois numerosos efeitos geográficos podem gerar perturbações locais que interferem com a circulação de maior escala.

FIGURA COM DERIVAS EM VOO PELA LEI BUYS BALLOT



CARTAS DE VENTO

As cartas “prognóstico de vento em altitude” (WIND ALOFT PROG), utilizadas no Brasil, são geradas pelo WAFC (Centro Mundial de Previsão de Área de Washington), que nos envia duas cartas por dia, a cada doze horas, previsões de vento e temperatura dos níveis de voo (FL) 050 A 390.

SÍMBOLOS PARA CARTAS DE VENTO							
DIREÇÃO DO VENTO							
É representada por hastes de seta na direção da qual o vento está soprando							
360°	090°	180°	270°				
NORTE	ESTE	SUL	OESTE				
							
Temperatura do ar	PONTO GEOGRÁFICO AO QUAL SE REFEREM AS INFORMAÇÕES						
VELOCIDADE DO VENTO							
A velocidade do vento é representada por rebarbas e flâmulas cheias.							
Uma rebarba completa representa 10 nós; meia rebarba representa 5 nós; uma flâmula representa 50 nós.							
Velocidade em nós (Kt)							
	1	-	2		48	-	52
	3	-	7		93	-	97
	8	-	12		98	-	102
	43	-	47		103	-	107
TEMPERATURA							
A temperatura, em graus Celsius, é plotada acompanhada do sinal (+) quando positiva e sem o sinal, quando negativa; referindo-se ao nível de vôo (FL) da respectiva carta e ao ponto geográfico no qual está plotado.							

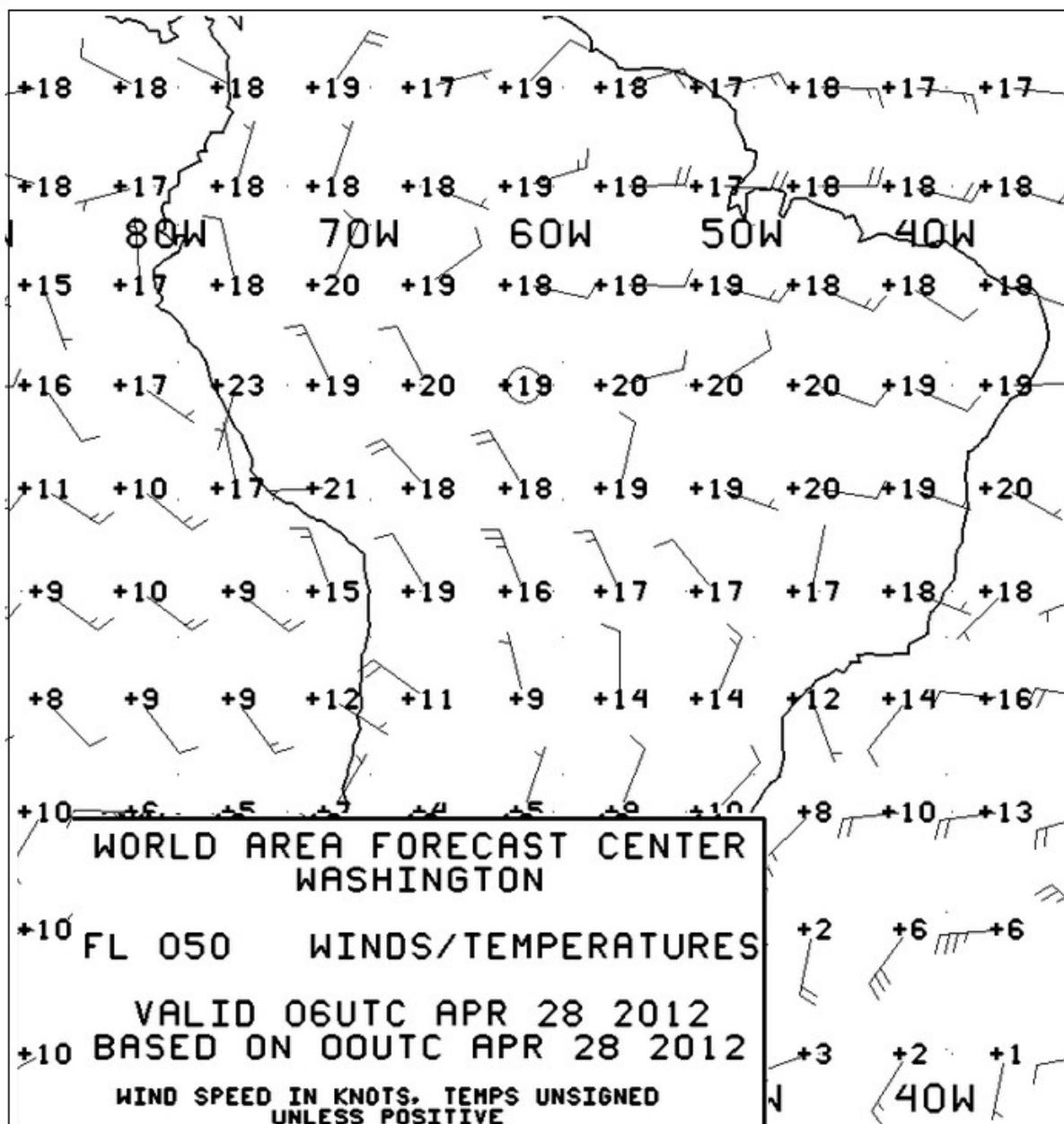
A validade das cartas cobre os períodos de seis horas antes e seis horas depois da hora citada na legenda (metade do período).

São geradas às 00:00 UTC com validade às 06:00 UTC e geradas às 12:00 UTC com validade às 18:00 UTC.

Usando-se as cartas de vento em altitude, preferencialmente as dos FL 100, 180 ou 300, podemos fazer algumas análises do tempo. No centro-sul do Brasil, os ventos tendem a ser geralmente de oeste ou noroeste; já no norte e nordeste do país eles costumam soprar de este ou sudeste.

Centros de baixas pressões podem ser identificados pelos ventos em forma circular no sentido horário, já os anticiclones giram em sentido contrário (anti-horário) e são facilmente identificados no centro-oeste brasileiro.

http://www.redemet.aer.mil.br/vento/vento.php?ID_REDEMET=#



As cartas de vento e temperatura são geradas **duas vezes por dia**: às 00 e às 12 UTC
São divulgadas seis grupos de cartas, com períodos de validade de: 06, 12, 18, 24, 30 e 36 horas.

As cartas abrangem nove níveis de voo (FL):

FL 050 – 850 hPa – 1.500 m	FL 100 – 700 hPa – 3.000 m	FL 180 – 500 hPa – 5.600 m
FL 240 – 400 hPa – 7.200 m	FL 300 – 300 hPa - 9.200 m	FL 340 – 250 hPa – 10.400 m
FL 390 – 200 hPa – 12.900 m	FL 450 – 150 hPa - 14.800 m	FL 630 – 100 hPa – 20.700 m

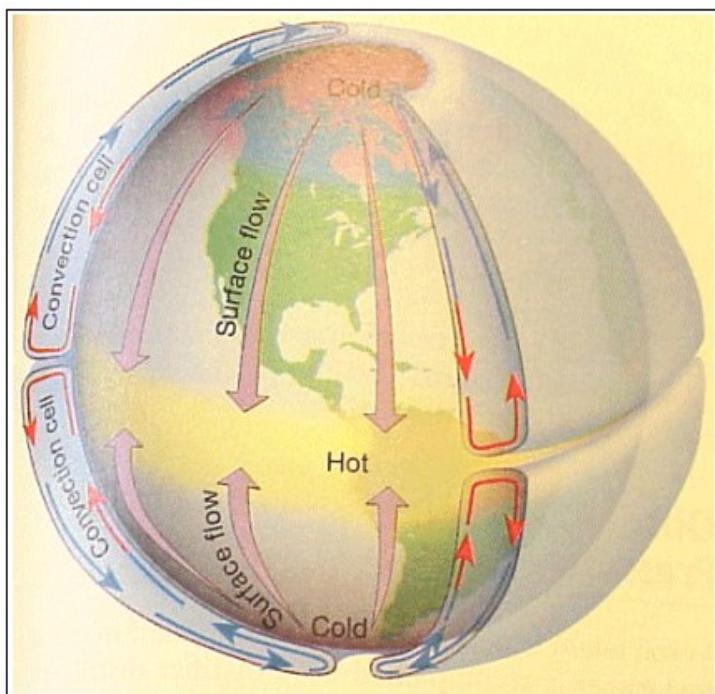
13.2 Circulação geral – Conceituação. Nível médio de separação entre circulação geral inferior e a circulação geral superior

Circulação Geral : Representa o “escoamento médio do ar” ao redor do globo.

É criado pelo aquecimento desigual da superfície da terra, associado ao movimento de rotação.

Circulação de Hadley - em 1735 Hadley propôs que o grande contraste de temperatura entre os polos e o equador criaria uma circulação térmica para equilibrar essa desigualdade. Hadley sugeriu que sobre a Terra, sem rotação, o movimento do ar teria a forma de duas grandes células, uma em cada hemisfério:

1. Convecção do ar aquecido na região equatorial.
2. Advecção superior do ar quente para os polos.
3. Subsidiência do ar resfriado sobre a região polar.
4. Advecção na superfície, do ar fio dos polos para a região equatorial.



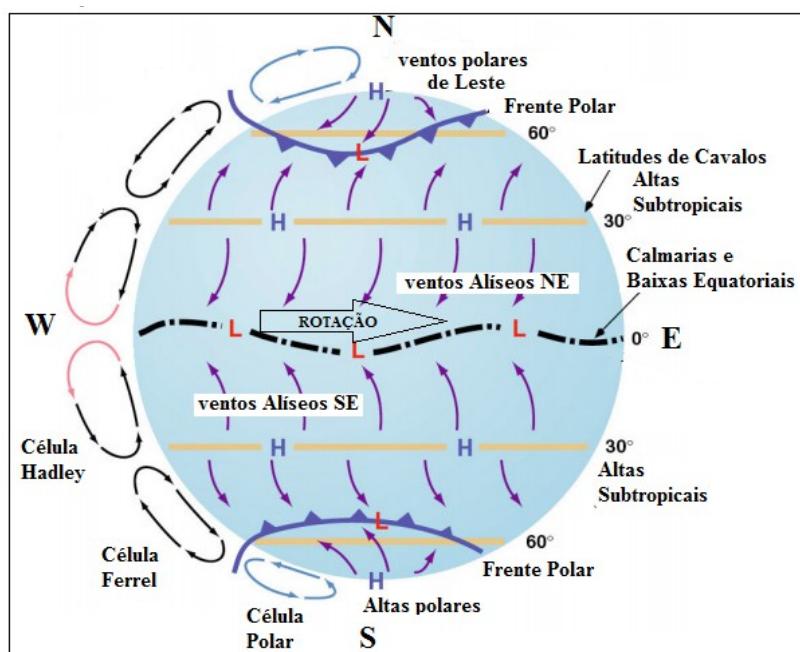
Circulação no modelo de três células - No entanto, a Terra tem um movimento de rotação em torno de si própria, o seu eixo de rotação é inclinado (em relação ao plano orbital da Terra em torno do Sol) e a superfície no hemisfério Norte é mais coberta por solo que no hemisfério Sul, tornando o padrão de circulação mais complexo.

Ao contrário do modelo proposto por Hadley, o modelo de circulação global baseia-se em três células – a célula tropical ou célula de Hadley, a célula das latitudes médias e a célula polar – nos dois hemisférios.

Os principais padrões da circulação média ocorrem devido ao efeito do efeito de Coriolis, alterando o movimento nas três células.

CIRCULAÇÃO INFERIOR:

- VENTOS POLARES DE LESTE** - são ventos frios e secos que predominam nas latitudes acima do círculo polar. São ventos gerados pelos anticlones polares e possuem direção predominante de NE no hemisfério norte e de SE no hemisfério sul.
- VENTOS DE OESTE** - são aqueles que atuam nas latitudes temperadas. São relativamente mais aquecidos e úmidos por serem gerados pelos anticlones das latitudes subtropicais. Possuem direção predominante de SW no hemisfério norte e de NW no hemisfério sul.
- VENTOS ALÍSIOS** - são aqueles que atuam na região tropical. São ventos suaves e relativamente constantes, gerados pelos anticlones das latitudes subtropicais. Possuem direção predominante de NE no hemisfério norte e de SE no hemisfério sul.



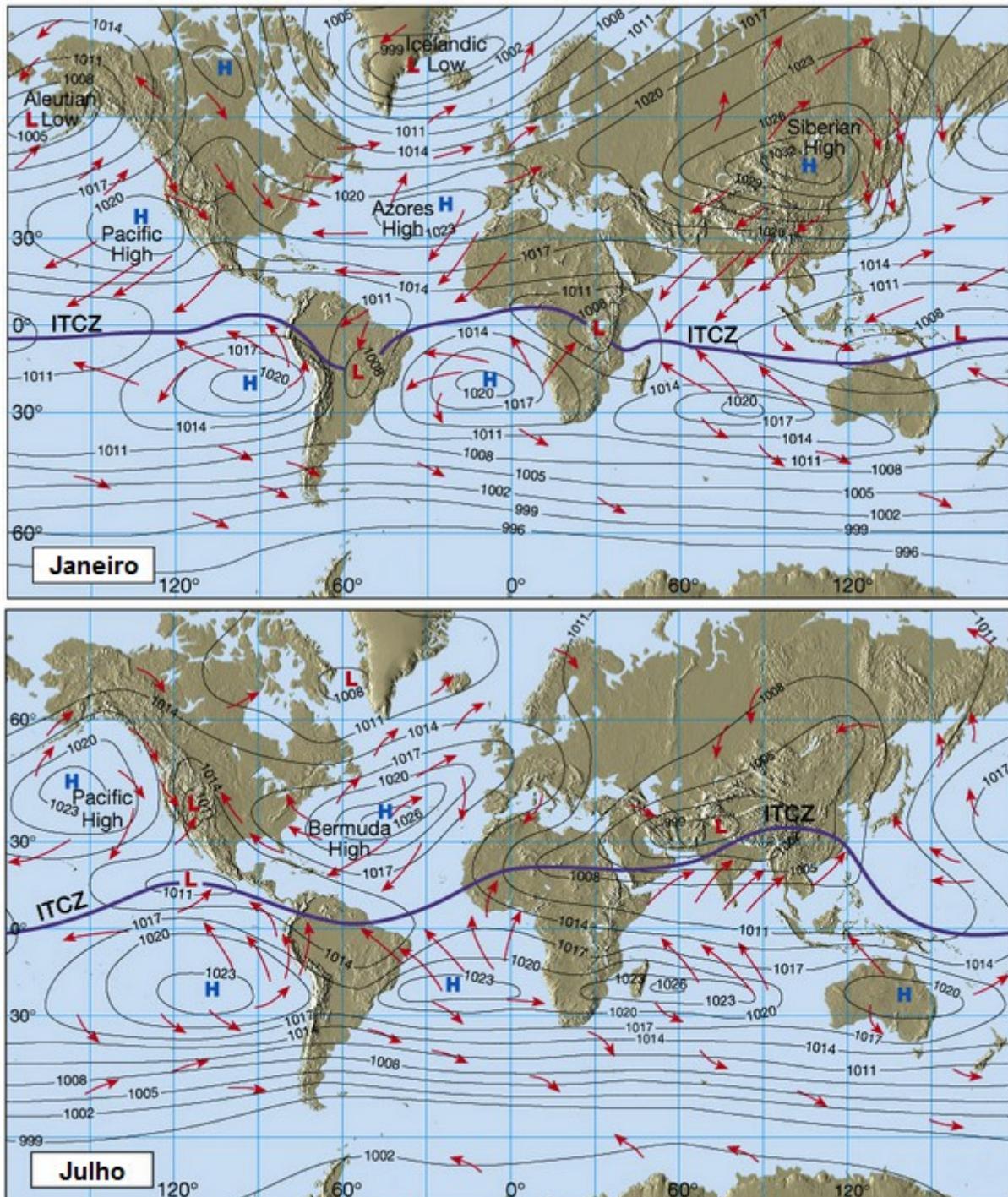
ALTAS SUBTROPICAIAS OU CINTURÕES SUBTROPICAIAS

Nas faixas em torno de 20° a 35° de latitude (norte e sul), estão localizadas as zonas subtropicais de alta pressão. São regiões de subsidência e ventos divergentes, onde se originam os alísios e os ventos de oeste.

Tudo começa quando o ar quente e úmido oriundo da região equatorial, ao se elevar, provoca a condensação da umidade presente no ar, produzindo intensa precipitação. Com isso, o ar torna-se

resfriado e seco em altitude. Ao alcançar as latitudes entre 20° e 30°, esse ar tende a descer por Subsidiência.

Nesta Região o clima predominante é Tropical Seco, causado pela alta pressão, e consequente subsidência do ar, que inibe a condensação. Muitos dos desertos do mundo estão localizados nestas latitudes subtropicais.



A chuva é rara, e ocorre somente quando condições de tempo pouco usuais movem ar úmido para a região. Como o céu é claro, o sol aquece a superfície mais intensamente, e durante o dia, as temperaturas são muito altas, e à noite, caem muito. Com isso, a amplitude térmica é muito grande nessa região, principalmente sobre os continentes.

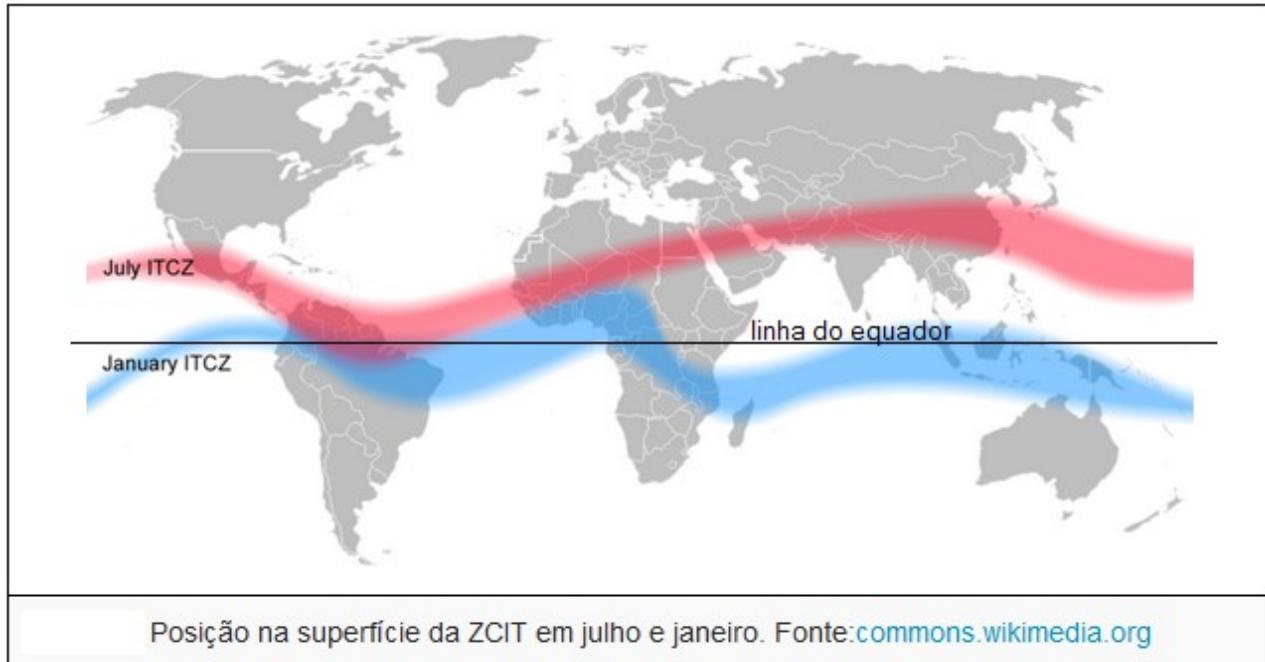
Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) *Intertropical Convergence Zone (ITCZ)*

A ITCZ é um dos mais importantes sistemas meteorológicos atuando nos trópicos e é parte integrante da circulação geral da atmosfera, localizada no ramo ascendente da célula de Hadley. Durante o período de um ano, seu centro transita latitudinalmente em direção ao hemisfério que está no verão, desde 15° N até 5° S, numa distância aproximada de 2.222,4 Km.

Dinamicamente é uma região de baixa pressão, tendo convergência de escoamento em baixos níveis e divergência em altos níveis, sendo a fonte principal de precipitação nos trópicos (chuvas fortes), responsável por condições de mau tempo sobre uma extensa área e o desenvolvimento vertical das nuvens que se estende até a alta troposfera das regiões tropicais, sendo que a base da nuvens pode ser próximas do solo.

É a zona de confluência dos **ventos alísios** que no hemisfério norte, sopram de nordeste para sudoeste, enquanto no hemisfério sul vão de sudeste para noroeste.

Tem uma largura que varia de 3 a 5 graus (331,35 Km a 555,6 Km), e circunda o globo terrestre ao redor da linha do Equador.



DOLDRUMS – São longas faixas dentro da ITCZ, áreas oceânicas, com forte convecção, e consequente, formação de cumulus congestus e cumulonimbus, mas com ventos fracos ou calmaria em superfície.

Os ventos regulares que durante o ano sopram de NE no hemisfério Norte e do SE no do Sul, a partir dos 30° vão diminuindo de intensidade em direção ao Equador até se extinguirem formando ali a zona de calmarias equatoriais.

ONDA DE LESTE – Fenômeno que ocorre sobre os oceanos, na área de influência dos Ventos Alísios (ITCZ), deslocando-se de Leste para Oeste com velocidade equivalente ao do fluxo desses ventos. No Atlântico, se desloca da costa africana à costa brasileira, onde provoca chuvas, principalmente na Zona da Mata nordestina, que se estende do Recôncavo Baiano ao litoral Rio Grande do Norte, podendo também ocasioná-las no Ceará.

DICAS PARA APLICAÇÃO À NAVEGAÇÃO AÉREA NO HEMISFÉRIO SUL:

1. Num voo no sentido Leste/Oeste, com ventos de cauda (dominantes de Leste para Oeste), o piloto terá valores “D positivos” à sua esquerda (ao Sul). (ver altimetria).
2. Num voo no sentido Sul/Norte, com ventos à sua direita, a aeronave estará se dirigindo para uma região de Baixas Pressões (ITCZ).

CIRCULAÇÃO SUPERIOR PREDOMINANTE DE OESTE

As observações de ar superior, acima de 20.000 pés, indicam que na maior parte das latitudes, exceto próximo ao equador, onde o efeito de Coriolis é fraca, os ventos na troposfera média e superior são de oeste.

CONTRA-ALÍSIOS – (do Oeste) termo aplicado aos ventos acima dos ventos alísios. Os ventos contra-alísios ocorrem em duas faixas do globo divididas pela linha do Equador, e se formam pelo aquecimento do ar junto à região equatorial. Estes ventos secos dissipam a cobertura de nuvens, permitindo que mais luz do Sol aqueça o solo. A maioria dos grandes desertos da Terra está em regiões cruzadas por ventos contra-alísios.

JATOS DE ESTE – Acima de 40.000 pés. Atingem até 60 kt no verão. Situam-se entre 20°N e 20°S.

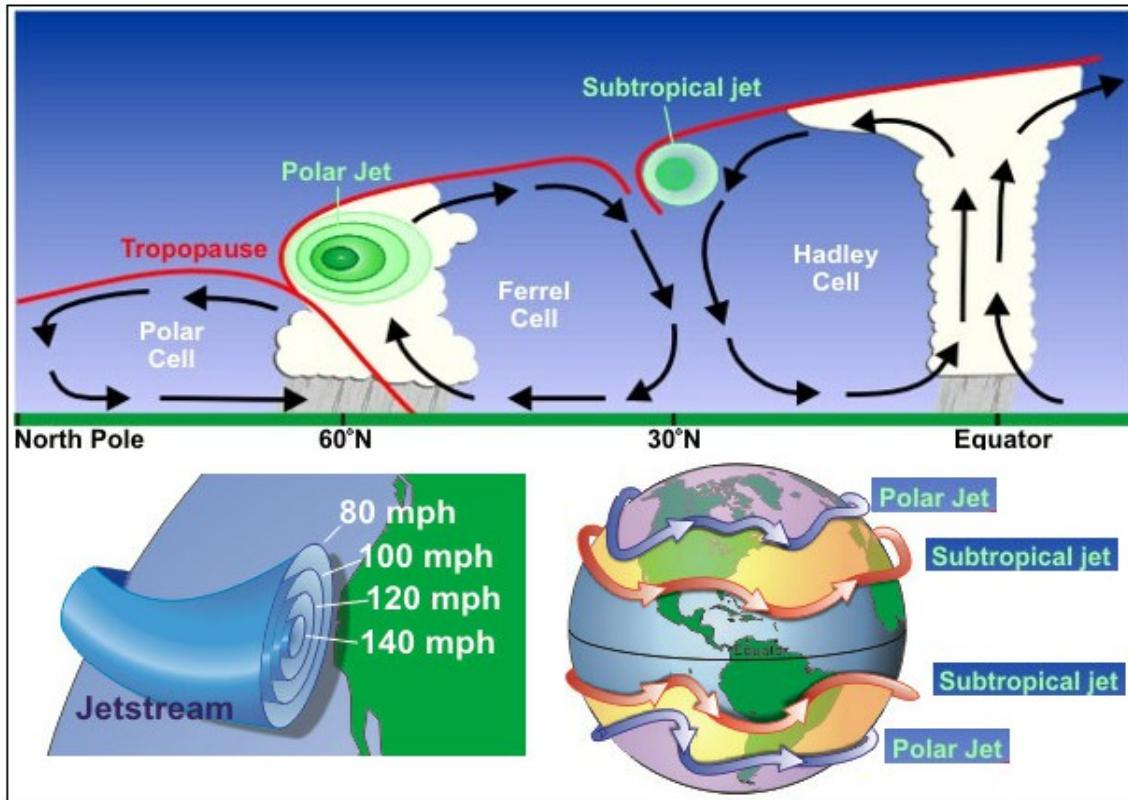
CORRENTE DE BERSON – (do Oeste) Acima de 60.000 pés. Atingem até 100 kt. Situam-se entre 6°N e 4°S.

KRAKATOA - (de Leste) Acima da Tropopausa.

CICLONE POLAR - (também conhecido como vórtice polar) é uma vasta área de baixa pressão que aumenta no inverno e diminui no verão. Velocidade superior a 200 kt. Situam-se sobre as regiões polares.

FRENTE POLAR - é a fronteira entre Célula Polar e a Célula de Ferrel em cada hemisfério. Nesta fronteira um gradiente agudo em temperatura ocorre entre estas duas massas de ar, cada uma em temperaturas muito diferentes.

A frente polar nasce como um resultado de ar polar frio encontrando o ar tropical quente. É uma frente estacionária.



CORRENTES DE JATO (JET STREAM) - É um fluxo de vento intenso, com velocidade mínima de 50 nós (25 m/s), porém já foram detectadas velocidades acima de 400 nós (205 m/s) em seu eixo. Se deslocam de Oeste para Leste, com sinuosidades. Ela se forma na ruptura da Tropopausa e possui uma largura aproximada de 100 a 300 km e tem uma espessura que varia de 5 a 7 km. Situam-se nos dois hemisférios:

- Correntes de jato polares – apresenta velocidade média de 125 km/h no inverno e aproximadamente a metade no verão. A velocidade no inverno, pode chegar a 350 km/h. Durante o inverno, pode desviar-se em direção ao equador até 30° de latitude. No verão, sua posição média é usualmente em torno de 50° de latitude. Não é uniformemente bem definido ao redor do globo. Onde a frente polar é bem definida, com grandes gradientes de temperatura, os ventos são acelerados. Não tem uma trajetória retilínea leste-oeste, mas apresenta ondulações, com grande componente norte-sul. Altura média de 7 a 12 Km da superfície;
- Correntes de jato Subtropicais – Ocorrem próximo à descontinuidade da tropopausa, em torno de 25° de latitude, no extremo da célula de Hadley. Está a 13 km de altitude. É mais forte e menos variável em latitude que a polar.
 - Estrutura – Camadas semi-concêntricas, variáveis, com velocidades diferentes, sendo a maior velocidade no núcleo.
 - Nebulosidade associada – Cirrus uncinus (rabo de galho).

No Brasil a corrente de Jato Subtropical oscila entre Porto Alegre(RGS) e Vitória(ES), vindas de Sudoeste (SW).

13.3 Circulação secundária – Causas. Ventos locais: brisas marítimas e terrestres. Efeitos orográficos, ventos de vale. Ventos anabáticos e catabáticos – Efeitos sobre o voo

Circulação secundária - São circulações locais ou de menor amplitude, causadas por perturbações na circulação principal. São elas:

- brisa marítima
- brisa terrestre
- vento de montanha
- vento de vale
- monções.

BRISA MARÍTIMA – Ocorre no sentido do mar para a terra, ela ocorre devido ao aquecimento facilitado da terra durante o dia do que a superfície líquida do mar. Com isto, o ar sobre o continente fica menos denso e com menor pressão. A penetração da brisa marítima chega normalmente de 20 a 30km, com 10 nós (~18km/h) sendo mais intensa nas tardes de verão.

BRISA TERRESTRE – Ocorre no sentido do terra para o mar, ela ocorre devido ao resfriamento rápido da terra durante a noite enquanto que a superfície líquida do mar acumulou o calor durante todo o dia e tem maior inércia nesta perda noturna. A penetração da brisa terrestre é menor, chegando a 20 ou 25km, com velocidades baixas, sendo mais intensa nas madrugadas do inverno.

VENTO DE MONTANHA – é um Vento CATABÁTICO, ocorre durante a noite, com a descida, pelas encostas, do ar mais frio em direção ao fundo de vale.

VENTOS DE VALE - é um vento ANABÁTICO, ocorre durante o dia, com a subida, pelas encostas, de ar aquecido, que vai se expandir e resfriar nos níveis superiores.

MONÇÕES – No Verão do Hemisfério Norte (Abril a Setembro), a terra aquece consideravelmente na Ásia Central e origina um centro de baixas pressões muito cavado, que se contrapõe aos núcleos de altas pressões sobre os oceanos Índico e Pacífico, cuja temperatura da superfície é relativamente menor, originando uma circulação típica, com ventos soprando do oceano para o continente.

No inverno, a circulação inverte-se, pois a superfície do oceano mantém-se mais aquecida que a do continente. Os ventos passam a soprar do continente para o mar. Estes ventos alternantes em sentido são chamados de Monção (do árabe, mausin, que significa estação) e fazem-se sentir no Oceano Índico e no Mar da China nos seguintes períodos:

- Monção de SW, de Verão ou marítima: de Abril a Setembro
- Monção de NE, de inverno ou continental: de Outubro a Março.

DESERTOS DE MONÇÃO, PELO EFEITO FOEHN - Conforme a monção cruza a Índia, de sudeste a noroeste, pelo chamado Talweg do Monzón (aproximadamente o vale do rio Ganges) e choca contra as elevadas montanhas do Himalaya, perde sua umidade através de chuvas e nevadas até o ponto que no lado oriental da corrente montanhosa Aravalli, o vento já está seco pelo efeito FOEHN.

Os desertos do Rajastán e Cholistán, no noroeste da Índia, e o deserto de Thar, entre Paquistão e a Índia, são parte de uma região de deserto de Monção, ao oeste da corrente montanhosa.

13.4 Vento nos poucos e decolagens

Apesar do vento influenciar todas as etapas de um voo, sua influência é muito mais importante nas operações de pouso e decolagem. Por isso, neste curso, são tratados, em capítulos separados, a influência das turbulências e trovoadas nas operações de pouso e decolagem.

Agora iremos tratar dos aspectos operacionais e também da performance da aeronave em função dos ventos nos aeródromos.

ORIENTAÇÃO DAS PISTAS - O fator que determina a orientação das pistas de um aeroporto está diretamente ligada aos ventos predominantes naquela área, e a situação ideal, tanto para os procedimentos de pouso como para decolagem é de que a direção do vento seja longitudinal à pista, evitando-se ventos laterais (de través ou crosswinds).

- para as aeronaves de pequeno porte, o valor limite da velocidade da componente de "vento de través" indicada é da ordem de 15 nós ou 28 km/h e, para aeronaves maiores, o máximo tolerável é de cerca de 25 nós (46 km/h).

PREFERÊNCIA DA CABECEIRA - A cabeceira da pista preferencial, a ser usada no pouso ou na decolagem, é a que estiver contra o vento (vento de proa), a não ser que as condições de segurança de tráfego aéreo ou desenho de pista imponham uma condição diferente.

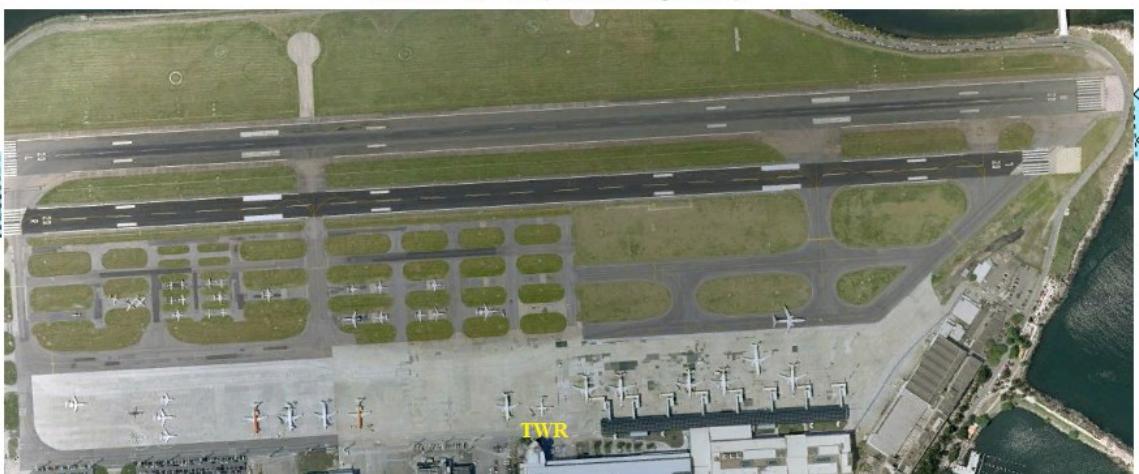
IDENTIFICAÇÃO DAS PISTAS - As pistas de pouso são identificadas com números formados por dois dígitos numéricos, que representam a direção de suas cabeceiras em relação ao Norte magnético, arredondados para o mais próximo múltiplo de 10.

Se há pistas paralelas, essa identificação é complementada com letras indicativas de suas posições em relação à torre [direita = R (right), Central = C (center) e esquerda = L (left)].

Exemplos:

- Pista única com rumo magnético de $016^\circ / 196^\circ$: recebe a identificação de 02 / 20 (arredondamento para 20° e 200°);
- Pistas paralelas com rumos magnéticos iguais, de $016^\circ / 196^\circ$: a primeira será 02L / 20R e a segunda será 02R / 20L.

Aeroporto Santos Dumont - RJ (SBRJ) - Cabeceira 20 = 196° (arredondado para 200°)
Cabeceira 02 = 16° (arredondado para 20°)



INFORMAÇÕES RELATIVAS À OPERAÇÃO DAS AERONAVES

Antes de iniciar o táxi para a decolagem, as TWR deverão transmitir às aeronaves as seguintes informações, exceto aquelas que se saiba que a aeronave já tenha recebido:

- a) a pista em uso;
 - b) a direção e a velocidade do vento na superfície, incluindo suas variações significativas;
 - c) o ajuste de altímetro (QNH), arredondado para o hectopascal inteiro inferior mais próximo;
 - d) a temperatura do ar na pista;
 - e) a visibilidade existente no setor de decolagem ou o valor, ou valores atuais, do RVR correspondente à pista em uso;
 - f) a hora certa; e
 - g) a autorização ATC.
- Antes da decolagem, as aeronaves deverão ser informadas sobre:
 - a) toda mudança significativa na direção e velocidade do vento na superfície, a temperatura e o valor, ou valores, da visibilidade ou do RVR; e
 - b) as condições meteorológicas significativas no setor de decolagem, a menos que se saiba que a informação já tenha sido recebida pela aeronave.
 - Antes que a aeronave entre no circuito de tráfego, para pouso, deverá receber as seguintes informações, exceto aquelas que se saiba que a aeronave já tenha recebido:
 - a) a pista em uso;
 - b) a direção e a velocidade do vento na superfície, incluindo suas variações significativas; e
 - c) o ajuste do altímetro (QNH), arredondado para o hectopascal inteiro inferior mais próximo.

Relembrando alguns conceitos das velocidades usadas em aviação:

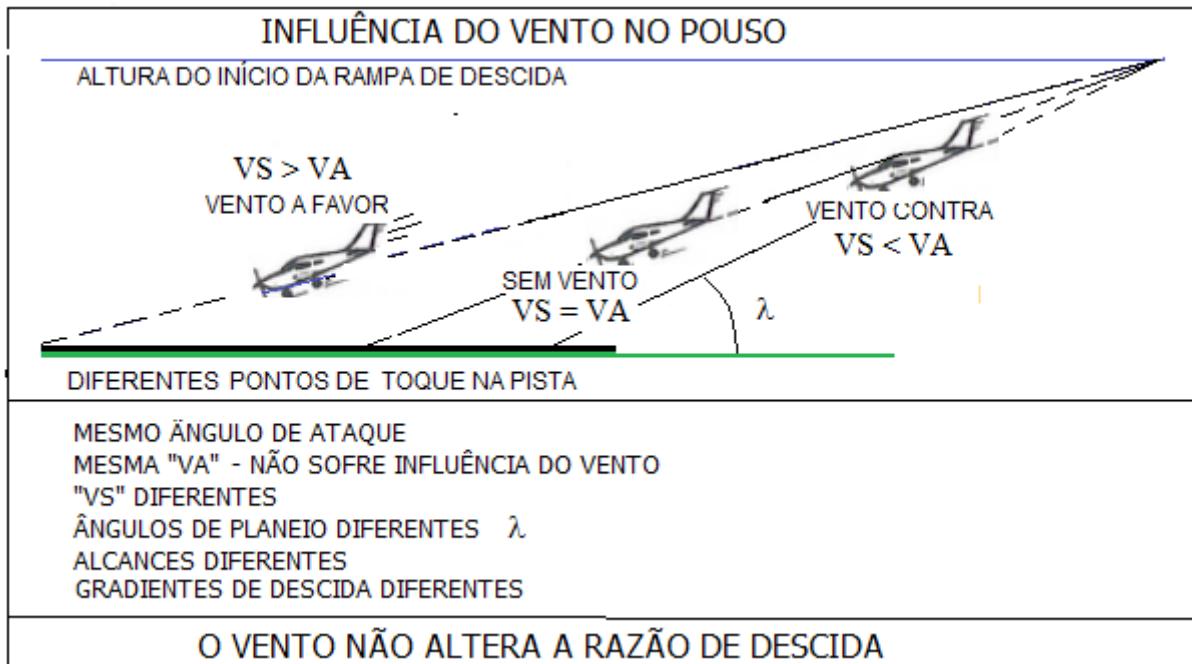
Velocidade Indicada (VI): Também chamada de IAS (Indicated Air Speed) é a velocidade lida diretamente no instrumento, corrigida para os erros do instrumento. Essa é a velocidade na qual são baseadas todos os parâmetros de performance da aeronave (velocidade de estol, V1, Vr, V2, velocidade de melhor razão de subida, de planeio, VMO, VMC etc)...

Velocidade Aerodinâmica (VA): Também chamada de TAS (True Air Speed) é a velocidade verdadeira em relação ao ar. É a VI corrigida para os erros de altitude e temperatura. Essa correção é feita por tabelas ou por meio de um computador de voo.

Velocidade em Relação ao Solo (VS): Também chamada de GS (Groundspeed) é a velocidade com que o avião se desloca em relação ao solo. Basicamente é a VA somada algebraicamente às componentes do vento. Se tivermos vento de cauda, a VS será maior do que a VA. Com vento de proa a VS será menor do que a VA.

INFLUÊNCIA DO VENTO NO POUSO

Preferencialmente o pouso deve ser feito com vento de frente.



COMPARAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE VENTO CONTRA E VENTO A FAVOR - Percebe-se pela figura acima, que para a mesma razão de descida, mesma velocidade indicada (VI) e mesmo ponto de início de rampa, a aeronave tenderá a tocar a pista de pouso em pontos diferentes, pela modificação do ângulo de planeio (γ). Com vento a favor, é a situação em que o piloto perde uma boa parte da pista para tocar a pista e também para parar a aeronave.

A maior velocidade permitida, para vento de cauda, é de 10 nós.
Esse assunto é mais detalhado na disciplina Teoria do voo.

NOTA: Sempre juntar as situações de vento, aqui tratadas, com a Altitude densidade, para avaliar o comportamento da aeronave nas operações de pouso e decolagem.

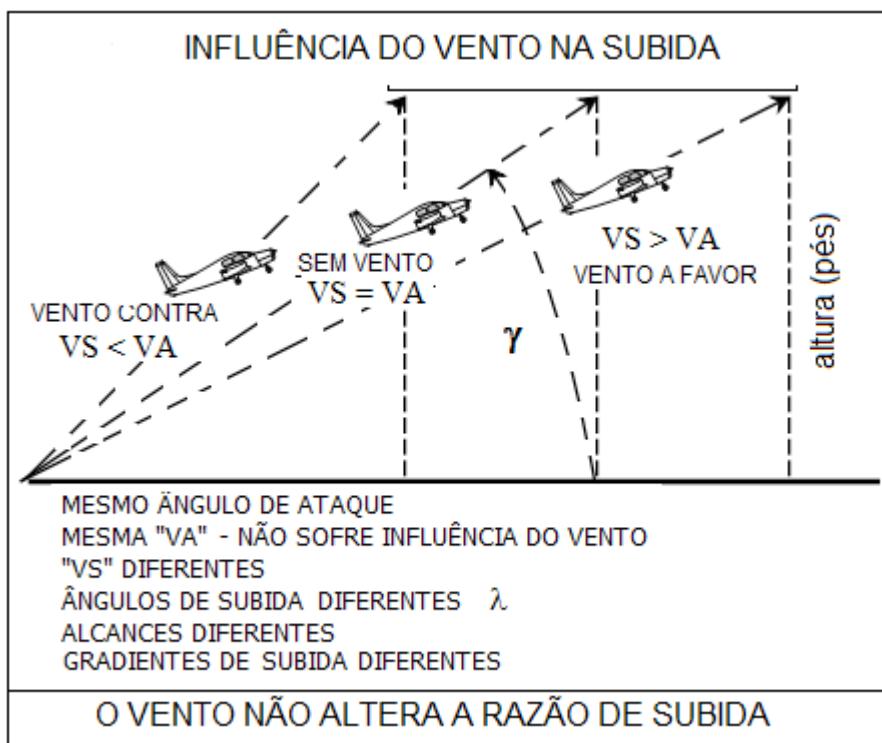
VENTO DE TRAVÉS NO POUSO – neste caso, existem procedimentos que incluem o aumento da velocidade de descida, uso de flaps parciais e manobras conjuntas de guinada, rolagem e razão de descida, que são vistas na disciplina de Teoria do Voo e na Prática de Pilotagem, além do valor máximo do vento de través, fornecido no Manual da aeronave.

INFLUÊNCIA DO VENTO NA DECOLAGEM

VENTO DE PROA – A decolagem deve ser feita preferencialmente com vento de proa. Neste caso, com a mesma velocidade indicada (VI), a aeronave estará com a velocidade aerodinâmica (TAS) muito maior, favorecendo os seguintes aspectos:

1. possibilita uma decolagem com maior peso bruto.
2. com um menor comprimento de pista.
3. permite a ultrapassagem de obstáculos à frente com mais segurança com o gradiente de

subida padrão.



VENTO DE CAUDA – Esta é uma operação a ser somente em condições especiais, respeitando-se o limite máximo da velocidade do vento de 10 nós.

Neste caso, a Velocidade de solo (VS) será maior do que a Velocidade indicada (VI) e com isso teremos os seguintes aspectos (assunto detalhado na disciplina Teoria do Voo):

1. a aeronave deverá decolar com menor peso bruto.
2. o comprimento da pista utilizado será muito maior.
3. o gradiente de subida será menor, e com isso, a aeronave chegará mais rápido e com menos altura nos obstáculos à frente.

VENTO DE TRAVÉS NA DECOLAGEM – assim como no pouso, na operação de decolagem existe um limite de velocidade do vento de través, de acordo com o manual da aeronave. Considerar também, as manobras específicas de guinada, rolagem e razão de subida, que são tratadas com detalhes na disciplina de Teoria do voo e Prática de Pilotagem.

14. Massas de ar

- Distinguir as diferentes massas de ar.

14.1 Definição. Características e propriedades das massas de ar polares e tropicais, continentais e marítimas, frias e quentes

Massa de ar – se forma quando uma considerável porção da ar atmosférico mantém prolongado contato com uma vasta região com características homogêneas (oceanos, grandes florestas, extensos desertos e amplas superfícies geladas).

Por influência da superfície, a camada de ar vai adquirindo, uniformemente, as propriedades termodinâmicas de calor e umidade, característicos da região onde está estacionada.

Quanto mais prolongado for esse contato com a superfície, mais espessa será a camada de ar atingida por sua influência. É necessário a presença de anticíclopes nessa região, para provocar a divergência da camada inferior, com ventos leves, para ampliar a “propagação” das características da região.

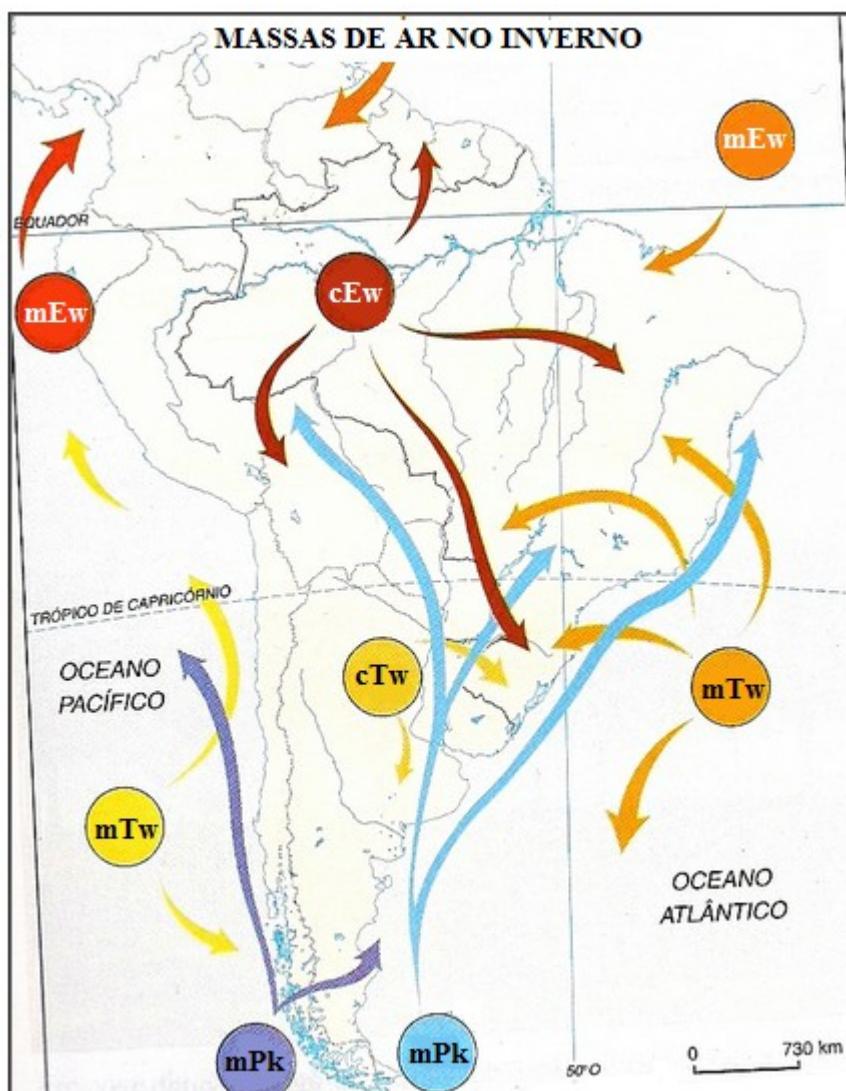
CLASSIFICAÇÃO

Classificação das massas de ar				
	Massa	Origem	Propriedades	Símbolos
MIGRATÓRIAS	Ártica Antártica	Regiões polares	Baixas temperaturas, a mais fria das massas de ar do inverno	A
	Continental Polar	Áreas continentais polares	Baixas temperaturas (aumentando de acordo com o movimento, quando a massa se move no sentido Norte, H.S), baixa umidade.	cP
	Marítima Polar	Áreas oceânicas sub polares e árticas.	Baixas temperaturas aumentando com o movimento, alta umidade.	mP
SEMI-ESTACIONÁRIAS	Continental Tropical	Áreas continentais subtropicais	Altas temperaturas, baixa umidade	cT
	Marítima Tropical	Áreas subtropicais oceânicas	Temperaturas moderadas, alta umidade	mT
	Equatorial	Equador e mares tropicais	Alta temperatura e umidade	E
		QUENTE		w
		FRIO		k

A classificação Bergeron é a forma mais amplamente aceita para classificação das massas de ar. A classificação das massas de ar é feita com três letras:

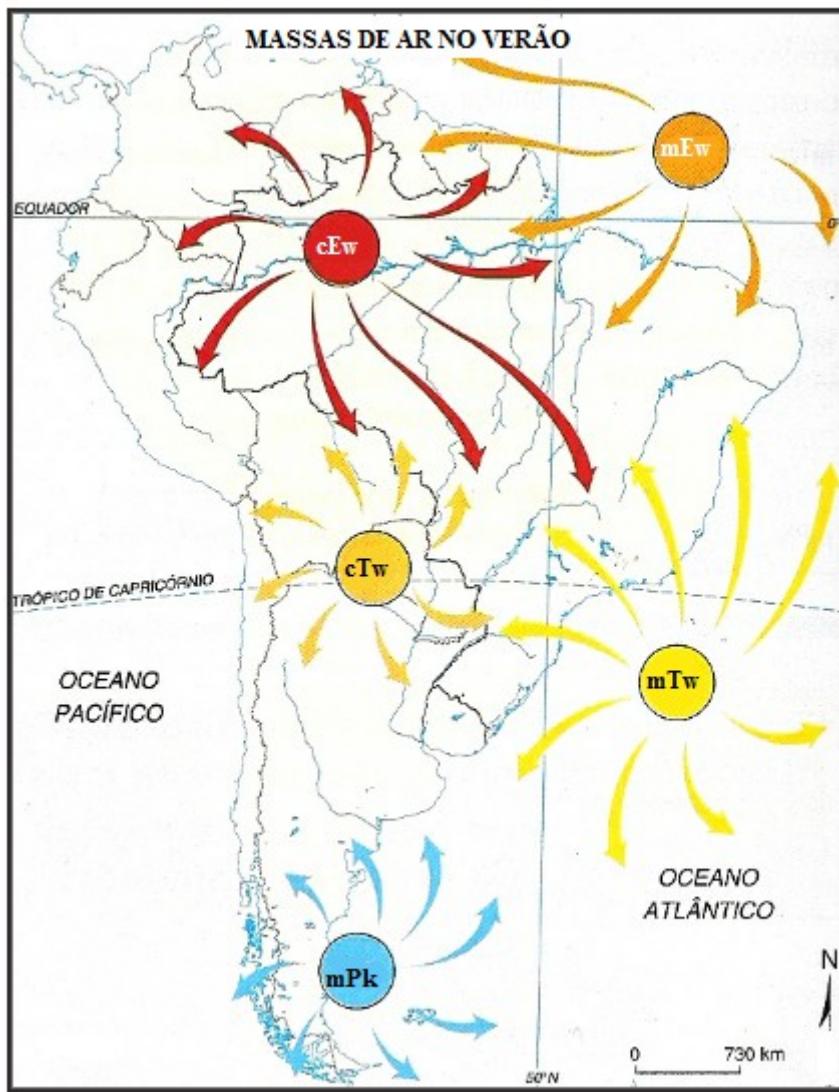
1. A primeira letra (minúscula) descreve as propriedades da umidade, sendo que a letra "c" é usada para massas de ar continental (seco) e o "m" representa massas de ar marítimas (úmido).
2. A segunda letra (maiúscula) descreve a característica térmica de sua região de origem: "T" para tropical, "P" para polar, "A" para o Ártico ou Antártida, "M" para áreas de monção, "E" para regiões equatoriais e "S" para o ar superior (ar seco formado por movimento descendente significativo na atmosfera).
3. A terceira letra (minúscula) é usada para designar a estabilidade da atmosfera. Se a massa de ar é mais fria que a superfície abaixo dela, é denominada "k" (kalt = Alemão). Se a massa de ar é mais quente que a superfície abaixo dela, é denominada "w" (warm = Alemão).

MASSAS DE AR NO BRASIL:



Região Amazônica – Predominam as Massas Equatoriais (cEw e mEw) – alto grau de temperatura e umidade – formam nuvens de grande desenvolvimento vertical e intensas precipitações. No verão, parte da nebulosidade formada na região amazônica se desloca para as regiões centro oeste e sudeste, caracterizando o fenômeno da ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul).

Massa Tropical Continental (cTw) – Associada à baixa pressão predominante sobre a Região do Chaco (Paraguai e Argentina), pelo grande aquecimento da superfície, especialmente no verão. Aqui se origina uma massa de ar quente, seca e instável, com intensa atividade convectiva, alcançando até 3.000 m de altura. Mesmo assim, as precipitações são fracas, com céu limpo, favorecendo ainda mais o aquecimento diurno e rápido esfriamento noturno. Abrange uma área de atuação muito limitada, permanecendo em sua região de origem durante quase todo o ano.



Massa Tropical Marítima (mTw) – Associada ao anticiclone do Atlântico Sul. Esse Anticiclone induz a subsidênci a do ar superior, quente e seco, que, por sua vez, se sobrepõe ao ar úmido e menos aquecido da superfície oceânica, dando origem a uma camada de inversão térmica, situada entre 500 e 1.500m de altitude.

Massa Polar marítima (mPk) – principalmente no inverno e primavera escoam da Antártida pelo sul do continente sul-americano e atingem o Brasil; algumas delas atravessam os Andes, pelo Chile e, pelo efeito Foehn, provocam névoas na Patagônia e sul da Argentina; ao atravessar o Uruguai e sul do Brasil, novamente se intensificam chegando frias e úmidas sobre o Sudeste brasileiro. Ocasionalmente atingem a região amazônica no inverno, com forte intensidade, abaixando

fortemente a temperatura (“friagem”).

NOTA: A Massa Polar continental Forma-se na Antártica. É fria, seca, estável e rasa (3 a 4 km). Esta massa de ar não se inclui nas características da América do Sul pois sofre grandes transformações ao cruzar o oceano, chegando ao Brasil como Massa Polar Marítima (fria).

DESLOCAMENTO DAS MASSAS DE AR

Quando as massas de ar se deslocam das suas regiões de origem para as de destino, vão sofrer a influência das regiões sobre as quais circulam e com isso vão perdendo as suas características de origem.

Este processo vai depender da velocidade de deslocamento, da diferença de características entre a região de origem e a região em trânsito, do tipo de circulação (ciclônica ou anticyclônica) e do tipo da massa de ar.

MASSA DE AR FRIO - quando se desloca sobre regiões mais quentes vai aumentar a sua instabilidade por aquecimento da base. Se a região por onde se desloca for continental, a sua umidade não aumenta. Se, ao contrário, essa região for marítima, há aumento da umidade e formam-se nuvens do tipo cumuliforme.

Se a massa de ar for transportada por uma depressão, o movimento vertical ascendente desta, vai aumentar a instabilidade da massa de ar. Uma circulação anticyclônica diminui estas condições de instabilidade.

MASSA DE AR QUENTE – quando se desloca sobre regiões frias vai diminuir a sua instabilidade por arrefecimento da base. Essa estabilização vai provocar a formação de nuvens baixas e nevoeiros e é mais acentuada quando a circulação é anticyclônica, pois nesse caso, temos uma subsidência (movimento vertical descendente) do anticiclone.

CARACTERÍSTICAS DO TEMPO NO DESLOCAMENTO DAS MASSAS DE AR

Massas de ar fria se deslocando sobre superfície quente:

- Gradiente térmico maior que $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$;
- Instabilidade;
- Nuvens cumuliformes;
- Precipitação tipo aguaceiros;
- Vento moderado a forte com rajadas;
- Visibilidade boa;
- É possível a ocorrência de trovoadas;
- Formação de gelo claro.

Massas de ar quente se deslocando sobre superfície fria:

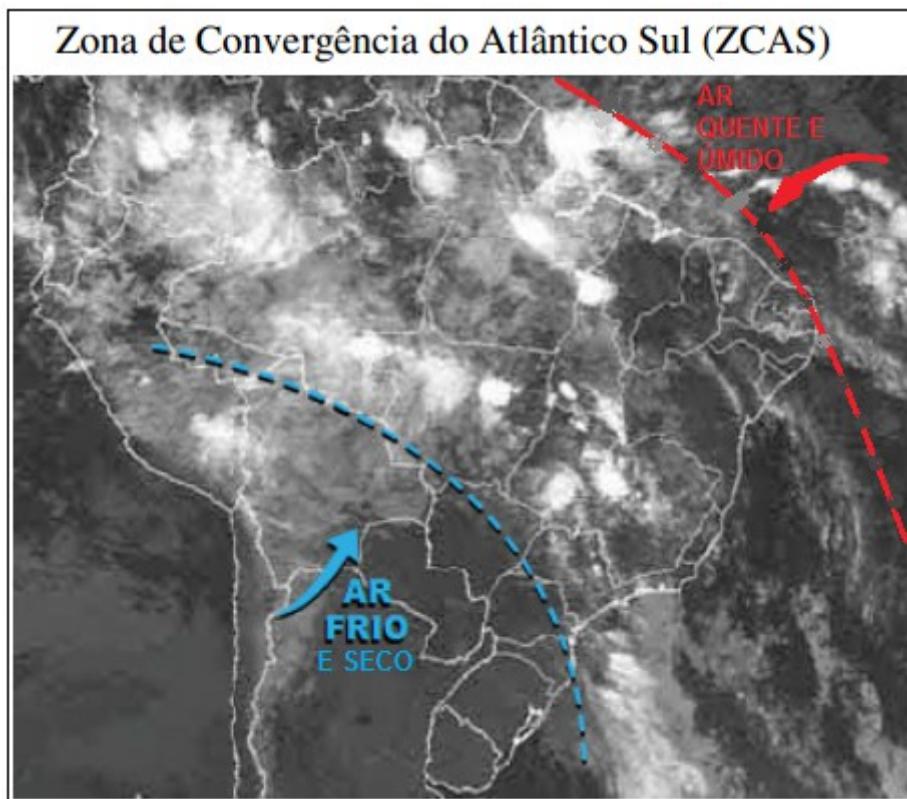
- Gradiente térmico menor que $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$;
- Estabilidade;
- Nuvens estratiformes e nevoeiro;
- Precipitação do tipo chuva ou chuvisco;

- Vento fraco a moderado;
- Visibilidade baixa;
- Formação de gelo amorfó;

CONDIÇÕES DE TEMPO PROVOCADAS POR INVASÃO DE MASSAS DE AR.					
Massa de ar	Condição de Equilíbrio	Gêneros de Nuvens	Caráter da Chuva	Condição do Vento	Visibilidade Horizontal
Fria	Instável	Cu, Cb	Aguaceiro	Turbulento com rajadas	Boa
Quente	Estável	St, Sc	Contínua	Constante	Má Nevoeiro

ZONA DE CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL (ZCAS)

É uma região com uma extensa faixa e bandas de nuvens formadas desde a Amazônia, Brasil Central e Sudeste até o Oceano Atlântico.



Essas nuvens estão associadas com chuvas de regimes variados, que persistem por no mínimo quatro dias e podem causar grandes transtornos, tais como alagamentos e desmoronamentos.

Climatologicamente, este sistema meteorológico é responsável pela grande quantidade de chuva de

verão entre as Regiões Centro-Oeste, Sudeste, partes da Norte e do Nordeste. A ausência desse sistema causa forte redução nas chuvas nessas regiões.

15. Frentes

- Identificar os diferentes tipos de frentes e suas características.
- Descrever as práticas e procedimentos para evitar ou minimizar os efeitos das frentes sobre a aeronave em voo
- Reconhecer a importância da topografia na evolução das frentes.

15.1 Superfície de descontinuidade entre massas de ar – Conceito

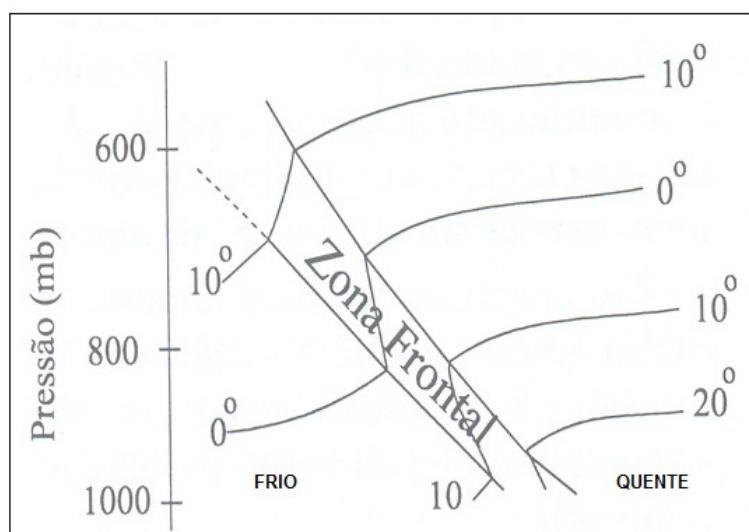
PONTOS IMPORTANTES PARA O ENTENDIMENTO DAS FRENTEs:

- O tempo nas regiões de origem da massa de ar é estável.
- O tempo nas regiões de passagem da massa de ar fica variável.
- A massa de ar vai perdendo suas características de temperatura e umidade, à proporção que avança sobre outras regiões.
- Massa de Ar Quente (w) - têm origem tropical, carrega muita umidade, é mais leve e tende a se deslocar para latitudes altas (direção aos polos).
- Massa de Ar Fria (k) - têm origem nas latitudes altas, é seco, mais denso, e tende a se deslocar para as latitudes baixas (polo – equador).

O avanço de uma massa de ar sobre uma superfície onde já está presente outra massa de ar, com características diferentes da massa “invasora”, provoca o surgimento de uma FRENTE, que é a linha de fronteira entre essas duas massas de ar.

As Frentes ocorrem na baixa Troposfera, geralmente abaixo dos 6.000 m.

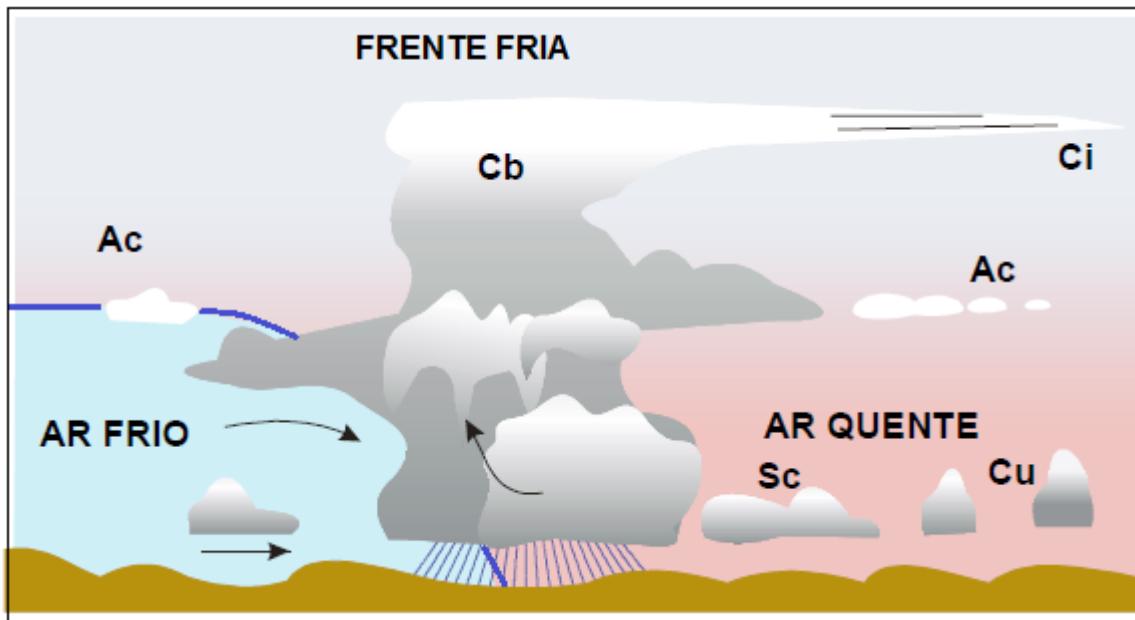
A zona frontal do planeta situa-se entre os paralelos 30° e 60° em ambos os hemisférios.



Sempre há predominância de movimento de uma massa de ar em relação à outra, e a FRENTE recebe o nome da massa que avança. Assim temos quatro tipos de frentes:

1. frente fria.
2. frente quente.
3. Frente estacionária ou quase estacionária.
4. frente oclusa.

15.2 Frente fria – Conceituação. Nuvens e condições meteorológicas associadas



Linha de fronteira criada pelo avanço de uma massa de ar frio e seco, junto à superfície, e abaixo de uma massa de ar quente e úmido.

Características principais:

- Movem-se mais rapidamente do que as frentes quentes, progredindo a uma taxa de 25 a 30 mph, mas há registros de deslocamentos com velocidade de 60 mph.
- No Hemisfério Sul, move-se de SW para NE e no Hemisfério Norte, move-se de NW para SE.
- As Regiões Sul e Sudeste do Brasil são consideradas como regiões frontogenéticas, ou seja, regiões onde tais sistemas podem se intensificar ou se formar.
- Nas cartas de superfície: são identificadas pela concentração de isóbaras e contraste de temperaturas entre dois centros de alta pressão.
- Nas cartas de altitude: são identificadas pela concentração de isotérmicas e isoíspas.
- A inclinação da linha frontal é muito acentuada, e de acordo com a velocidade de deslocamento, temos as seguintes inclinações:
 - das frentes mais rápidas vai de 1:50 Km até 1: 75 Km;
 - das frentes de velocidade média, vai de 1:80 Km a 1: 120 Km;
 - das frentes lentas, vai de 1:130 a 1:200 Km.

CARACTERÍSTICAS DAS FASES:

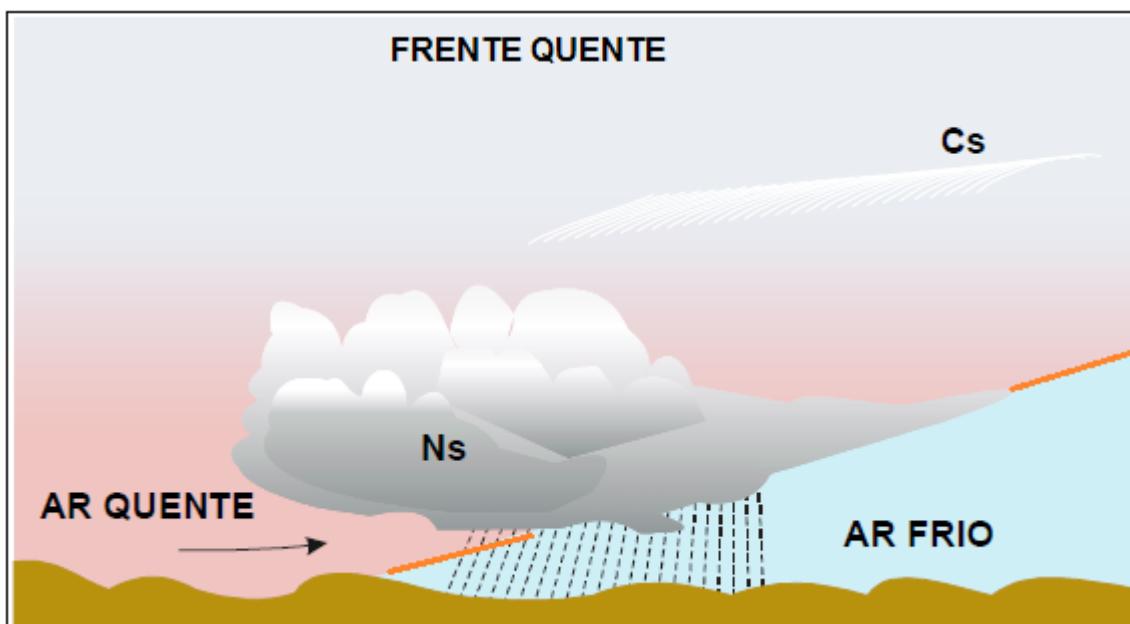
1. PRÉ-FRONTAL: aproximação de uma frente fria é percebida pela sensação de abafamento.
 - Aumento da temperatura;
 - Abaixa a pressão;
 - Umidade elevada;
 - Os ventos altos, soprando nos cristais de gelo no topo dos cúmulo-nimbos, geram cirrus e cirrostratus que anunciam a frente que se aproxima.
 - VENTOS pré-frontais: Giram de NE para NW.

- Visibilidade normal até a ocorrência de precipitações.
2. FRONTAL
- Queda da temperatura.
 - Aumento da pressão.
 - Umidade diminuindo.
 - Predominam as nuvens CB, com trovoadas, pancadas e descargas atmosféricas.
 - VENTOS frontais: Variam pelo lado Oeste, entre NW e SW .
 - Visibilidade baixa.

3. PÓS-FRONTAL

- A temperatura permanece baixa e
- A pressão permanece alta.
- Umidade diminui.
- O céu fica mais claro, aparecendo alguns cúmulos de bom tempo (cumulus humilis).
- VENTOS pós-frontais: girando para SE.
- Visibilidade alta.

15.3 Frente quente – Conceituação. Nuvens e condições meteorológicas associadas



Linha de fronteira criada pelo avanço de uma massa de ar quente e úmida sobre uma massa de ar frio e seco.

No Brasil, as frentes quentes são raras, e ocorrem mais nos meses de outono e inverno na Região Sul.

Características principais:

- Move-se lentamente, geralmente de 10 a 25 milhas por hora (mph).
- No Hemisfério Sul, move-se de NW para SE.
- No Hemisfério Norte, move-se de SW para NE.

- A inclinação é menor do que da frente fria.
- A largura do sistema de nuvens pode ser de mais de 600 Km e o comprimento maior que 1200 Km.

CARACTERÍSTICAS DAS FASES:

1. PRÉ-FRONTAL:

- A temperatura sobe lentamente, porque as nuvens aumentam localmente o "efeito estufa" na atmosfera, absorvendo radiação da superfície terrestre e emitindo radiação de volta à superfície
- A pressão diminui.
- Umidade diminui.
- A uns 300 km antes da frente surgem estratos e nimbostratos e começará a cair uma chuva leve.
- VENTOS Pré-frontais: de SE, girando para SW .
- Ocorrência de nevoeiro.
- Baixa visibilidade.

2. FRONTAL

- A temperatura aumenta.
- A pressão se eleva.
- Umidade aumenta.
- Nuvens estratiformes, com precipitação leve e contínua. Ocasionalmente, estas nuvens crescem rapidamente para baixo e podem causar problemas para pilotos de aviões pequenos que requerem boa visibilidade. Os pilotos podem experimentar boa visibilidade em um minuto e nevoeiro frontal no próximo. Sendo assim, voar na proximidade de uma frente quente é muito perigoso.
- VENTOS frontais: Variam pelo lado Oeste, entre SW e NW .
- Há menor instabilidade do que na Frente Fria, pois a rampa ou superfície frontal é menos inclinada.

3. PÓS-FRONTAL

- A temperatura elevada.
- A pressão diminui.
- Umidade diminui.
- Observam-se cúmulos de bom tempo;
- VENTOS: de NW, girando para NE.

15.4 Frente semi-estacionária – Conceituação. Nuvens e condições meteorológicas associadas

Linha de fronteira entre duas massas de ar diferentes, mas sem predomínio significativo de movimento, de uma sobre a outra, fazendo com que a frente fique estacionada ou se move muito vagarosamente.

Características principais:

- Ciclones migrando ao longo de uma frente estacionária podem despejar grandes quantidades de precipitação, resultando em inundações significativas ao longo da frente.

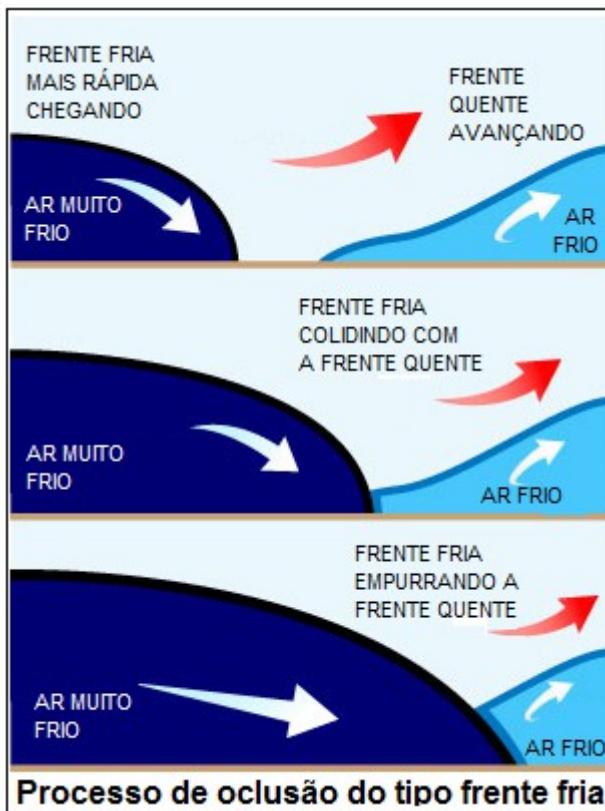
- Se ambas as massas de ar ao longo de uma frente estacionária são secas, pode existir céu limpo sem precipitação.
- Quando há ar úmido e quente que se eleva sobre o ar frio, nebulosidade com precipitações leves podem cobrir uma vasta área.
- No verão, pode causar dias seguidos de fortes precipitações no Sudeste Brasileiro.

15.5 Frente oclusa – Conceituação. Nuvens e condições meteorológicas associadas

Uma frente oclusa ocorre quando uma frente fria, em movimento rápido, encontra uma frente quente de movimento lento.

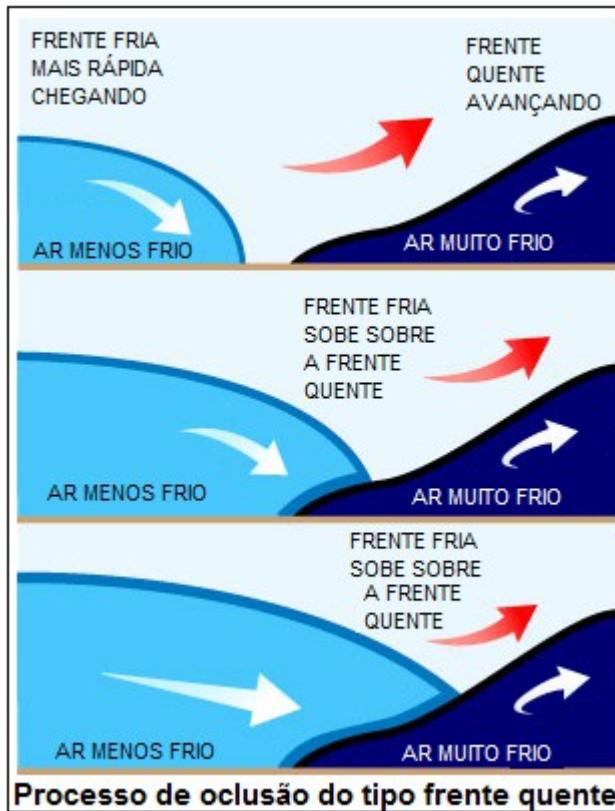
Características principais:

- A chuva contínua, característica das frentes quentes, é seguida imediatamente pelos aguaceiros associados às frentes frias.
- Existem dois tipos de frentes oclusas:



- A oclusão frente fria - ocorre quando uma “frente fria” de ar muito frio e seco, alcança uma frente quente (massa de ar quente e úmido mais massa de ar apenas resfriado). As massas de ar frio e ar resfriado ficam à superfície, com a linha de fronteira entre ambas formando uma “frente fria”, enquanto que, as massas de ar quente e úmido sobem, e a fronteira dessa massa de ar quente, com as duas massas frias na superfície, passa a ser uma “frente em altitude”. As condições meteorológicas nessa área serão, inicialmente, semelhantes às da frente quente, mas logo modificam-se e ficam semelhantes às da frente fria, com precipitação intensa. A nebulosidade é caracterizada por uma mistura de

nuvens, ao contrário das outras frentes.



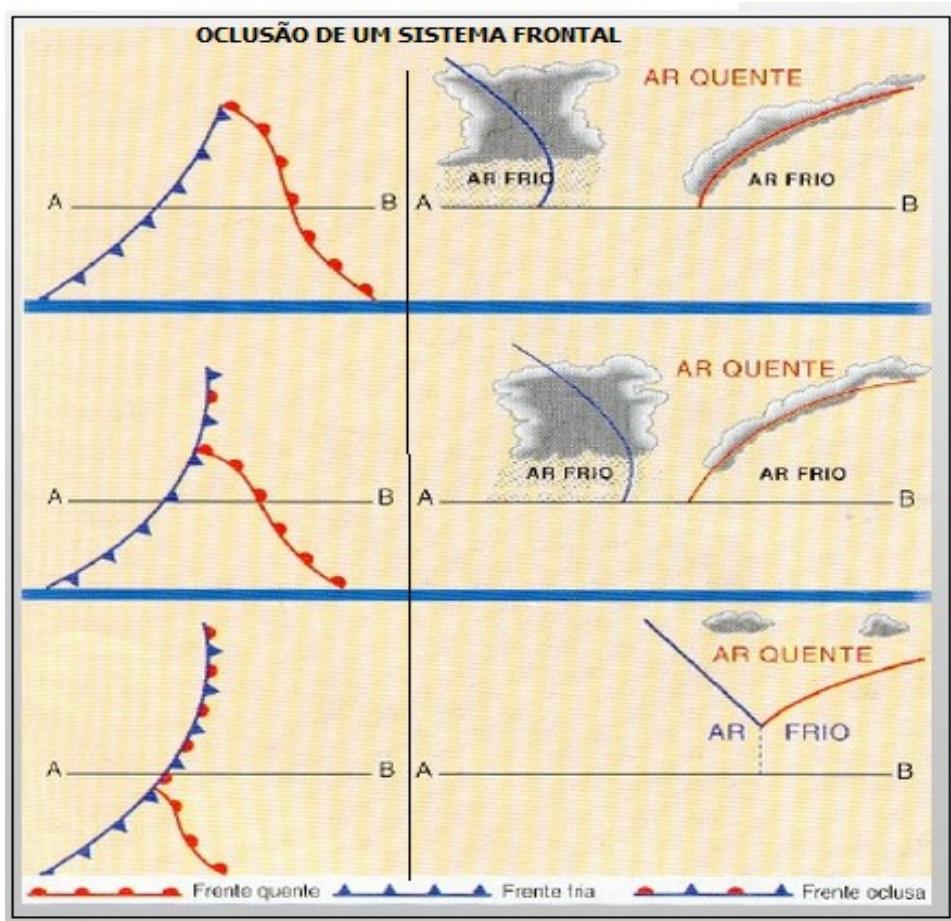
- A oclusão frente quente - ocorre quando uma frente fria, de ar apenas resfriado, alcança uma frente quente (massa de ar quente e úmido mais massa de ar **muito fria**). Neste caso, quem se eleva é a frente fria que chega, tornando-se uma frente em altitude enquanto a frente quente permanece à superfície. As condições meteorológicas nessa área serão semelhantes às de numa frente quente.

SISTEMAS FRONTAIS - são sistemas meteorológicos de grande escala, causadores de grandes distúrbios meteorológicos. Atuam durante o ano todo sobre a América do Sul (AS), com maior frequência nas latitudes mais altas (Sul) e menor frequência nas latitudes mais baixas. Suas trajetórias são orientadas no sentido Sudoeste (SW) – Nordeste (NE).

São formados, classicamente, por uma frente fria, uma frente quente e um centro de baixa pressão em superfície, denominado de ciclone. (ver Ciclone Extratropical).

O período de vida de um sistema frontal é curto: dois a três dias, no máximo, uma semana.

1. A frente fria desloca-se mais rapidamente que a frente quente.
2. O setor do ar quente, entre as duas frentes, vai sofrendo um progressivo estrangulamento, reduzindo cada vez mais a distância que separa as duas frentes.
3. A frente fria atinge a frente quente, havendo uma junção do ar frio posterior e anterior, levando à ascensão forçada de todo o ar quente.
4. Ocorre a oclusão, dando origem à frente oclusa.
5. Desaparece, assim, o sistema frontal.



15.6 Frontogênese e Frontólise

Frontogênese – é o surgimento das frentes, e ocorre geralmente ao redor das latitudes de 60° N e 60°S, devido ao choque de ar polar e ar tropical nessas regiões. O contraste das massas vizinhas é máximo, e há uma fronteira bem definida entre as duas.

Frontólise – é o processo de dissipação de uma frente. Ocorre quando as massas de ar estão sem fronteira definida, pela mistura e homogenização de suas características de temperatura e umidade.

ZONA FRONTAL DO PLANETA - Situa-se entre os paralelos 30° e 60°, em ambos os hemisférios. Nessas zonas há fortes gradientes térmicos, pela proximidade com a região polar, durante todo ano, e são mais intensos no inverno.

15.7 Representação gráfica e símbolos dos diferentes sistemas frontais que aparecem nas SIG WX PROG'S

FRENTES, ZONAS DE CONVERGÊNCIA E OUTROS SÍMBOLOS USADOS	
	FRENTE FRIA À SUPERFÍCIE
	EM ALTITUDE
	FRONTOGÊNESIS FRENTE FRIA
	FRONTÓLISIS FRENTE FRIA
	FRENTE QUENTE À SUPERFÍCIE
	EM ALTITUDE
	FRONTOGÊNESIS FRENTE QUENTE
	FRONTÓLISIS FRENTE QUENTE
	FRENTE OCLUSA À SUPERFÍCIE
	EM ALTITUDE
	FRENTE SEMI-ESTACIONÁRIA À SUPERFÍCIE
	EM ALTITUDE
	FRONTOGÊNESIS DE FRENTE SEMI-ESTACIONÁRIA
	FRONTÓLISE DE FRENTE SEMI-ESTACIONÁRIA
	ALTURA MÁXIMA DA TROPOPAUSA
	ALTURA MÍNIMA DA TROPOPAUSA
	NÍVEL DA TROPOPAUSA
	LINHA DE CONVERGÊNCIA
	NÍVEL DE CONGELAÇÃO
ZONA DE CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL	
LEVE MODERADA SEVERA	
	ESTADO DO MAR ¹
	TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR ²
	VENTO FORTE À SUPERFÍCIE EM ÁREA EXTENSA ³

1 Os algarismos dentro do símbolo representam a altura total das ondas, em pés ou metros.

2 Os algarismos dentro do símbolo representam a temperatura da superfície do mar, em °C.

3 Este símbolo se refere às áreas extensas de vento forte à superfície, onde a sua velocidade excede a 30 kt (60 km/h).

16. Trovoadas

- Caracterizar trovoada.
- Identificar os tipos de tempestade e os fatores associados.
- Descrever as práticas e os procedimentos para evitar ou minimizar os efeitos das tempestades sobre a aeronave em voo

Trovoada (Thunderstorm - TS) - é que a existência de células ou super células de chuva convectiva em estágio maduro, onde a nuvem-mãe, o Cúmulo-nimbus, está presente. Uma trovoada pode ocorrer de forma unicelular, multicelular ou supercelular. Uma célula única dura menos de uma hora, enquanto que uma supercélula de trovoada severa pode durar duas horas.

16.1 Condições atmosféricas que propiciam a formação de trovoadas. Diferentes fases de uma trovoada e como reconhecê-las. Características básicas

As trovoadas são o resultado da energia acumulada nas nuvens Cúmulo-nimbos (CB), que se trata do gênero de nuvens mais perigoso às operações aéreas, tendo em vista seu alto grau de instabilidade e os fenômenos associados – turbulência, pancadas de chuva, fortes rajadas de vento, gelo, granizo, raios e trovões.

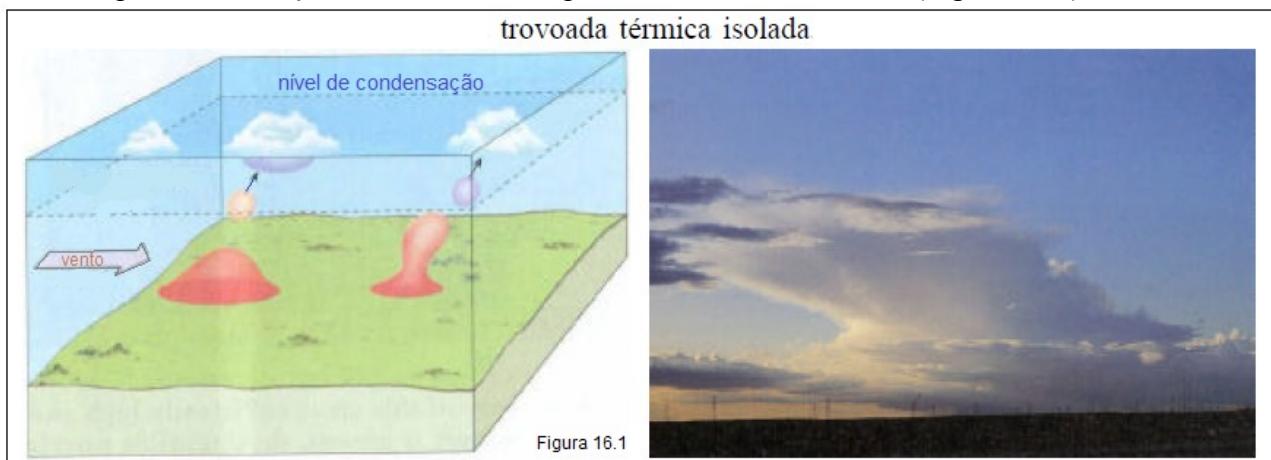
Ocorre de forma mais efetiva nas regiões tropicais e principalmente na época do verão. As trovoadas apresentam três estágios:

1. **desenvolvimento (Cúmulos)**: Ocorre o predomínio de correntes convectivas ascendentes, com o resfriamento, a condensação e a formação de nuvens Cúmulos; geralmente não ocorre precipitação neste estágio e a visibilidade é boa;
2. **Maturidade**: Como o levantamento atinge grande altura, várias das parcelas se resfriam e mergulham de volta por dentro da própria nuvem. Neste processo, diversas correntes descendentes (de parcelas resfriadas) e correntes ascendentes (de novas parcelas levantadas e aquecidas) vão carregando gotas de água, gelo e diversos particulados. As velocidades das correntes atingem 200km/h e as colisões entre elas podem chegar aos 400km/h. Tais colisões são as responsáveis pelo surgimento de carga estática dentro da nuvem. Nesta fase, são várias situações que podem ser esperadas:
 - precipitação severa de saraiva;
 - precipitação de intenso aguaceiro;
 - formação de tornados;
 - uma micro-explosão.
 - Classifica-se a nuvem como Cúmulo-nimbo, imediatamente ao ser avistado um fotometeoro (relâmpago) ou ouvido um trovão (fonometeoro).
 - Seu diâmetro médio, como célula isolada é pouco maior que 10km, com topo entre 8 a 20 km, dependendo da latitude;
3. **Dissipação (Bigorna)** : Nesta fase, a maior parte das correntes já é descendente, pois o fluxo ascendente foi dissipado pelo resfriamento da superfície (estabilidade). Há fragmentação total da tempestade na retaguarda, com separação do topo gelado na forma de Cirrus isolados e chuva leve, contínua, e as vezes gelada, causada por Alto- estratos.

Quanto à sua gênese, as trovoadas podem ser:

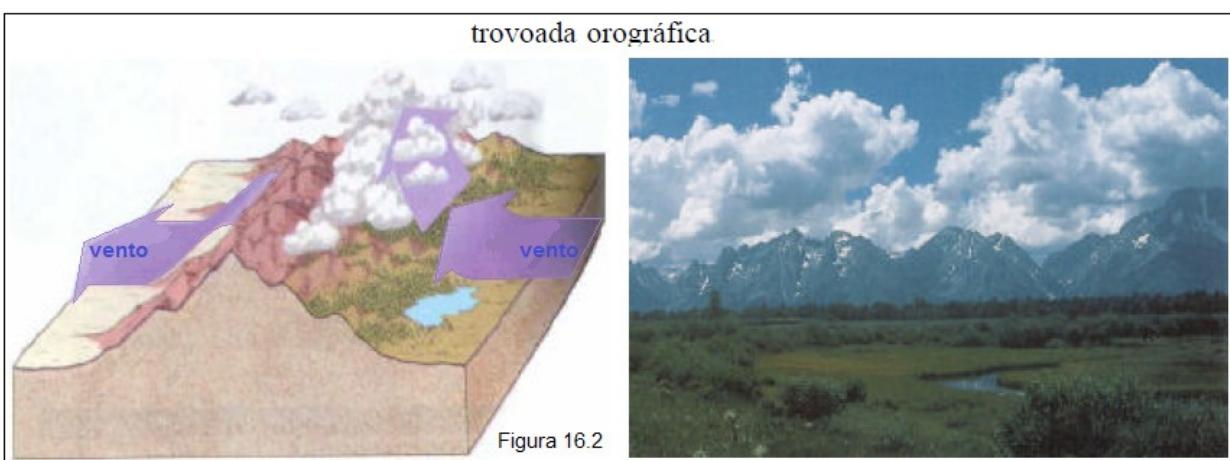
TROVOADAS DE MASSA DE AR: São as trovoadas que ocorrem dentro de uma mesma massa de ar, causados por algum agente.

1. Convectivas - Também chamadas de termais, são as trovoadas formadas por convecção local devido ao forte aquecimento diurno da superfície. O ar aquece-se por contato molecular e dispara a convecção, emanando calor por turbulência convectiva (Figura 16.1).

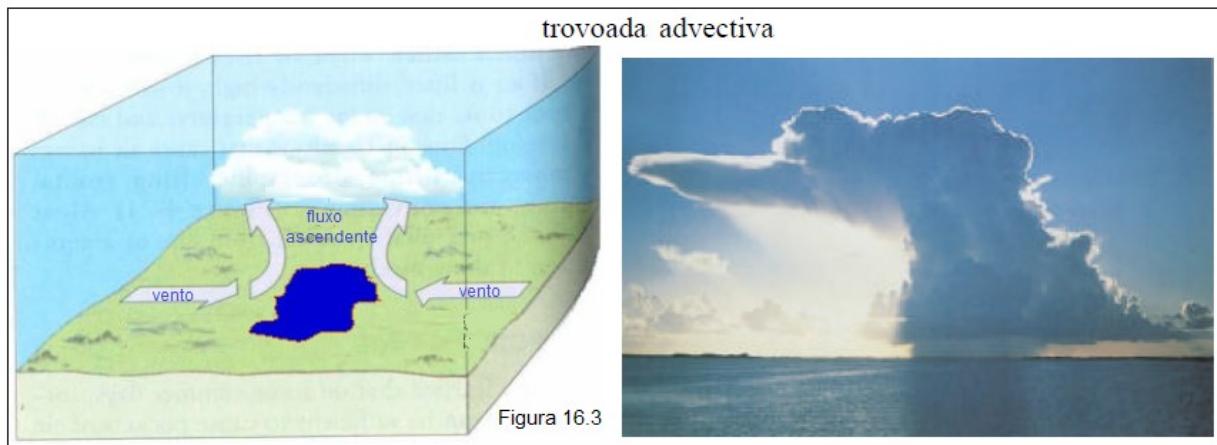


Uma tempestade multicelular é um compacto aglomerado de trovoadas. É composta geralmente de células de trovoadas de massa de ar em diferentes estágios de desenvolvimento

2. Orográficas - São as trovoadas que surgem pelo escoamento forçado do ar em direção à uma montanha ou serra. O movimento mecânico, forçando o ar a subir as escarpas, forma nuvens à barlavento da montanha, ocasionando forte precipitação e instabilidade. Turbulência é esperada à sotavento da montanha (Figura 16.2).



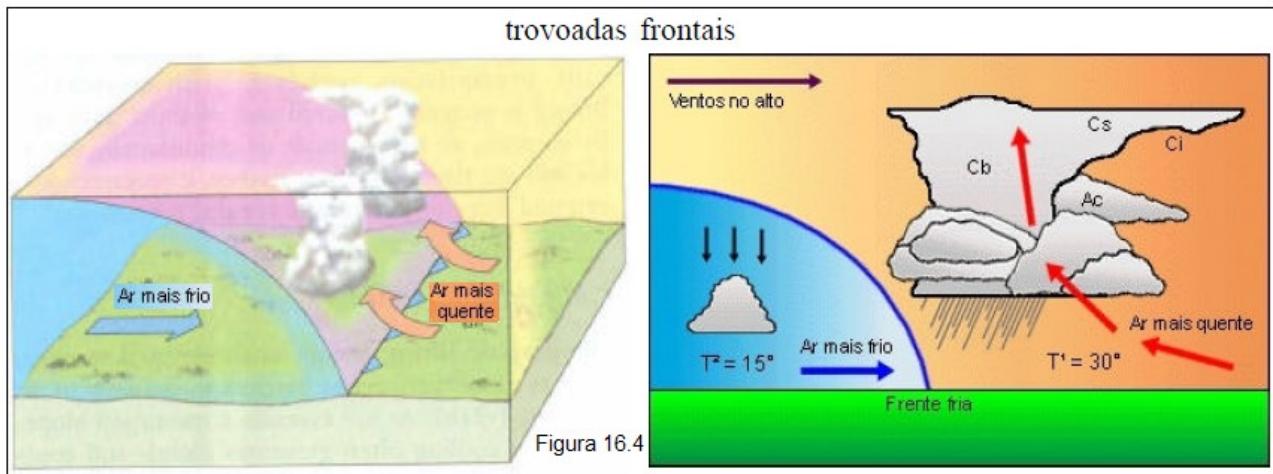
3. Advectivas - Ajudam a formar as trovoadas quando o ar pouco mais frio desloca-se por baixo de ar mais aquecido. Este processo apenas inicia a convecção. Ocorre principalmente quando o ar passa sobre águas oceânicas aquecidas. A parte inferior será aquecida por contato e dispara a convecção, extremamente úmida. Ocorrem normalmente no período noturno, em madrugadas de inverno, mais fracas que as termais e mais raras que as outras trovoadas (Figura 16.3).



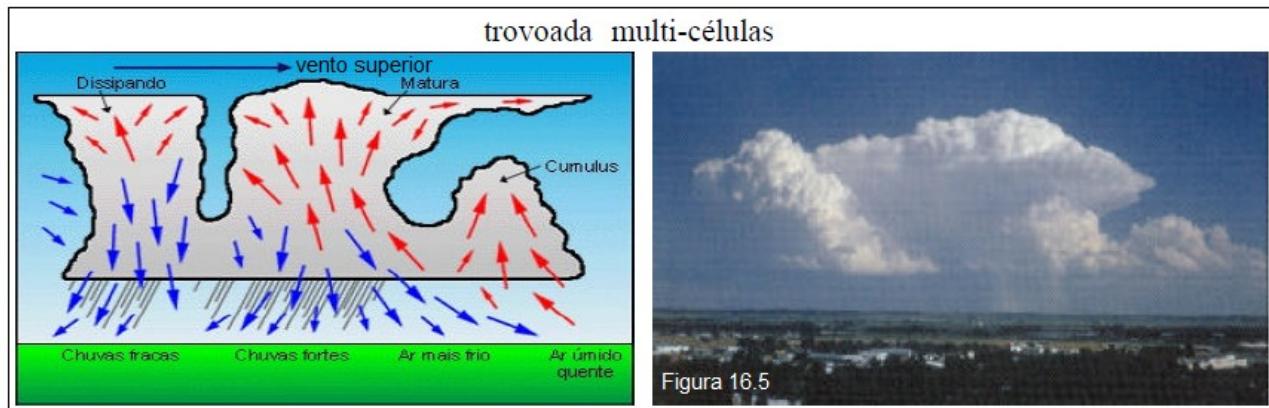
TROVOADAS DINÂMICAS: São as trovoadas que se formam pelo encontro de massas de ar diferentes. Normalmente estão associadas a sistemas frontais, ocorrendo em qualquer época do ano, já que os sistemas operam em todas as estações.

Também podem surgir em qualquer horário, independendo das condições de aquecimento em superfície. As vezes são disparadas por circulação de ventos secundários, como brisas vale-montanha, terrestre e do mar e ventos **anabáticos (que sobem montanhas)** e **catabáticos (que descem montanhas)**.

1. Trovoadas Frontais - Trovoada associada diretamente ao avanço da região frontal. Muito forte quando o avanço é da Frente Fria e mais fraco quando o avanço é da Frente Quente (Figura 16.4).

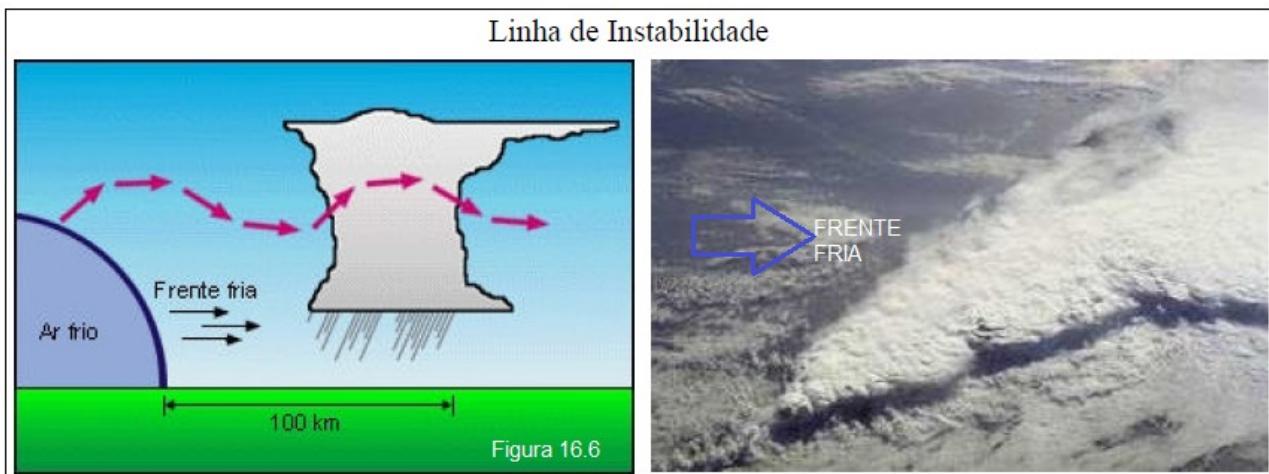


2. Trovoadas Dinâmicas Separadas da Região Frontal
3. Trovoadas Multi-células - Sistema de trovoadas onde existem células de tempestade em estágios diferentes de evolução, mas conectados de alguma maneira. Normalmente não passam de 3 a 4 células em estágios distintos (Figura 16.5).



TROVOADA DE FRENTE OCLUSO - as tormentas que ocorrem num sistema ocluso são muito perigosas para a navegação aérea. Além de sua grande extensão, se desenvolvem no interior da massa de nuvens estratificada, tornando difícil a sua localização.

LINHA DE INSTABILIDADE – LI: Formadas por CB's de diversos tamanhos que se agrupam em linhas ou curvas, que se desenvolvem associados à circulação de meso-escala como: circulação vale-montanha, circulação pré-frontal (ao longo de uma frente fria devido ao intenso contraste



térmico que ocorre nesta região) e circulação de brisa.

Essas formações podem persistir por vários dias e se propagarem por milhares de quilômetros. Produzem trovoadas severas, têm uma intensidade maior do que uma trovoada de massa de ar ou de Frente fria, podendo produzir rajadas de ventos de 50 nós ou mais, pedras de granizo de $\frac{3}{4}$ de polegada ou mais de diâmetro e/ou fortes tornados (Figura 16. 6).

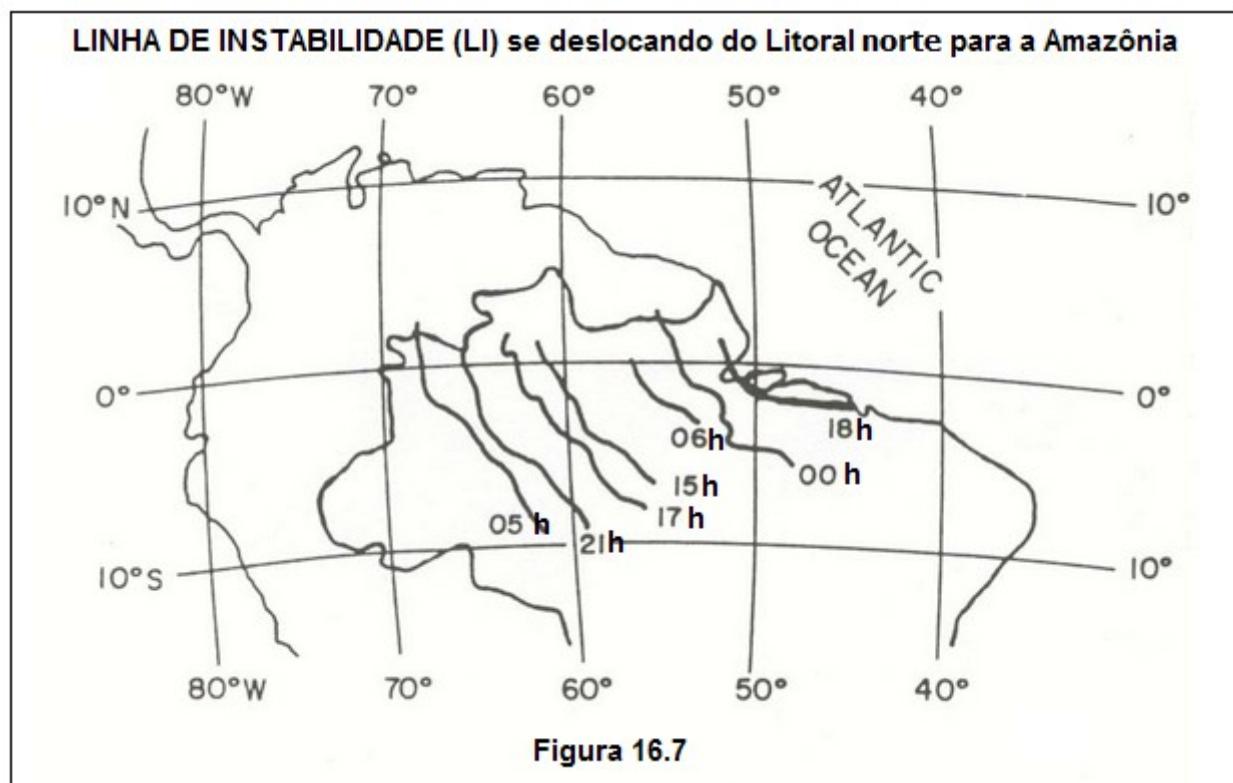
Podemos dividir as linhas de instabilidade em duas categorias distintas:

- Linhas de Instabilidade Tropicais
- Linhas de Instabilidade de Latitudes Médias

Linhas de Instabilidade Tropicais: Conjunto de células convectivas com forte atividade, possuindo mais de 100 km ao longo de seu eixo principal. Em superfície é caracterizada pela presença de nuvens em forma cilíndrica acompanhadas por ventos com velocidades médias de 12 a 25 m/s (23 a 48 kt), onde pode frequentemente ocorrer chuvas de 30mm em meia hora.

Linhas de Instabilidade desenvolvem-se frequentemente na costa norte-nordeste da América do Sul e podem se propagar para o interior do continente, causando quantidades apreciáveis de precipitação. São causadas pelos ventos Alísios que sopram de Leste. (Figura 16.7) A LI estudada perdurou por quase dois dias e se deslocou mais de 2.000km, com penetração profunda na Amazônia.

Como esses sistemas tem uma escala temporal associada à variabilidade diurna (brisa marítima e aquecimento terrestre), a máxima atividade convectiva ocorre no final da tarde. Em latitudes subtropicais e médias, as LI são frequentemente associadas a situações frontais, podendo aparecer no setor quente ou frio, paralelas ou perpendiculares à frente.



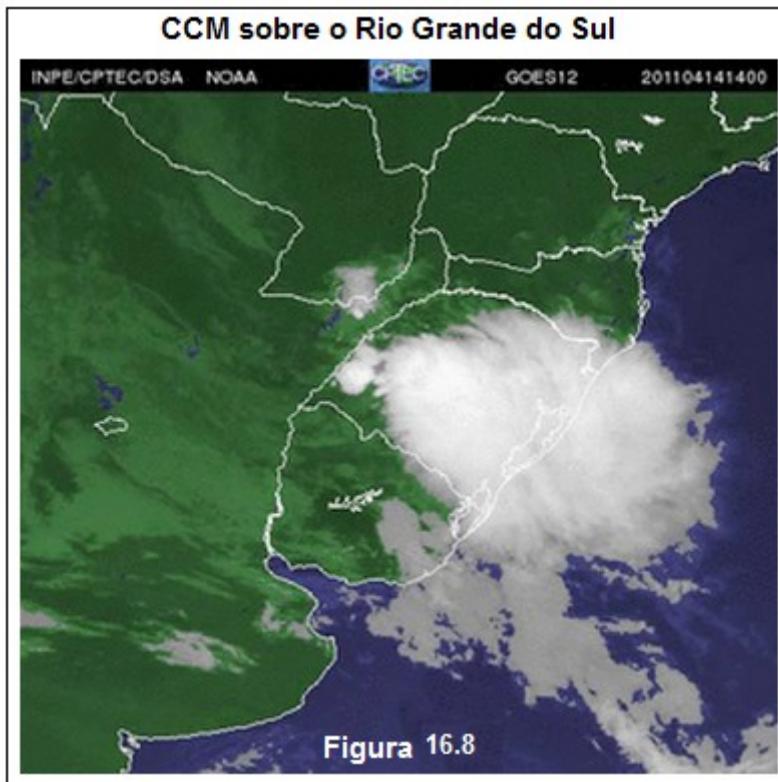
COMPLEXO CONVECTIVO DE MESO-ESCALA – CCM: São aglomerados circulares, compostos por sistemas organizados de células de tempestade severa, as vezes chamados de super-célula.

Suas células têm mais ciclos de vida que as demais células de tempestade. Possuem uma área tão extensa que podem cobrir estados inteiros ou mais, principalmente se estiverem imersos em um meso-ciclone, onde as células de chuva ficam bem próximas, em um processo de retroalimentação contínuo e severo.

Trovoadas de super-célula quase sempre produz uma ou mais condições convectivas extremas: fortes rajadas de vento horizontais, granizo de grandes dimensões e/ou tornados. A supercélula ocorre principalmente nas médias latitudes, mas predomina na época de primavera no sul das Grandes Planícies dos EUA.

No Brasil, o surgimento de CCM's ocorre principalmente pelo efeito dos Andes, na região Sul e

Sudeste (Figura 16.8) e pelos ventos Alísios, na região Norte.



CICLONES – São áreas de baixa pressão, e dependendo da temperatura do centro, podem ser frios ou quentes.

CICLONES TROPICAIS – Termo genérico para um centro de baixa pressão não-frontal de escala sinótica sobre águas tropicais ou sub-tropicais com convecção organizada (por exemplo, tempestades) e intensa circulação ciclônica à superfície.

Formam-se de agosto a outubro nos oceanos, no hemisfério norte, nas latitudes de 5° a 20° em águas oceânicas quentes, com pelo menos 26,5°C e profundidade até 50m.

O olho é uma área quase circular, com ventos calmos e tempo bom, localizado no centro de um ciclone tropical intenso. Há pouca ou nenhuma precipitação e muitas vezes pode-se ver céu claro nessa região. O olho corresponde à região de pressão de superfície mínima e de maiores temperaturas nos níveis mais altos: 10°C mais quente do que o ambiente a 12 km de altitude, mas apenas 2°C no máximo mais quente ao nível de superfície. Em média, existem ciclones tropicais com diâmetro de olho em torno de 30 a 60 km.

ESTÁGIOS:

Inicial : Formação da depressão tropical. Neste estágio o sistema de nuvens apresenta alguma organização e a circulação à superfície começa a ser bem definida.

Intensificação: os sistemas nebulosos mostram-se progressivamente mais bem organizados, A circulação à superfície é bem definida, com ventos a partir de 34 kt, e quando alcançam 63 kt, a depressão é designada por tempestade tropical, sendo-lhe atribuído um nome.

Maturidade: a tempestade tropical intensifica-se, tornando-se num furacão quando a intensidade mínima do vento médio ultrapassar 63 kt . Nesta fase, a circulação é bastante bem definida e o sistema nebuloso é composto por células convectivas muito desenvolvidas.

Dissipação: Perde intensidade e transforma-se em Ciclone extra-tropical.

CATEGORIAS:

Depressão Tropical: velocidade do vento de até 33 nós.

Tempestade Tropical: velocidade do vento de 34 a 47 nós.

Tempestade Tropical Intensa: velocidade do vento de 48 a 63 nós.

Furacão: velocidade do vento de 64 nós ou mais.

Tufão: velocidade do vento de 64 nós ou mais.

Ciclone Tropical (sudoeste do Oceano Índico): velocidade do vento de 64 a 90 nós.

Os ciclones tropicais recebem diferentes denominações regionais:

- "furacão" (hurricane), para os que se formam sobre o Atlântico Norte;
- "tufão"(typhoon), no Pacífico Norte;
- "baguio" nas Filipinas;
- "willy-willy", na Austrália;
- "cyclone", no Oceano Índico;
- "El Cordonazo de San Francisco", na costa oeste do México.

Diferença entre Ciclone e Tornado - Tornados tem diâmetros de centenas de metros e são produzidos por uma única tempestade convectiva. Por outro lado, ciclones tropicais tem diâmetros da ordem de centenas de quilômetros, sendo comparável a dezenas de tempestades convectivas.

Além disso, enquanto tornados requerem um forte cisalhamento vertical do vento para sua formação, ciclones tropicais requerem valores baixos de cisalhamento vertical para se formar e crescer.

Os tornados são fenômenos primariamente continentais, de modo que o aquecimento solar sobre o continente usualmente contribui favoravelmente para o desenvolvimento da tempestade que dá início ao tornado(embora tornados sobre o mar também ocorram e são chamados de trombas d'água).

Em contraste, ciclones tropicais são fenômenos puramente oceânicos que morrem sobre o continente devido à quebra no suprimento de umidade. Temos ainda que seu ciclo de vida é de alguns dias, enquanto que o ciclo de vida de um tornado é tipicamente alguns minutos.

CICLONES EXTRATROPICAIS - Qualquer ciclone de origem não tropical. Geralmente considerado como um ciclone frontal migratório, encontrado nas médias e altas latitudes. Retiram sua energia das diferenças de temperatura entre as várias camadas da atmosfera, além disso, os ciclones extratropicais têm seus ventos mais fortes próximos à tropopausa, camada da atmosfera a mais ou menos 12 km da superfície.

Um ciclone extratropical desenvolve-se através de gradientes, ou seja, diferenças de temperatura e de ponto de orvalho, permitindo a sua classificação como sistemas de "núcleo frio".

16.2 Condições meteorológicas associadas às diferentes fases de uma trovoada. Efeitos sobre o voo

CORRENTES ASCENDENTES E DESCENDENTES DE ALTA VELOCIDADE – A nuvem CB atinge grande altura e as parcelas de ar saturado se resfriam e mergulham de volta por dentro da própria nuvem. Neste processo, diversas correntes descendentes (de parcelas de ar resfriadas) e correntes ascendentes (de novas parcelas de ar, levantadas e aquecidas) vão carregando gotas de água, gelo e diversos particulados.

O movimento dessas correntes gera fortíssima turbulência que se intensifica para o alto, e se propaga acima do topo da CB, a céu aberto, cerca de 1.500m. Essa turbulência é menos intensa abaixo da base da CB e nos primeiros 2.000m.

RAIO (Eletrometeoro) - é um agente altamente perigoso para o ambiente, pessoas ou equipamentos, pois é uma descarga com valores altíssimos de energia elétrica, térmica, luminosa e sonora, além da indução eletro-magnética.

As correntes ascendentes e descendentes, dentro de uma CB, provocam colisões das diversas moléculas de ar e água, em alta velocidade, e com isso, a ionização dessas moléculas, umas cedendo elétrons (ficam carregadas positivamente) e outras ganhando elétrons (ficam carregadas negativamente).

Isso cria um gigantesco campo elétrico e uma enorme diferença de potencial (estimado em 100.000.000 V) se estabelece entre partes ionizadas com polaridades diferentes, na nuvem, entre nuvens vizinhas ou entre as bases dessas nuvens e o solo (ou obstáculos elevados: prédios árvores, torres...).

A elevação da Tensão eletrostática dentro das nuvens CB chega a um ponto que provoca a ruptura do poder isolante do ar ao redor, e então há a ocorrência do RAIO, ou descarga elétrica, entre pontos com potenciais elétricos diferentes.

O Raio Ocorre geralmente na região situada entre 0°C e -8°C.

Equipamentos elétricos e eletrônicos podem ser danificados se expostos à ação da descarga elétrica.

RELÂMPAGO (Fotometeoro) – É a manifestação luminosa do raio. É um lampejo de poucos segundos, com grande energia luminosa, que pode provocar ofuscamento visual do observador.

TROVÃO – (Fonometeoro) – É a manifestação sonora do raio. Se ocorre relativamente próximo do observador, pode provocar danos seriíssimos ao sistema auditivo, além da vibração mecânica muito intensa.

NOTA: Devido a velocidade da luz ser quase um milhão de vezes mais rápida que a velocidade do som, o observador percebe o relâmpago antes do trovão.

Método prático para estimar a distância de uma trovoada, para um observador PARADO : Conferir quantos segundos demoram entre a visão do relâmpado e a audição do trovão. Como o som percorre 340 metros por segundo, basta multiplicar os segundos contados por 340 para termos a distância em metros.

ALTA TEMPERATURA - Parte da energia do raio é convertida em calor, que provoca a brusca expansão do ar em volta de forma explosiva e elevando sua temperatura a valores próximos a 27.000°C. Depois da descarga elétrica, o ar se resfria rapidamente e se contrai. Esse movimento de expansão e contração do ar, em grande amplitude, é que provoca o “estampido” na abertura do raio, e o trovão, em seguida.

Os relâmpagos verticais ocorrem na dianteira da CB, enquanto que os relâmpagos horizontais ocorrem na traseira, e dentro da própria nuvem.

GRANIZO (hidrometeoro) - O granizo é um fenômeno meteorológico associado a condições de acentuada instabilidade atmosférica principalmente na fase de maturidade de uma nuvem CB, quando predominam as rajadas de vento, pancadas de chuva, fortes correntes descendentes e descargas elétricas.

Granizo - São grãos de gelo translúcidos, mais ou menos esféricos, cujo diâmetro oscila de 2 a 5 mm. Podem cair separadas ou em blocos irregulares.

Saraiva - São pedras de gelo ovais, variando em diâmetro de 5mm a 50mm ou mais.

Nos boletins METAR, para diferenciar o tipo de precipitação sólida que está ocorrendo sobre o aeródromo, se granizo ou saraiva, é bom lembrar que o primeiro vem indicado como GS e o segundo como GR.

Estima-se que cerca de 4% das tempestades podem conter pedras de gelo em tamanho potencialmente perigoso à aviação. Mesmo havendo baixa incidência de acidentes envolvendo granizo, este é considerado o segundo maior perigo atmosférico para os voos, principalmente se o granizo tiver 2 cm de diâmetro ou maior.

A melhor maneira de se evitar o granizo, é contornar as nuvens CB maduras ou em dissipação, principalmente nas altitudes superiores à isotérmica de 0°C ou CB's de regiões montanhosas.

Se um avião voa em condições de granizo, este pode produzir danos importantes na fuselagem, antenas e no pára-brisa, podendo até mesmo quebrá-los por completo; voar nessas condições é sempre uma condição de risco.

As aeronaves que possuem radar meteorológico devem evitar nuvens com ecos de precipitação com distâncias maiores que 75NM. O desvio dessas formações deve ocorrer com antecedência de, pelo menos, 20NM de distância, sendo que os ecos de radar com formato de dedo, anzol e gancho identificam a presença de granizo.

GELO - O gelo tipo claro, cristal, ocorre nos níveis de altitude onde a temperatura atinge de 0°C a – 10°C, enquanto que o gelo opaco e amorfo, ocorre em níveis de altitude onde a temperatura está entre -10°C e – 40°C.

RAJADAS – Ocorrem à superfície, sob uma trovoada, com fortíssimas correntes descendentes resfriadas, que se chocam com o solo, e se deslocam divergindo em todas as direções. Esse ar em rajadas tem espessura média de 1.000 pés. Rajadas provocam também Cortantes do vento (Wind shear).

CHUVA – Ocorre a partir da altitude onde a temperatura é de 0°C. Provoca aumento do arrasto, diminuindo a velocidade indicada.

ERROS ALTIMÉTRICOS

- Altitude verdadeira menor que Altitude indicada – ocorre à frente da trovoada, por baixa pressão atmosférica.
- Altitude verdadeira maior que a Altitude Indicada – ocorre nas áreas de chuva intensa, pelo aumento da pressão atmosférica.

TORNADOS – Nuvens-funil sobre solo, com circulação ciclônica violenta. Podem ser detectados por radar de bordo, com indicação na tela de gatilho, anzol ou vírgula.

TROMBAS DÁGUA - Nuvens-funil sobre água, com circulação ciclônica violenta.

ORIENTAÇÕES BÁSICAS AOS PILOTOS SOBRE VOAR EM ÁREAS DE TROVOADAS:

No hemisfério Sul, contornar uma CB sempre pela esquerda.

O raio, assim como o granizo, podem danificar uma aeronave a cinco milhas ou mais dos lados extremos de um temporal desenvolvido. E não tente julgar a intensidade de uma tempestade pela sua altura ou largura.

ANTES DO VOO

1. consulta às informações meteorológicas aeronáuticas, disponíveis nas salas AIS.
2. Identificar se está ocorrendo, ou há previsão de ocorrência de trovoadas na sua rota de voo.
3. Esta consulta deverá ser efetuada sobre as cartas de tempo significativo (SIG WX), previsão de área (GAMET), previsão terminal de aeródromo (TAF) e mensagens de vigilância meteorológica (SIGMET). Caso necessário, deverão ser solicitados maiores esclarecimentos a um Especialista em Meteorologia.

DURANTE O VOO

1. O piloto deverá manter contato com o Centro Meteorológico de Vigilância (CMV) da área, através da frequência VOLMET, a fim de se manter informado sobre as condições meteorológicas em sua rota. O bom senso diz que a única regra de voo válida para todos os níveis e todas as categorias de aeronaves é EVITAR O VOO DENTRO DE UMA NUVEM CB.
2. Em caso de voo dentro de uma CB, o piloto deve ter frieza e habilidade, assim como, deve ter certeza da capacidade da aeronave para suportar as condições adversas esperadas. -
3. Antes de iniciar a penetração na nuvem, o piloto deve tomar algumas providências:
 - a) Apertar cintos de segurança de TODOS os tripulantes e passageiros;
 - b) Fixar todos os objetos que estejam soltos no ambiente da cabine;
 - c) Confeccionar mensagem de posição (AIREP);
 - d) Efetuar varredura com radar, para uma melhor avaliação da nuvem;
 - e) Desligar o rádio e retirar os head-phones;
 - f) Acender luzes internas e fechar cortinas;
 - g) Ajustar a potência para manutenção da VB – Velocidade máxima de penetração em turbulência;

4. Tomadas essas providências, a penetração na nuvem obedecerá às seguintes regras:
 - a) Manter o rumo de penetração e nunca tentar voltar;
 - b) Manter ATITUDE DE VOO baseado no horizonte artificial;
 - c) Esquecer as variações de altitude;
 - d) Ajustar a potência da aeronave apenas para manter a VB;

17. Formação de gelo em aeronaves

- Identificar os fatores que levam à formação de gelo nas diferentes partes da aeronave.
- Descrever os procedimentos que evitam a formação de gelo na aeronave.

17.1 Formação de gelo nas partes estruturais das aeronaves – Condições meteorológicas favoráveis à formação e seus efeitos sobre o voo

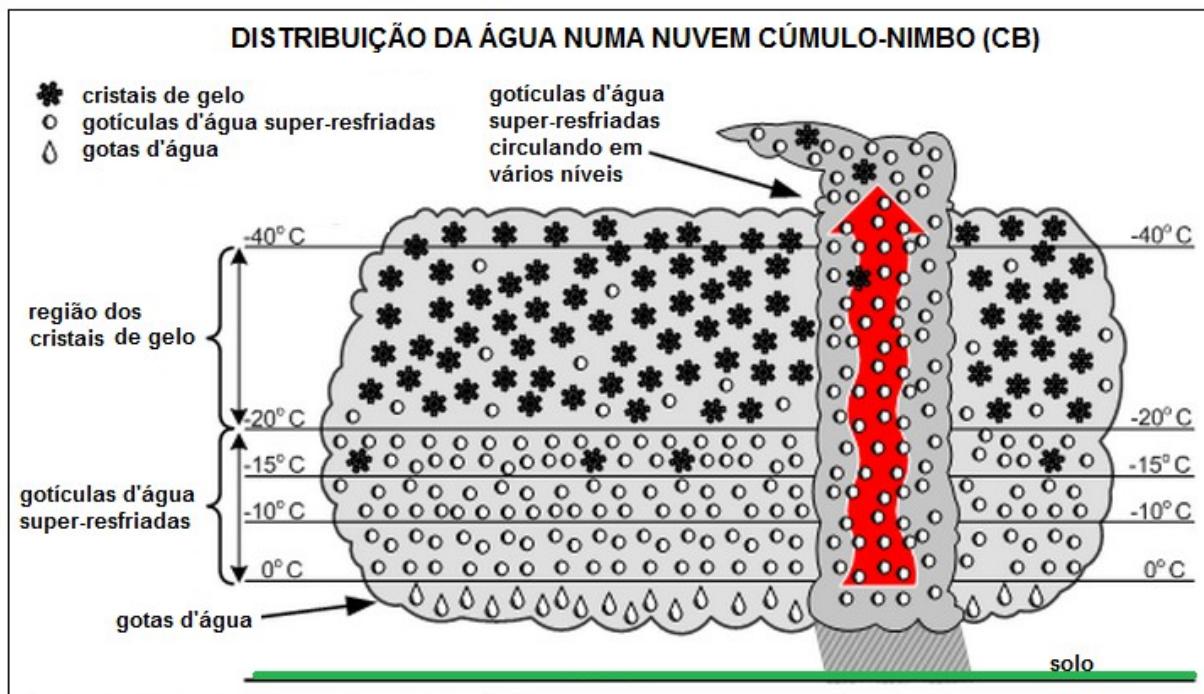
Para que ocorra a formação de gelo numa aeronave em voo, são necessárias as seguintes condições:

1. Presença de gotículas d'água super-resfriadas.
2. Temperatura do ar e da superfície da aeronave menor ou igual a 0°C.
3. Camada da atmosfera úmida ($T - T_d$ menor ou igual a 6,0°C).

As formações de gelo mais severas ocorrem nas Frentes Frias.

Dicas importantes sobre o que ocorre dentro das nuvens CB:

1. As “gotículas d'água de nuvem” não congelam a 0°C, por isso a camada com temperatura entre 0°C e -10°C é tipicamente composta de gotículas de água super-resfriadas.
2. Entre -10°C e -20°C, as gotículas de água super-resfriadas coexistem com cristais de gelo.
3. Abaixo de -20°C (temperatura de ativação de muitos núcleos de deposição) as nuvens são constituídas inteiramente de cristais de gelo.
4. A água pura, suspensa no ar, não congela até atingir uma temperatura em torno de -40°C.



17.2 Principais características dos tipos de gelo claro e escarcha

As geadas - não causam grandes danos à aeronavegabilidade e podem se formar tanto no solo quanto em voo, depositando-se em fina camada, aderindo aos bordos de ataque, para-brisa e janelas

dos aviões.

Quando a aeronave desce de uma camada super-resfriada para uma camada úmida e mais quente, poderá haver a formação de um gelo leve, macio e pouco aderente, que pode ser removido pelos métodos tradicionais, porém pode reduzir momentaneamente a visibilidade do piloto devido à sublimação no para-brisa, devendo esse gelo ser removido com o uso dos próprios limpadores.

Gelo claro (brilhante, denso e translúcido), cristal, liso ou vítreo (mais perigoso devido à maior aderência)	associado às nuvens cumuliformes (CU e CB)	Entre 0°C e -10°C	atmosfera instável ou condicionalmente instável
Gelo escarcha, amorfó ou opaco (granulado, suave e semelhante ao formado no congelador)	associado à nuvens estratiformes (ST, NS, AS)	Entre -10°C e -20°C	atmosfera estável ou condicionalmente estável

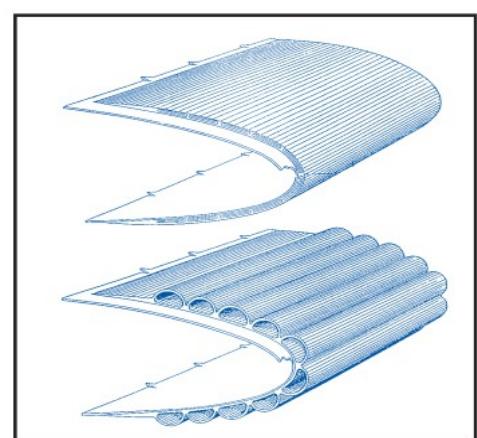
Intensidade da formação de gelo - é dimensionada conforme sua razão da espessura da camada pelo tempo de acumulação na aeronave.

- ⌚ *Formação Leve* – acúmulo lento, não ultrapassando a razão de 1 mm/min; geralmente a evaporação compensa a acumulação do gelo. Não provoca problemas operacionais na aeronave.
- ⌚ *Formação Moderada* – acumulação entre 1 e 5 mm/min. Há a diminuição da eficiência das comunicações, erros nos instrumentos de pressão (restrição no tubo de Pitot), pequena vibração e velocidade indicada com perda de até 15% (aumento do arrasto).
- ⌚ *Formação Forte* – formação quase instantânea, com (de 5 a 10 mm/min.)
Provoca fortes vibrações nos motores, alteração nos comandos e velocidade indicada com perda de até 25%. Em poucos minutos pode haver de 5 a 8 cm de acúmulo de gelo.

SISTEMAS ANTI-GELO - São divididos em dois tipos: os anticongelantes (anti-ice), que impedem a formação de gelo e os descongelantes (de-ice), que procuram retirá-lo.

Sistema mecânico: Evita o acúmulo de gelo, mas não sua formação. Atua por meio de capas de borrachas inseridas nos bordos de ataque das asas e empennagens. Tais capas são infladas com ar comprimido, periodicamente, e rompem o gelo formado.

Sistema térmico: Evita e combate a formação de gelo, aquecendo as partes mais vulneráveis da aeronave, através de resistências elétricas incandescentes ou por meio de

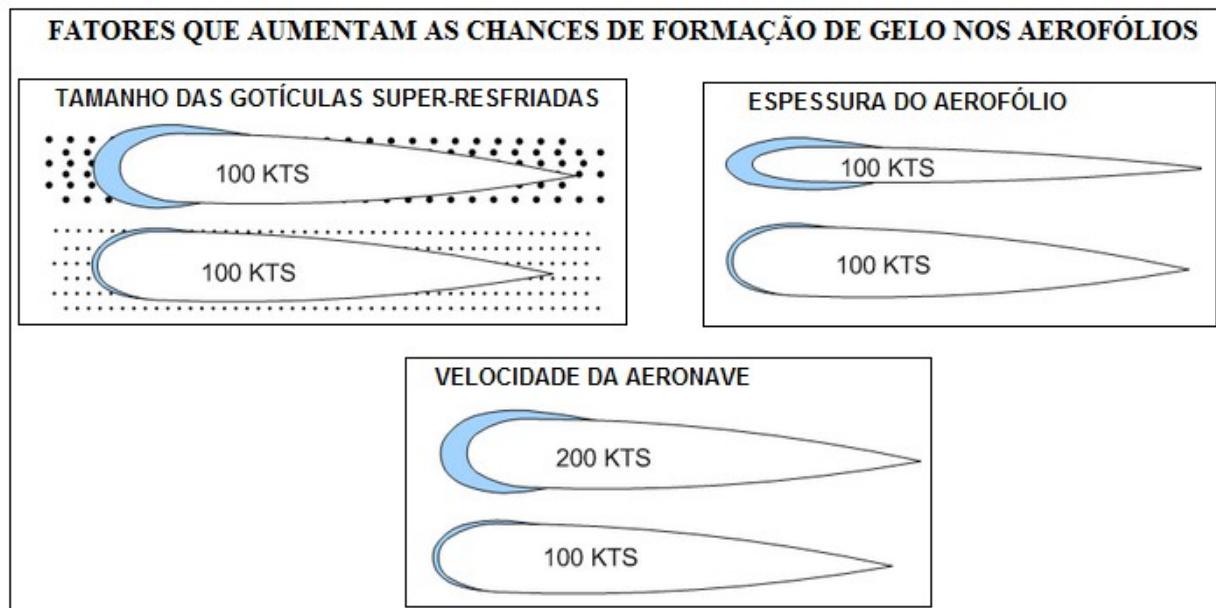


Goodrich pneumatic boots

fluxos de ar aquecido dos motores.

Sistema químico: Geralmente tal sistema é usado de maneira preventiva nas hélices, para-brisas e carburadores, a partir de fluidos anticongelantes constituídos de água e álcool etílico, que tem a capacidade de liquefazer o gelo formado ou impedir tal formação.

Em situações graves de acúmulo de gelo, e não houver dispositivo de remoção ou este for ineficiente, é obrigatório a imediata mudança de nível de voo.



Efeitos do gelo sobre as aeronaves

- Diminui a sustentação.
- Aumenta o arrasto (a resistência ao avanço).
- Perda da eficiência aerodinâmica.
- Perda de potência dos motores.
- Restrição visual.
- Indicações falsas dos instrumentos.

Áreas críticas da aeronave em relação ao gelo:

- Asas – modifica o perfil aerodinâmico, aumenta a resistência ao avanço e diminui a sustentação.
- Hélices – reduz o rendimento e apresenta fortes vibrações.
- Tomadas de ar (tubo Pitot) – afeta o indicador de velocidade vertical (climb), altímetro e velocímetro.
- Carburador – reduz o rendimento do motor e sua potência.
- Antenas – aumenta as impedâncias dos cabos e pode comprometer a fixação da antena.
- Para-brisas – restrição da visibilidade.

- Tanques de combustível.

Antes da decolagem:

1. Devem ser inspecionados: Fuselagem, asas e cauda.
2. Pitots e tomadas estáticas: Devem estar completamente limpos, sem nenhum acúmulo de gelo nas áreas adjacentes, o qual poderá causar indicações errôneas nos instrumentos de pressão devido à deformação do fluxo do ar em torno das tomadas estáticas.
3. Não utilize água para derreter gelo formado sobre as superfícies pois ela pode penetrar em fendas ou orifícios, e durante a corrida para decolar, transformar-se em gelo, emperrando os comandos.
4. Todas as entradas e saídas de ar, suspiros, "fuel tank vents", "out flow valves", etc...

Água em suspensão no combustível - A água livre poderá causar a formação de gelo no sistema de combustível da aeronave, normalmente nos filtros das bombas de reforço (boost pumps), e nos filtros de baixa pressão.

Combustível de jato - A gravidade específica dos combustíveis de jato, especialmente o querosene, é mais próxima à água do que a gasolina de aviação; desta forma, qualquer água introduzida ao combustível, tanto através do reabastecimento como da condensação, tomará um tempo apreciável para assentar-se. Em grandes altitudes, onde baixas temperaturas são encontradas, gotículas de água combinam com o combustível para formar uma substância congelante chamada "gel". A massa de "gel" ou gelo; que pode ser gerada pela umidade mantida em suspensão no combustível de jato, poderá ser muito maior do que na gasolina.

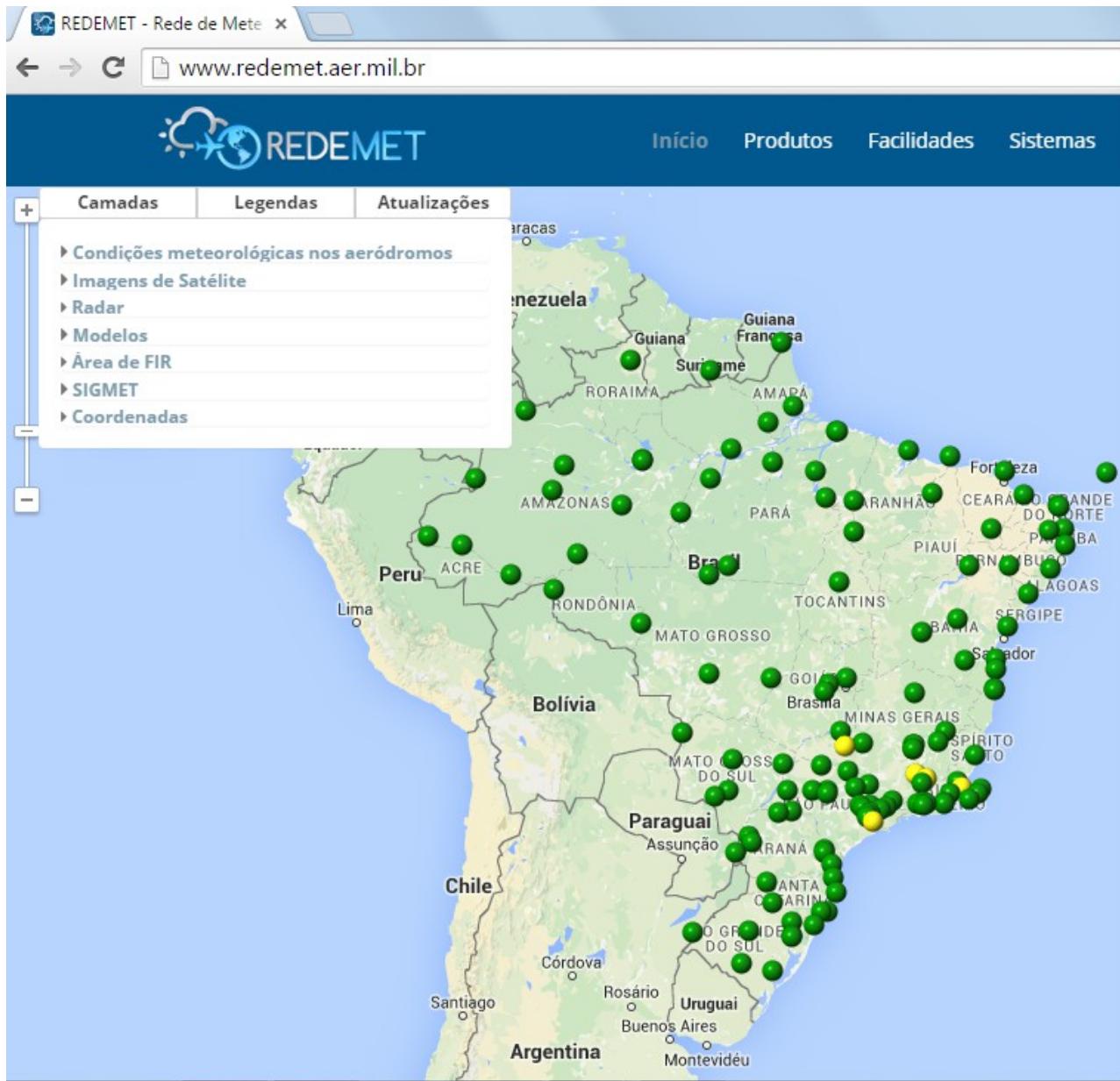
Formação de gelo no carburador - A formação de gelo no carburador também é relacionada com a volatilidade. Quando a gasolina passa do estado líquido para o vapor ela extrai calor das redondezas para efetuar a mudança.

Quanto mais volátil for o combustível, mais rápida será a extração do calor. A medida que a gasolina sai do bico de descarga (discharge nozzle) do carburador e vaporiza-se, ela poderá congelar o vapor de água contido no ar que está sendo admitido, nas paredes do sistema de indução, garganta do venturi e válvulas de aceleração. Este tipo de formação de gelo restringe a passagem de combustível e ar no carburador. Ela causa a perda de potência e, se muito intensa, provocará a parada do motor.

17.3 Influências da orografia

Deve-se esperar gelo sempre que a aeronave atravessar nebulosidade ou chuva em camadas próximas ou acima do nível de congelamento, normalmente entre 6.000 e 20.000 pés. Nas nuvens CB em formação, pode ser encontrado gelo severo em alturas ainda mais elevadas. As regiões frontais, cavados, baixas pressões e sobre elevações montanhosas também são áreas muito problemáticas em relação à formação de gelo.

18. DIVULGAÇÃO DE INFORMAÇÕES METEOROLÓGICAS (ICA 105 -1)



INFORMAÇÕES TRANSMITIDAS E / OU RECEBIDAS PELO PILOTO EM VOO:

AIREP (Aeronotificação) - Mensagem de posição proveniente de uma aeronave em voo, contendo informações operacionais e/ou meteorológicas de condições significativas encontradas em rota. (Seção 3, item 15 da mensagem – anexo E de ICA 100-12/2009).

AIREP ESPECIAL - Mensagem de posição proveniente de uma aeronave em voo, contendo informações operacionais e/ou meteorológicas especiais (Seção 3, item 15 da mensagem – anexo E de ICA 100-12/2009).

Ambas levarão o designador ARP.

VOLMET – O Serviço VOLMET, prestado pelos CMV (Centro Meteorológico de Vigilância), por meio de radiofonia, visa proporcionar, de maneira eficiente, informações meteorológicas de interesse às aeronaves em voo. (ICA 105-12 / 2011)

As seguintes informações devem ser transmitidas às aeronaves em voo:

- METAR, SPECI, TAF e condições em rota (previstas e/ou observadas), quando solicitadas;
- SIGMET, AIRMET, Aviso de Aeródromo e Aviso de Cortante do Vento, quando em contato, independentemente de solicitação, caso seja de interesse do aeronavegante.

Na fraseologia VOLMET, deve ser usado o idioma português ou inglês, conforme o caso.

A mistura de idiomas não deve ser utilizada.

Quando algum elemento das informações meteorológicas não estiver disponível, o mesmo deverá ser transmitido pronunciando-se o nome do elemento seguido da palavra AUSENTE ou da expressão *NOT AVAILABLE*, conforme o idioma.

Exemplos:

310//KT	VENTO TRÊS UNO ZERO GRAUS VELOCIDADE AUSENTE <i>WIND THREE ONE ZERO DEGREES SPEED NOT AVAILABLE</i>
////KT	VENTO AUSENTE <i>WIND NOT AVAILABLE</i>
////CB	NUVENS CUMULUNIMBUS QUANTIDADE E ALTURA AUSENTES <i>CUMULUNIMBUS AMOUNT AND HEIGHT NOT AVAILABLE</i>
30//	TEMPERATURA TRÊS ZERO PONTO DE ORVALHO AUSENTE <i>TEMPERATURE THREE ZERO DEW POINT NOT AVAILABLE</i>
Q///	AJUSTE DO ALTÍMETRO AUSENTE <i>ALTIMETER SETTING NOT AVAILABLE</i>

VOLMETE - As informações meteorológicas serão divulgadas somente por solicitação do aeronavegante e em linguagem clara.

CÓDIGO VOLMET (VOLMET CODE)

FORMA DOMÉSTICA	INTERNA CIONAL	TEMPO PRESENTE	LIMITES
CAVOK	CAVOK	Ausência de precipitação ou tempestade (no precipitation or storm)	Visibilidade acima de 10 Km, sem nebulosidade abaixo de 1.500 m. (visibility 10 Km or more, and no cloud bellow 5,000ft)
ABERTO	OPEN	Tempo bom (good weather)	Visibilidade entre 5 e 10 Km. Teto entre 450 m e 1.500 m (visibility between 5 and 10 Km. Cloud bases between 450 m and 1,500 m).
OPERACIONAL	OPERATIONAL	Céu encoberto, base das nuvens baixa. (overcast, low cloud bases)	Visibilidade entre 3.200 m e 5.000 m - teto entre 250 m e 450 m (visibility between 3,200 m and 5,000 m – cloud bases between 250 m and 450 m).

MARGINAL	MARGINAL	Condições adversas de tempo, precipitações ou névoa. (bad weather with precipitation, fog or haze)	Visibilidade abaixo de 3.200 m e teto abaixo de 250 m. (visibility below 3,200 m – cloud bases below 250 m).
FECHADO	CLOSED	Tempo péssimo, aguaceiro, nevoeiro ou fumaça.(bad weather,severe precipitations, fog or fume).	Condições abaixo do mínimo permitido para operações por instrumentos. (weather conditions below minima for IFR operations).
Observação: A condição Marginal é relatada por meio de previsão completa para pouso, seguida da última observação à superfície (informe MET).		Remarks: Marginal condition is reported as a complete landing forecast followed by weather information.	

TIPOS DE INFORMAÇÕES METEOROLÓGICAS DIVULGADAS PELA REDE VOLMET:

- a) INFORME MET;
- b) ESPECIAL;
- c) PREVISÃO PARA POUSO TIPO TENDÊNCIA;
- d) PREVISÃO PARA POUSO TIPO COMPLETO;
- e) PREVISÃO DE AERÓDROMO;
- f) EMENDA DE PREVISÃO DE AERÓDROMO;
- g) SIGMET e AIRMET;
- h) AVISO DE CORTANTE DE VENTO.

INFORME MET - O aeronavegante poderá solicitar esse tipo de informação, quando estiver a 1 (uma) hora ou menos, do aeródromo onde pretende pousar.

ESPECIAL - Será divulgada quando for a mais recente informação meteorológica disponível; por conseguinte, substituirá o INFORME MET.

PREVISÃO PARA POUSO - O aeronavegante poderá solicitar esse tipo de informação meteorológica quando estiver a 1 (uma) hora ou menos do aeródromo onde pretende pousar e deverá mencionar, na sua solicitação, a seguinte frase: SOLICITA PREVISÃO PARA POUSO.

PREVISÃO DE AERÓDROMO - O aeronavegante poderá solicitar esse tipo de informação meteorológica, quando estiver a mais de 1 (uma) hora do aeródromo onde pretende pousar e deverá mencionar em sua solicitação a seguinte frase: SOLICITA PREVISÃO DE AERÓDROMO.

EMENDA DE PREVISÃO DE AERÓDROMO - Esta informação substitui a Previsão de Aeródromo e será, sempre que possível, divulgada para as aeronaves que tenham recebido a Previsão de Aeródromo que foi emendada.

SIGMET E AIRMET - Estes tipos de informações meteorológicas serão divulgadas para as aeronaves que estejam na(s) rota(s) dos fenômenos meteorológicos previstos ou observados.

AVISO DE CORTANTE DO VENTO - Este tipo de informação meteorológica será divulgada para as aeronaves que se destinam à trajetória de aproximação, durante o período que essa condição meteorológica perdurar, sendo ela prevista ou observada.

Existem quatro tipos de informações meteorológicas disponíveis para o piloto:

1. Informação de Observação: um fenômeno que está ocorrendo ou ocorreu há pouco e que deve ser imediatamente informado;
2. Informação de Previsão: fenômenos com alta probabilidade de ocorrer em determinado local e horário, e com regime e intensidade estimados.
3. Informação de Observação ou Previsão (Avisos).
4. Informação de Ocorrência / Previsão.

1. INFORMAÇÃO DE OBSERVAÇÃO

METAR é uma observação programada, pode ser de 60 em 60 minutos, ou de 30 em 30 minutos, e é divulgado com base na meteorologia observada dos últimos 10 minutos. (Ver detalhamento à frente). São emitidos por uma Estação Meteorológica de Superfície - EMS.

SPECI é uma observação não programada e é utilizado quando há uma alteração acentuada e não prevista no METAR, para dar conhecimento dos novos fenômenos às aeronaves.

O SPECI é posteriormente fechado com outro SPECI que informará que o fenômeno finalizou, e o METAR volta a ser válido.

AVISO DE CORTANTE DO VENTO (WS) - Consiste em informações concisas sobre cortante do vento que possa afetar adversamente as aeronaves na trajetória de aproximação ou de decolagem, ou durante o procedimento de aproximação entre o nível da pista e uma altura de 500 m (1.640 ft) acima desta e aeronaves na pista por ocasião do pouso ou durante a corrida de decolagem. Exemplo:

WS WRNG VALID 201400/201800 SBGR SFC WIND 30010KT

WIND AT 60M 36025KT IN APCH =

(Mensagem alertando sobre variação significativa entre o vento de superfície e o vento a 60 m de altura para o Aeródromo de Guarulhos).

SYNOP - Informe sinótico de observação à superfície, procedente de EMS terrestre.

PILOT - Informe sinótico de vento em altitude, procedente de EMA.

SHIP - Informe sinótico de observação à superfície, procedente de EMS marítima.

(NR) – Portaria DECEA nº 10/SDOP, de 17 de abril de 2012.e divulgada aos Centros Meteorológicos das FIR adjacentes.

TEMP - Informe sinótico de pressão, temperatura, umidade e vento em altitude, procedente de EMA.

2. INFORMAÇÃO DE PREVISÃO

TAF (Terminal Aerodrome Forecast) – PREVISÃO DE AERÓDROMO. Traz a descrição completa das previsões de condições meteorológicas que ocorrerão em um aeródromo durante determinado período, incluindo todas as mudanças consideradas significativas para operações aéreas.

As informações específicas contidas no TAF são apresentadas em uma ordem fixa.

No Brasil têm validade de:

- 12 horas para aeroportos domésticos

- 24 horas para aeroportos internacionais
30 horas exclusivamente para os aeroportos de Guarulhos (SBGR) e Galeão (SBGL).
(Ver detalhamento à frente).

GAMET - Previsão de área, em linguagem clara abreviada, para voos em níveis baixos, referente a uma FIR (ou setores de FIR), preparada por um Centro Meteorológico apropriado e divulgada aos Centros Meteorológicos das FIR adjacentes.

AREA FCST - Previsão de área sobre condições meteorológicas significativas para camadas da atmosfera, áreas e horários predeterminados.

AVISO DE AERÓDROMO – Mensagem confeccionada por uma CMA-1 que informa sobre fenômenos meteorológicos que podem afetar aeronaves no solo e /ou instalações e serviços nos aeródromos, conforme o Anexo L de MCA 105-12 / 2012.

06/06/ SBB 061820 - AVISO DE AERODROMO 1 VALIDO 061820/062020 PARA
2012 R 062020 SBAN/SBGO PREVISTO TROVOADA COM AGUACEIRO E VENTO
FORTE COM RAJADAS EM SUPERFICIE 30020/30KT=

CARTAS SIGWX - Cartas confeccionadas quatro vezes ao dia, pelo CNMA (Centro Nacional de Meteorologia Aeronáutica) de Brasília, com antecedência de 24 horas, com as condições de tempo e áreas de nebulosidade previstas desde a superfície até o nível 630, divididas em 4 níveis:

- SUP / 100,
- FL100 / FL250,
- FL250 / FL450
- FL450 / FL630 (voos supersônicos).

Preparada para os horários das 0000, 0600, 1200 e 1800 UTC, com previsões que compreendam diferentes camadas, que vão desde a superfície até o FL630, para a área de responsabilidade do Centro (N12° S40° e W010° W080°)

A validade das cartas é de 6 horas, sendo que na legenda aparece o horário médio da carta:
Carta das 18:00 UTC vale entre 15:00 e 21:00 UTC.

Contém informações sobre a formação e os deslocamentos dos seguintes elementos:

1. Correntes de Jato
2. Sistemas Frontais
3. Ondas Orográficas
4. Áreas de Turbulência
5. Áreas de Precipitação
6. Áreas de Tempestade
7. Linhas de Instabilidade
8. Ciclones e Anticiclones
9. Áreas de Nebulosidade
10. Formação de Gelo
11. Névoas e Nevoeiro
12. Convergência Intertropical

NOTA: Altitudes em Nível de voo (FL)

CARTAS DE VENTO - As cartas prognósticas de vento em altitude (WIND ALOFT PROG), utilizadas no Brasil, são geradas duas vezes ao dia, pelo WAFC (Centro Mundial de Previsão de Área de Washington), que nos envia a cada doze horas previsões de vento e temperatura dos níveis de voo (FL) 050 A 390.

3. INFORMAÇÃO DE OCORRÊNCIA / PREVISÃO

SIGMET - Mensagem que consiste em uma descrição concisa, em linguagem clara abreviada, relativa à ocorrência e/ou previsão de fenômenos meteorológicos, **em rota**, que possam afetar a segurança das operações aéreas, para a FIR correspondente ou setores dela.

AIRMET - Mensagem que consiste em uma descrição concisa, em linguagem clara abreviada, relativa à ocorrência e/ou previsão de fenômenos meteorológicos, **em rota**, que não tenham sido incluídos na Seção I do GAMET e que possam afetar a segurança das operações aéreas abaixo do FL100 (ou FL150 para áreas montanhosas), e à evolução desses fenômenos no tempo e no espaço, para a FIR correspondente ou setores dela.

AMD - (Amendment) Modificações feitas em uma previsão abrangendo todo o período restante da previsão original.

4. INFORMAÇÃO DE OBSERVAÇÃO OU PREVISÃO

AVISO DE CICLONE TROPICAL - Informações, em linguagem clara, sobre a observação ou previsão de ciclones tropicais.

	DEMARCAÇÃO DAS ÁREAS DE TEMPO SIGNIFICATIVO (LINHA DE VIEIRA)
	DELIMITAÇÃO DE ÁREA DE TURBULÊNCIA
FL300 	POSIÇÃO DO EIXO DA CORRENTE DE JATO COM VELOCIDADE MENOR QUE 120KT, COM INDICAÇÃO DA DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO E ALTURA, EM NÍVEL DE VÔO
FL300 280/330 	POSIÇÃO DO EIXO DA CORRENTE DE JATO COM VELOCIDADE IGUAL OU MAIOR QUE 120KT, COM INDICAÇÃO DA DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO E ALTURA, EM NÍVEL DE VÔO A EXTENSÃO VERTICAL (ESPESSURA) DA CORRENTE DE JATO É MOSTRADA LOGO ABAIXO DO NÍVEL DE VÔO E INDICA OS LIMITES EM QUE A VELOCIDADE SE REDUZ A 80KT NO EXEMPLO, A CORRENTE DE JATO COM VELOCIDADE DE 150KT OCORRE EM UMA CAMADA COM EXTENSÃO VERTICAL QUE SE ESTENDE DO FL280 AO FL330. ALÉM DESTES LIMITES, A VELOCIDADE DO VENTO SE REDUZ A 80 KT A BARRA DUPLA REPRESENTA UMA MUDANÇA DE 20KT AO LONGO DA CORRENTE DE JATO. POR DEFINIÇÃO DA OACI, A CORRENTE DE JATO SE INICIA E TERMINA COM VELOCIDADES DE 80KT. A BARRA DUPLA SERÁ UTILIZADA ENTRE OS SÍMBOLOS DE VENTO, AO LONGO DA SETA QUE REPRESENTA A CORRENTE DE JATO
L CENTRO DE BAIXA PRESSÃO EXEMPLOS DE POSIÇÃO E DESLOCAMENTO DOS CENTROS STNR (estacionário) H X (posição do centro) 1018 (pressão em hPa)	H CENTRO DE ALTA PRESSÃO 12 (direção e deslocamento do centro) 1018
0º: 060	ALTITUDE DA ISOTERMA DE 0°C, EM PÉS (HECTOPÉS) NO EXEMPLO, O NÍVEL DE 0°C SE ENCONTRA A UMA ALTITUDE DE 6.000 FT
15	VELOCIDADE EM NÓS E DIREÇÃO DE SISTEMAS FRONTAIS, DE PRESSÃO E ANTICICLONES
X	POSIÇÃO DOS CENTROS DE PRESSÃO
	A HASTE INDICA A DIREÇÃO DO VENTO E O NÚMERO DE REBARBAS E/OU BANDEIROLAS CORRESPONDE À VELOCIDADE; UMA BANDEIROLA CORRESPONDE A 50 KT, UMA REBARBA A 10 KT E MEIA REBARBA A 5 KT

AVISO DE FURACÃO - Informações, em linguagem clara, sobre a observação ou previsão de furacões.

AVISO DE TEMPESTADE SEVERA - Informações, em linguagem clara, sobre a observação ou previsão de tempestades severas.

SÍMBOLOS DE FENÔMENOS SIGWX

	CICLONE TROPICAL		TROVOADA (VERMELHO)		RELÂMPAGO (VERMELHO)
	LINHA DE INSTABILIDADE		TROVÃO		FOGO DE SANTELMO
	TURBULÊNCIA MODERADA		NEVE		ÁREA SOMBREADA VERDE
	TURBULÊNCIA SEVERA		CHUVISCO		CHUVA
	ONDAS OROGRÁFICAS		GRANIZO		PANCADA
	GELO MODERADO EM AERONAVES		NEVE LEVANTADA PELO VENTO EM ÁREA EXTENSA		
	GELO SEVERO EM AERONAVES		NÉVOA FORTE DE AREIA OU POEIRA		
	NEVOEIRO EM ÁREA EXTENSA (ÁREA SOMBREADA AMARELA)		TEMPESTADE DE AREIA OU POEIRA EM ÁREA EXTENSA		ÁREA SOMBREADA MARROM
	MATERIAIS RADIOATIVOS NA ATMOSFERA ¹		NÉVOA SECA EM ÁREA EXTENSA		
	ERUPÇÃO VULCÂNICA ²		NÉVOA ÚMIDA EM ÁREA EXTENSA (ÁREA SOMBREADA AMARELA)		
	MONTANHAS OBSCURECIDAS		PRECIPITAÇÃO CONGELANTE ³		

- 1 São incluídas, em um canto da carta, as seguintes informações: o símbolo de materiais radioativos; latitude/longitude do local do acidente; e data/hora do acidente. Deve-se, também, verificar mensagens NOTAM para ver se há outras informações a serem adicionadas.
- 2 São incluídas, em um canto da carta, as seguintes informações: o símbolo de erupção vulcânica; nome e número internacional do vulcão (se conhecido); latitude/longitude; e data/hora da primeira erupção (se conhecidos). Deve-se, também, verificar mensagens SIGMET e NOTAM/ASHTAM para cinzas vulcânicas.
- 3 Símbolo de precipitação congelante formado sob temperaturas muito baixas, não se refere à formação de gelo devido à precipitação que entra em contato com a aeronave.

NOTA : As alturas entre as quais os fenômenos são previstos ocorrerem, serão indicadas como especificado na legenda da carta: o topo sobre a base.

AVISO DE TORNADO - Informações, em linguagem clara, sobre a observação ou previsão de

tornados.

DETALHAMENTO DE METAR:

<u>CÓDIGOS METEOROLÓGICOS</u> <small>IEPV 105-67 / 2005</small>			
Meteorological Codes			
METAR / SPECI (Exemplo)			
<u>METAR SBRJ 172100Z 03008KT 4000 TSRA FEW018 FEW022CB BKN120 OVC300 23/22 Q1009</u>			
A	B	C	D
A METAR DO AERÓDROMO SANTOS DUMONT - RIO DE JANEIRO, DO DIA 17, ÀS 21 HORAS (UTC), METAR of Santos Dumont Aerodrome - Rio de Janeiro, 17th day, at 2100 UTC,			
B VENTO: 030 GRAUS/08 NÓS, VISIBILIDADE PREDOMINANTE: 4.000 METROS, TEMPO PRESENTE: TROVOADA COM CHUVA MODERADA, Wind: 030 degrees / 08 knots, Prevailing visibility: 4.000 metres, Present weather: Thunderstorm with Moderate Rain,			
C POUCAS NUVENS A 1.800 PÉS, POUCAS NUVENS CB A 2.200 PÉS, CÉU NUBLADO A 12.000 PÉS E CÉU ENCOBERTO A 30.000 PÉS, Clouds: FEW at 1.800 FT, FEW CB at 2.200 FT, BROKEN at 12.000 FT and OVERCAST at 30.000 FT,			
D TEMPERATURA DO AR: 23°C, TEMPERATURA DO PONTO DE ORVALHO: 22°C E AJUSTE DO ALTIMETRO: 1.009 hPa. Temperature: 23°C, Dew Point: 22°C and Altimeter Setting: 1009 hPa.			
TAF (Exemplo)			
<u>TAF SBPA 181800/191800 16006KT 9999 BKN015 BKN050 PROB30 1824-RA SCT012 OVC015 TX25/18Z TN20/09Z</u>			
A	B	C	D
A TAF DO AERÓDROMO SALGADO FILHO - PORTO ALEGRE, VÁLIDO PARA O PERÍODO ENTRE O DIA 18, ÀS 18 HORAS (UTC) E O DIA 19, AS 18 HORAS (UTC), TAF of Salgado Filho Airdrome - Porto Alegre, valid to period between 18th day, at 1800 UTC and 19th day, at 1800 UTC,			
B VENTO: 160 GRAUS / 06 NÓS, VISIBILIDADE PREDOMINANTE: 9999 (10 KM OU MAIS), CÉU NUBLADO A 1.500 PÉS E A 5.000 PÉS, Wind: 160 degrees / 06 knots, Prevailing visibility: 10 KM or more, Clouds: BROKEN at 1.500 FT and BROKEN at 5.000 FT,			
C PROBABILIDADE DE 30%, NO PERÍODO ENTRE 18 E 24 HORAS (UTC), DE OCORRÊNCIA DE CHUVA LEVE, NUVENS ESPARSAS A 1.200 PÉS E CÉU ENCOBERTO A 1.500 PÉS, Probability of 30%, at period between 1800 UTC and 2400 UTC, occurrence of the slight rain, scattered clouds at 1.200 FT and overcast sky at 1.500 FT,			
D TEMPERATURA MÁXIMA PREVISTA: 25°C, AS 18 HORAS (UTC) E TEMPERATURA MÍNIMA PREVISTA: 20°C, AS 09 HORAS (UTC). Forecast maximum temperature: 25°C, at 1800 UTC and Forecast minimum temperature: 20°C, at 0900 UTC.			

O reporte meteorológico é dividido em 10 partes:

Tipo de Reporte	Estação	Data e Hora	Vento	Visibilidade	Tempo Presente	Nebulosidade	T / Td °C	Pressão (QNH)	Observações (Remarks)
METAR	SBGR	272200Z	18015G25KT	0800 R09/1000N R27/1200D	+RA	BKN012 OVC070	19/19	Q1012	RETS WS LDG R27=

1. Tipo de Reporte: **METAR**.
2. Estação ou Local a que se refere: **SBGR** – código ICAO do Aeroporto de Cumbica - Guarulhos – SP.
3. Data e Hora: **272200Z** - dia 27 e hora 22:00 Z (Zulu) UTC (Universal Time Coordination).
4. Vento: **18015** - Indica o vento em superfície; no caso, soprando do quadrante Sul (180°),

com 15 nós de intensidade. **G25KT** significa 25 nós de rajadas (Gust G).

- a) A direção do vento é indicada com três algarismos, de 10 em 10 graus, mostrando de onde o vento está soprando, com relação ao norte verdadeiro ou geográfico (obs.: As torres de controle informam o vento aos pilotos das aeronaves em relação ao norte magnético).
- b) A intensidade do vento é informada em kt (nós) em dois algarismos (até 99 kt) ou P99, caso o vento tenha velocidade a partir de 100 kt, sempre levando em consideração uma média de 10 minutos de observação (obs.: As torres de Controle informam a intensidade do vento com uma média de 2 minutos).
- c) As rajadas são informadas quando, em relação à intensidade média, os ventos atingem uma velocidade máxima de pelo menos 10 kt, em um período de até 20 segundos.
- d) O vento calmo é indicado nos boletins quando a intensidade do vento for menor que 1 kt e representado por 00000KT.
- e) O vento variável:
Se a variação total da direção do vento for de 60° ou mais, porém inferior a 180°, e a velocidade média for de 3 kt ou mais, serão informadas as duas direções extremas em dndndnVdxdxdx, no sentido horário, com a letra V inserida entre as duas direções.
Ex.: 31015G27KT 280V350

Casos especiais:

- a) vento calmo – velocidade inferior a 1 kt, é codificado 00000, seguida, sem espaço, pela abreviatura KT; Ex.: 00000KT
 - b) vento variável – será informado como VRB quando:
 - I. a variação total da direção for de 60° ou mais, porém inferior a 180°, com velocidade média inferior a 3 kt; Ex.: VRB02KT
 - II. a variação da direção for de 180° ou mais, com qualquer valor de velocidade média, ou, ainda, quando for impossível determinar uma única direção; Ex.: VRB23KT
 - c) vento de 100 kt ou mais – os grupos ff e fmfm serão precedidos da letra P e informados como P99KT. Ex.: 240P99KT (direção 240°, velocidade de 100 kt ou mais).
5. Visibilidade predominante: **0800** - visibilidade horizontal estimada em 800 m. O observador Meteorológico estima, durante as observações, a visibilidade horizontal em torno dos 360° a partir do ponto de observação e insere nos boletins a visibilidade predominante encontrada, em quatro algarismos, em metros, com os seguintes incrementos:
- a) de 50 em 50 m até 800 m;
 - b) de 100 em 100 m entre 800 e 5.000 m;
 - c) de 1.000 em 1.000 m entre 5.000 e 9.999 m;

NOTA: Para valores a partir de 10.000 m, informa-se 9999.
Para valores menores que 50 m, informa-se 0000.

Além da visibilidade predominante, será informada a visibilidade mínima quando esta for inferior a 1.500 m ou inferior a 50% da predominante. Será notificada esta visibilidade e sua direção geral em relação ao aeródromo, indicando um dos pontos cardeais ou colaterais.

Exemplos:

- 8.000 m de visibilidade predominante e 1.400 m no setor sul – 8000 1400 S.
- 6.000 m de predominante e 2.800 m no setor nordeste – 6.000 2800NE.

Quando for observada visibilidade mínima em mais de uma direção, deverá ser

notificada a direção mais importante para as operações.

6. Alcance Visual na Pista (Runway Visual Range – RVR) **R09/1000N R27/1200D**
 - pista 09 igual a 1000 m sem variação e,
 - pista 27 igual a 1.200 m e com tendência à diminuição.

NOTA: O RVR é registrado pelos visibilômetros ou diafanômetros, instalados nos principais aeroportos e quando a visibilidade horizontal for menor que 2.000 m.

NOTA:

- quando não houver diferenças significativas entre os valores de duas ou mais pistas, informa-se somente o R seguido do valor medido (ex.: R1000).
 - Quando houver pistas paralelas, informa-se com letras, após o número da pista, o seu posicionamento: R (direita), L (esquerda) e C (central). Ex.: R09R/1200.
 - Após o valor do RVR, informa-se a tendência de variação, com as letras:
 - **N** (sem variação);
 - **U** (UP - tendência a aumentar);
 - **D** (DOWN - tendência a diminuir).
 - Se o valor for menor que o parâmetro mínimo que o equipamento pode medir, informa-se **M**; ex.: R09/0050M – inferior a 50 m.
 - Se o valor for maior que o parâmetro máximo que o equipamento pode medir, informa-se **P**; ex.: R09/P2000 – superior a 2.000 m.
7. Tempo Presente: (+ **RA**) significa chuva (Rain) forte (+).

Ver a Tabela nos Anexos, que indica o tempo presente para fins de codificação.

Os fenômenos meteorológicos mais utilizados nos boletins são:

- ◆ fumaça (FU),
- ◆ poeira (PO),
- ◆ névoa seca (HZ),
- ◆ névoa úmida (BR),
- ◆ trovoada (TS),
- ◆ nevoeiro (FG),
- ◆ chuva (RA),
- ◆ chuvisco (DZ)
- ◆ pancadas (SH).

1.

NOTAS:

- A névoa úmida somente será informada nos boletins quando a visibilidade horizontal estiver entre 1.000 e 5.000 m; quando acima deste valor e não havendo outro fenômeno significativo será omitido o fenômeno mencionado.
- O qualificador de intensidade (leve, moderado ou forte) somente será utilizado para formas de precipitação (DZ, RA, SN, SH etc.).
- O qualificador VC (vizinhança) somente será utilizado com fenômenos como SH, FG, TS, DS, SS, PO, BLSN, BLDU ou BLSA entre 8 km e 16 km do ponto de referência do aeródromo.
- O descriptor TS será utilizado isoladamente para indicar trovoada sem precipitação e, combinado adequadamente quando da existência de precipitação. Ex.: trovoada com chuva

moderada => TSRA.

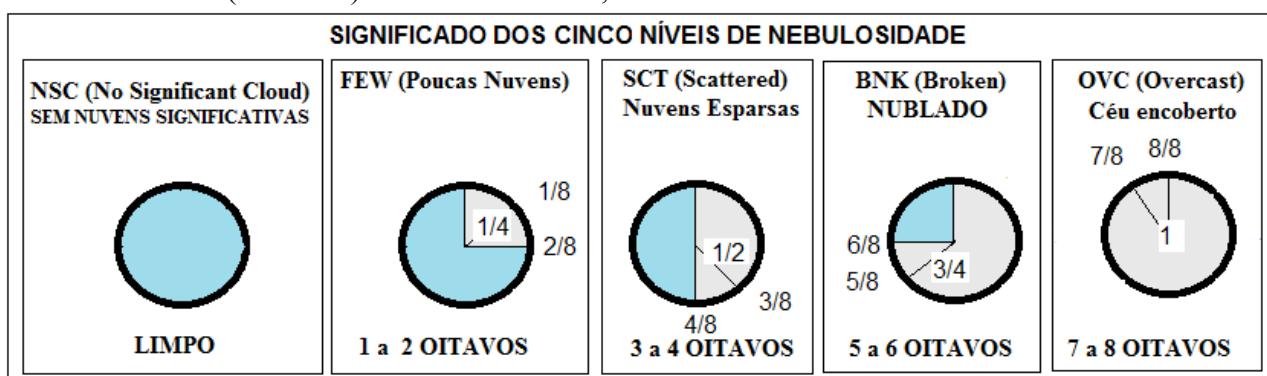
- Os descritores MI, BC e PR serão usados somente em combinações com a abreviatura FG;
- O descritor DR (flutuante baixo) será usado para poeira, areia ou neve levantadas pelo vento, não se estendendo a mais de 2 (dois) metros.
- O descritor BL (soprado) será usado para indicar poeira, areia ou neve carregadas pelo vento, estendendo-se acima de dois metros.
- Os descritores DR e BL deverão ser usados somente em combinações com as abreviaturas DU, SA e SN, por exemplo: BLSN.
- O descritor SH será usado somente em combinações com uma ou mais das abreviaturas RA, SN, PE, OS ou GR, para indicar precipitação do tipo pancada na hora da observação.
- O descritor FZ será usado somente em combinação com as abreviaturas FG, DZ e RA.

8. Condições do céu (nebulosidade): **BKN012 OVC070**

- Nublado (BNK) com 1.200 pés (012) e
- encoberto (OVC) com 7.000 pés (070).

NOTA : Indica o grupo de nebulosidade existente sobre o aeródromo ou a visibilidade vertical no caso da existência de nevoeiro de céu obscurecido.

- a) Quantidade: indica com abreviaturas para as seguintes coberturas do céu:
- I. SKC (Sky Clear) céu limpo; ou NSC (No Significant Clouds) – sem nuvens significativas;
 - II. FEW (few) – poucas – 1/8 ou 2/8;
 - III. SCT (Scattered) – esparsas – 3/8 ou 4/8;
 - IV. BKN (Broken) – nublado – 5/8, 6/8 ou 7/8;
 - V. OVC (Overcast) – encoberto – 8/8 ;



- b) Altura: os três últimos dígitos numéricos indicam a altura da base das nuvens, até o limite de 3.000 m (10.000 ft), utilizando-se incrementos de 30 m (100 ft) até esse limite.
Portaria DECEA Nº 62/SDOP, de 5 de novembro de 2010.
- c) Tipo: informa-se para os gêneros TCU (Cúmulos Congestos) ou CB (Cúmulo-nimbos).
Ex.: SCT030CB – cúmulo-nimbos esparsos a 3.000 pés.
- d) O céu obscurecido será informado pela visibilidade vertical (VV – vertical visibility), também em centenas de pés. Ex.: VV001 – visibilidade vertical de 100 pés (30 m).

Estas informações referem-se ao ponto de visão do observador, tendo o aeródromo referenciado como centro, portanto, abrangendo o aeródromo e sua vizinhança.

9. Temperatura / Ponto de Orvalho: **19/19**

- indica 19°C para a temperatura do ar e 19°C para a temperatura do ponto de orvalho.
- Para temperaturas negativas insere-se a letra M antes da temperatura ou temperatura do ponto de orvalho. Exemplo: **01/M02**.
- Valores iguais significam ar saturado.

10. Pressão (QNH): **Q1012**

- indica o valor do ajuste do altímetro em hectopascais (hPa) em quatro algarismos, como ocorre no Brasil ou em polegadas de mercúrio (Pol Hg), como nos EUA Ex.: A2995 ou 29.95 Pol Hg.

11. Observações (Remarks): **RETS WS LDG R27**

- trovoada (TS) recente (RE) e wind shear (WS) para pouso (LDG) na pista (R) 27.

Faz parte das informações suplementares e relata fenômenos que ocorreram durante a hora precedente e também turbulência e tesoura de vento.

Previsão tipo tendência – evolução do tempo prevista de até duas horas a partir do boletim meteorológico e inseridas no final das mensagens, com os seguintes identificadores de mudança previstos:

- BECMG – (becoming) mudança meteorológica.
- TEMPO - (Temporary) indicam flutuações temporárias frequentes ou não para as condições meteorológicas que podem ocorrer a qualquer momento durante o período. As condições seguintes a estes grupos são esperadas durarem menos que uma hora em cada situação e, no total, menos que a metade do período indicado.
- NOSIG – (No Significant Weather) sem mudanças significativas nas próximas duas horas.
- FM – (from) a partir de
- TL – (until) até

Ex.: METAR SUMU 271500Z 4000 BR FEW020 18/16 Q1018 **BECMG FM 1530 TL 1600 2000**

BECMG FM 1530 TL 1600 2000 indica mudança de visibilidade para 1530 m (visibilidade original era de 4.000 m), a partir de (FM) 15:30 até (TL) 16:00 UTC, permanecendo após esse horário.

NOTA: **CAVOK** – significa Ceiling and Visibility OK, ou seja, teto e visibilidade OK.

É empregado nos boletins em substituição aos grupos de visibilidade, RVR ou Alcance Visual da Pista, tempo presente e nebulosidade.

Deve ser informando quando ocorrerem as seguintes condições:

- Visibilidade ≥ 10.000 m.
- Ausência de nuvens abaixo de 5.000 pés (1.500 m)
- Ausência de precipitação e Cb na área do aeródromo.
- Ausência de nuvens TCU (cúmulos congestos)

Exemplo.: METAR SBGR 271500Z 00000KT **CAVOK 22/18 Q1015**

DETALHAMENTO DA TAF (Terminal Aerodrome Forecast)

O código TAF é uma descrição completa das condições meteorológicas previstas em um aeródromo, durante o período de validade, incluindo qualquer mudança considerada significativa para as operações aéreas.

NOTAS:

1. *Devido às características das variáveis meteorológicas no espaço e no tempo, e às limitações causadas pelas técnicas de previsão e pela definição de algumas daquelas variáveis, os valores específicos incluídos na previsão devem ser entendidos pelos usuários como a melhor probabilidade de ocorrência ou mudança esperada durante o período de validade.*
2. *Similarmente, quando a hora de ocorrência ou mudança de uma variável é incluída na previsão, esta hora deve ser entendida como a mais provável.*
3. *Uma emenda de previsão de aeródromo na forma codificada será identificada por TAF AMD em lugar de TAF, e cobrirá o restante do período de validade do TAF original.*
4. *A abreviatura COR é utilizada para o caso de correção da previsão.*

CONTEÚDO - Contém informações específicas apresentadas numa ordem fixa, através de oito grupos:

1. grupo de identificação;
2. vento à superfície previsto:
 - a) A direção do vento à superfície é informada em relação ao Norte verdadeiro.
 - b) Quando for previsto que a velocidade máxima do vento exceda a velocidade média em 10 kt ou mais, por até 20 segundos, esta será também informada, pela letra G (gust), seguida do valor da rajada.
3. visibilidade horizontal predominante prevista;
4. tempo significativo previsto;
5. nuvens previstas (ou visibilidade vertical prevista, se for o caso);
6. temperaturas previstas;
7. grupos de mudanças significativas previstas (BCMG, TEMPO, PROB30 ou PROB40) ;
8. código do previsor que confeccionou a previsão.

RMK - A abreviatura RMK indica o início de um grupo incluído por decisão nacional, seguido de um trigrama que indica o código do previsor que confeccionou o referido TAF.

VALIDADE

A validade do TAF é de 12 horas para atender ao planejamento operacional de voos para aeródromos nacionais e de 24 ou 30 horas para aeródromos internacionais.

- No Brasil, são confeccionados TAF com período de validade de 30 horas somente para os aeródromos do Galeão (SBGL) e de Guarulhos (SBGR).
- O TAF tem validades iniciando-se às 0000, 0600, 1200 e 1800 UTC.

GRUPO DE NUVENS PREVISTAS - Decodificação exclusiva TAF

Os grupos de nuvens PODEM SER repetidos para indicar diferentes camadas de nuvens previstas. O número de grupos é limitado até três, exceto para nuvens CB e TCU que, quando previstas, sempre serão informadas. Os grupos são informados do nível mais baixo para o mais alto, conforme os seguintes critérios:

- a) 1º grupo: a camada individual mais baixa, independentemente da quantidade, é informada como FEW, SCT, BKN ou OVC;
- b) 2º grupo: a próxima camada individual seguinte em altura, cobrindo três oitavos ou mais, é informada por SCT, BKN ou OVC;
- c) 3º grupo: a próxima camada individual seguinte em altura, cobrindo cinco oitavos ou mais, é informada por BKN ou OVC;
- d) grupo adicional: nuvens CB e/ou TCU quando previstas, se não estiverem informadas em nenhum dos três grupos anteriores.

Exemplo da descodificação de nebulosidade:

TAF SBPA 130530Z 1312/1412 31015G27KT 8000 RA **FEW005 FEW015TCU SCT018 BKN025**

1/8 de Estratos a 500 pés (**FEW005**);
 2/8 de Cúmulos congestos de grande extensão vertical a 1.500 pés (**FEW015TCU**);
 3/8 de Cúmulos a 1.800 pés (**SCT018**);
 5/8 de Estratocúmulos a 2.500 pés (**BKN025**).

NOTA: Os tipos de nuvens não serão identificados, exceto os das nuvens convectivas significativas:

- a) Cúmulo-nimbos, indicado por CB; e
- b) Cúmulos de grande extensão vertical, indicado por TCU.

Quando o termo CAVOK não for apropriado, será usada a abreviatura NSC (No Significant Clouds).

MUDANÇAS SIGNIFICATIVAS PREVISTAS

Grupo FM(dd;hh:mm) ou somente (hh:mm) (from = a partir de)

Quando um conjunto de condições de tempo prevalecente for esperado mudar significativamente para outro conjunto de condições, o grupo FM seguido de data, hora e minutos da ocorrência, será usado para indicar o início de uma parte independente da previsão.

Todas as condições prevalecentes previstas, dadas antes do grupo FM serão substituídas pelas novas condições.

Exemplo:

TAF SBPA 130530Z 1312/1412 31015G27KT 8000 RA FEW005 FEW015TCU SCT018 BKN025 TX28/1318Z TN20/1409Z **FM1815 27017KT 4000 +TSRA FEW010CB BKN025**

Descodificação:

A partir de 18:15Z, os ventos serão de 270° com 17 knots; visibilidade diminuída para 4.000m; trovoada com chuva pesada; poucas nuvens CB a 1.000 pés; nublado a 2.500 pés.

Grupo BECMG [dd;hh; (início) / dd;hh (conclusão)] (becoming = transformar-se)

O grupo BECMG indica mudanças nas condições meteorológicas iniciais previstas, numa variação

regular ou irregular de tempo meteorológico específico, dentro do período [dia-hora (início) / dia-hora (conclusão)] que segue o grupo BCMG. Esse período de mudança do tempo meteorológico, normalmente não excede de 2 horas e, em nenhum caso, pode exceder de 4 horas.

Este grupo é seguido por grupos que descreverão somente os elementos que são previstos mudar significativamente. Entretanto, no caso da nebulosidade, todos os grupos de nuvens, incluindo a(s) camada(s) significativa(s) que se prevê(em) que não mudará(ão), são informados.

A não ser que outros grupos sejam usados, as condições dadas após BECM são previstas prevalecer a partir de [dia-hora (conclusão)] até o fim do período de validade da TAF.

Exemplo:

TAF SBPA 130530Z 1312/1412 31015G27KT 8000 SHRA BKN025 TX28/1318Z TN20/1409Z
BECMG 1400/1402 4000 BKN010

Descodificação do grupo BCMG:

Mudanças no dia 14, período de 00 às 02 UTC:

- a) visibilidade – de 8.000m para 4.000 metros;
- b) nebulosidade – nublado (5 a 7 oitavos) com base a 1.000 ft.

Valores que permanecerão até o fim da validade do TAF, juntamente com os valores que não sofreram alterações.

Grupo TEMPO [dd;hh; (início) / dd;hh (conclusão)] (Temporary = temporário)

O grupo TEMPO indica flutuações temporárias frequentes ou não, para as condições meteorológicas que podem ocorrer a qualquer momento durante o período [dd;hh; (início) / dd;hh (conclusão)].

As condições seguintes a estes grupos são esperadas durarem menos que uma hora em cada situação e, no total, menos que a metade do período de validade da previsão principal.

Exemplo:

TAF SBCT 101030Z 1012/1112 24003KT 9999 SCT015 TX28/1018Z TN20/1109Z **TEMPO 1018/1024 4000 + SHRA BKN012**

Descodificação

Este TAF indica a previsão temporária de redução na visibilidade para 4.000 metros, pancada de chuva forte e aumento de nebulosidade com redução na altura, entre 1800 e 2400 UTC, do dia 10, retornando às condições iniciais, após este período de mudanças.

NOTA: Se uma flutuação temporária for prevista durar uma hora ou mais e/ou os períodos de flutuações somarem a metade ou mais do período total, estas condições serão as predominantes e serão usados os grupos indicadores de mudança BECMG.

Grupo PROB (30 ou 40) (dia;dia;hora;hora) (Probability = provável)

Quando a confiança nos valores alternativos da previsão não for suficiente, mas o elemento previsto for considerado significativo para as operações, os grupos PROB (30 ou 40) serão usados. A

porcentagem da probabilidade de ocorrência somente pode ser de 30% ou 40%.

NOTA: O grupo PROB (30 ou 40) é sempre seguido pelo grupo horário (dia;dia;hora;hora) ou pelo grupo de mudança TEMPO [dd;hh; (início) / dd;hh (conclusão)], conforme 16/20 FCA 105-2 / 2012

Codificação:

Exemplo 1:

TAF SBPA 101030Z 1012/1112 27003KT 3000 BR SCT008 TX28/1018Z TN20/1109Z BECMG 1100/1102 1500 BR BKN004 **PROB30 1104/1106 0800 FG**

Mudanças na TAF mostram, inicialmente, através de BCMG, que poderá haver uma redução na visibilidade para 1.500 metros e um aumento de nebulosidade, porém com decréscimo na altura da base das nuvens, no período de 0000 a 0200 UTC, do dia 11, permanecendo nestes valores até 1200 UTC;

Existindo uma probabilidade de 30% de ocorrência de nevoeiro restringindo a visibilidade a 800 metros, no período de 0400 a 0600 UTC, do dia 11.

Exemplo 2:

TAF SBCT 101030Z 1012/1112 24003KT 9999 SCT015 TX28/1018Z TN20/1109Z **TEMPO 1018/1024 4000 +TSRA BKN010CB PROB40 TEMPO 1020/1022 TSRA**

Descodificação :

Mudanças na TAF mostram, inicialmente, que poderá haver uma redução na visibilidade para 4.000 metros, devido à ocorrência de trovoada com chuva forte, havendo um aumento de nebulosidade, porém com decréscimo na altura da base das nuvens, e ocorrência de nuvens CB, no período de 1800 a 2400 UTC, do dia 10;

Existindo uma probabilidade de 40% de ocorrência de trovoada com chuva moderada, no período de 2000 a 2200 UTC, do dia 10.

NOTA 1: Adota-se que, se a probabilidade de ocorrência for de 50% ou mais, a confiança é alta e os valores alternativos serão indicados pelos grupos FM, BECMG ou TEMPO.

NOTA 2: O grupo TEMPO significa que flutuações poderão ocorrer num espaço de tempo menor que a metade do período, não devendo ser confundido com a probabilidade de 30% ou 40%. Esse grupo indica que as flutuações temporárias acontecerão; o grupo PROB indica que existe somente uma probabilidade de que elas ocorram.

EXEMPLO PARA DETALHAMENTO COMPLETO DE UMA TAF:

TAF SBPA 130530Z 1312/1412 31015G27KT 8000 SHRA BKN025 TX28/1318Z TN20/1409Z
BECMG 1400/1402 4000 BKN010 TEMPO 1406/1408 TSRA

TAF SBPA 130530Z

TAF – identificador do código.

SBPA – indicador de localidade – Aeródromo de Porto Alegre.

130530Z – data e hora de confecção da previsão. Dia 13 às 0530 UTC.

1312/1412 – validade da previsão total: identifica o dia e hora de início e o dia e hora do final da validade da previsão. No caso, das 12 UTC do dia 13 às 12 UTC do dia 14.

31015G27KT – indica o vento previsto: vento de 310° com 15 nós, com rajadas (G) de 27 nós.

8000 – indica a visibilidade horizontal prevista: 8000 m.

SHRA – indica o tempo presente previsto - pancada de chuva

BKN025 – indica o grupo de nebulosidade prevista: Nublado (BKN) a 2500 pés (25 * 100).

TX28/1318Z TN20/1409Z – temperaturas máxima (TX) e mínima (TN) previstas e respectivos horários: temperatura máxima de 28°C prevista para as 1800UTC do dia 13 e temperatura mínima de 20°C prevista para as 0900UTC do dia 14.

TEMPO 1406/1408 TSRA – Previsão de mudança temporária (TEMPO) entre 06Z e 08Z, do dia 14, com as seguintes condições: TROVOADAS COM CHUVA (TSRA).

Após decorrido o período de horário temporário, se não houver mais informações adicionais, as condições meteorológicas voltam às condições anteriores à esta previsão.

BECMG – Grupo de mudança meteorológica. Vamos detalhar esse grupo com o exemplo abaixo:

TAF SBPA 130530Z 1312/1412 31015G27KT 8000 SHRA BKN025 TX28/1318Z TN20/1409Z
BECMG 1400/1402 4000 BKN010.

Na mensagem acima, o trecho sublinhado significa UMA MODIFICAÇÃO METEOROLÓGICA, DENTRO DO PERÍODO DE VALIDADE DA PREVISÃO TOTAL.

- **1400 / 1402** - significa que: a partir de "00 UTC do dia 14", vai começar uma modificação meteorológica, e somente APÓS "02 UTC do dia 14" é que vai prevalecer essa modificação.
- Como não há outra modificação nesta TAF, entende-se que a cobertura da modificação inicia-se às 02 UTC do dia 14 (**1402**) e se estende até o final da previsão geral, ou seja, até às 12 UTC do dia 14 (**1412**).
- **4000** - visibilidade de 4.000 m. A visibilidade inicial era de 8000 m.
- **BKN10** - nebulosidade de 5 a 7 oitavos com base a 1.000 pés. A nebulosidade original era de BKN025.

Caso haja outra modificação:

- a validade da modificação anterior termina no início da modificação seguinte.
- a validade da última modificação vai até o final da previsão geral.

OUTROS EXEMPLOS DE TAF

TAF SBPA 130530Z 1312/1412 31015G27KT 8000 SHRA BKN025 TX28/1318Z TN20/1409Z

BECMG 1400/1402 4000 BKN010 PROB40 1406/1412 TSRA

- **1400 / 1402** - significa que: a partir de "00Z do dia 14", vai começar uma modificação

meteorológica, e somente APÓS “02Z do dia 14” é que vai prevalecer essa modificação.

- **PROB40** – esta modificação na sequência, não modifica as previsões de BECMG “4000 BKN010”, então, as informações do BECMG terão validade até o final do período, ou seja, às 12Z do dia 14.

**TAF SBCT 101030Z 1012/1112 24003KT 9999 SCT015 TX28/1018Z TN20/1109Z TEMPO
1018/1024 4000 +SHRA BKN012**

Esta TAF indica a ocorrência temporária (**TEMPO**)

- redução na visibilidade para 4.000 m (previsão original era 9999);
- pancada de chuva forte;
- aumento de nebulosidade com redução na altura (nebulosidade original era de SCT015);
- validade entre 1800 e 2400 UTC, do dia 10, portanto, dentro do período de validade da previsão geral.

**SBCT 101030Z 1012/1112 24003KT 9999 SCT015 TX28/1018Z TN20/1109Z TEMPO
1018/1024 4000 +TSRA BKN010CB PROB40 TEMPO 1020/1022 TSRA**

- **TEMPO 1018/1024 4000** no período de 18 a 24 UTC do dia 10 haverá redução na visibilidade para 4.000 m (visibilidade original era de 9999);
- **+TSRA** ocorrência de trovoada com chuva forte;
- **BKN010CB** havendo um aumento de nebulosidade, com decréscimo na altura da base e ocorrência de nuvens CB (nebulosidade original era SCT015);
- **PROB40 TEMPO 1020/1022 TSRA** existindo uma probabilidade de 40% de ocorrência de trovoada com chuva moderada, no período de 20 a 22 UTC do dia 10.

DETALHAMENTO DA GAMET

Exemplo:

SBRE GAMET VALID 200600/201200 RECIFE FIR

Previsão FIR Recife das 0600Z às 1200Z do dia 20.

SFC WSPD 08/10 25KT

vento de superfície entre 0800Z e 1000Z de 25kt

SFC VIS 06/08 N OF 18DEG S 2000M

visibilidade de 2000 m entre 0600Z e 0800Z ao norte da latitude 18° Sul

CLD 06/08 OVC 800FT N OF 12 DEG S

entre 0600Z e 0800Z, céu encoberto a 800 FT ao norte da latitude 12° Sul

TURB MOD FL090

turbulência moderada no FL090

SFC - (surface) superfície

WSPD - (wind speed) velocidade do vento

DETALHAMENTO DA SIGMET

Exemplo:

SBCW SIGMET 3 VALID 171230/171630 SBCT CURITIBA FIR SEV TURB FCST FL250

NC=

(SIGMET nº 3 válido para o dia 17 entre 1230UTC e 1630UTC emitido pelo CMV Curitiba prevendo turbulência severa no FL250 para a FIR Curitiba, sem variação (NC- no change). No final do SIGMET podem aparecer também as abreviaturas WKN – (weakening) enfraquecendo ou INTSF (intensifying) – intensificando.

DETALHAMENTO DA AIRMET

Exemplo:

SBRE AIRMET1 VALID 201400/201800 SBRF RECIFE FIR MOD

TURB OBS AT1350 FL090 NC=

(AIRMET expedido pelo CMV Recife, valido entre 1400Z e 1800Z, alertando sobre turbulência moderada observada às 1350Z no FL090, na FIR Recife).

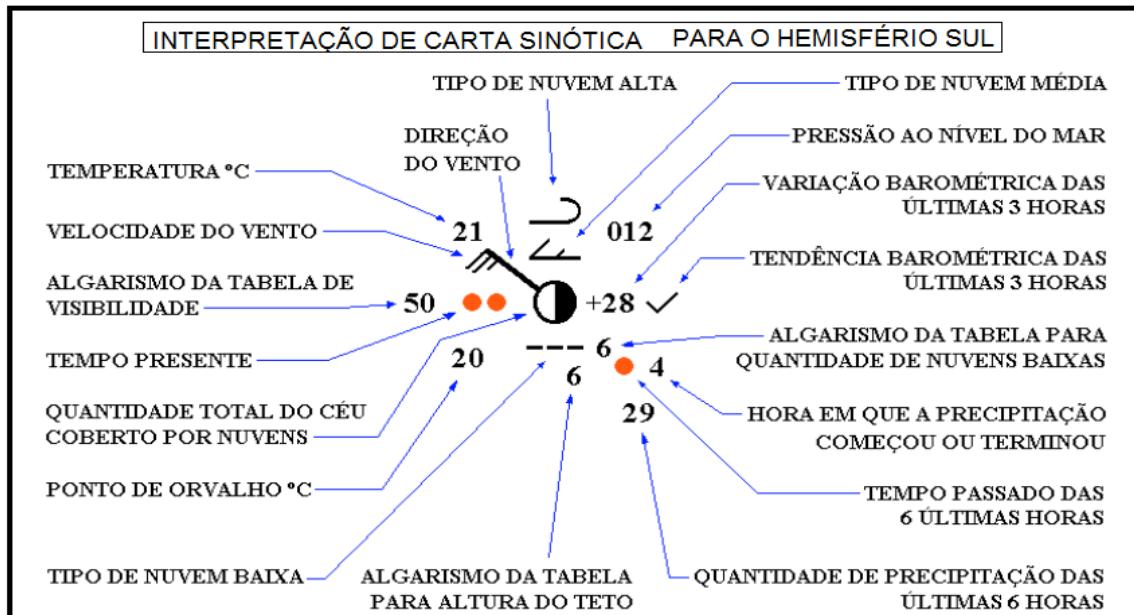
19 ANEXOS:

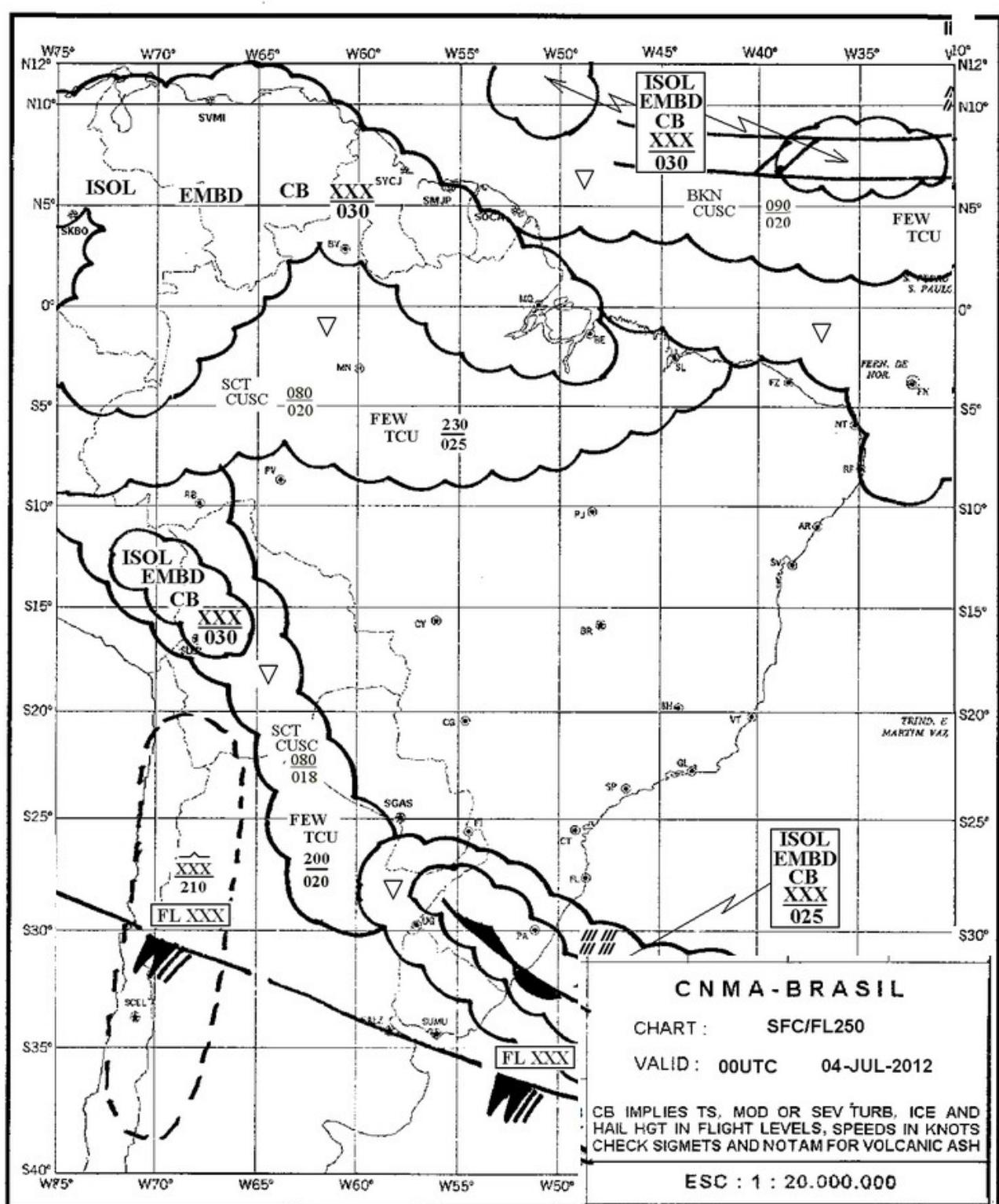
w'w' – TEMPO SIGNIFICATIVO PRESENTE E PREVISTO				
QUALIFICADOR		FENÔMENO DE TEMPO		
INTENSIDADE ou PROXIMIDADE (1)	DESCRITOR (2)	PRECIPITAÇÃO (3)	OBSCURECEDOR (4)	OUTROS (5)
- Leve	MI Baixo	DZ Chuvisco	BR Névoa úmida	PO Poeira/areia em redemoinhos
Moderada (sem sinal)	BC Banco	RA Chuva	FG Nevoeiro	SQ Tempestade
+ Forte ("bem desenvolvido" para redemoinhos de poeira/areia e nuvens funil)	PR Parcial (cobrindo parte do aeródromo)	SN Neve	FU Fumaça	FC Nuvem(ns) funil (tornado ou tromba d'água)
VC Nas Vizinhanças	DR Flutuante	SG Grãos de neve	VA Cinzas vulcânicas	SS Tempestade de areia
	BL Soprada	IC Cristais de gelo	DU Poeira extensa	DS Tempestade de poeira
	SH Pancada(s)	PL Pelotas de gelo	SA Areia	
	TS Trovoada ou Raios e Relâmpagos	GR Granizo	HZ Névoa seca	
	FZ Congelante	GS Granizo pequeno e/ou grãos de neve		

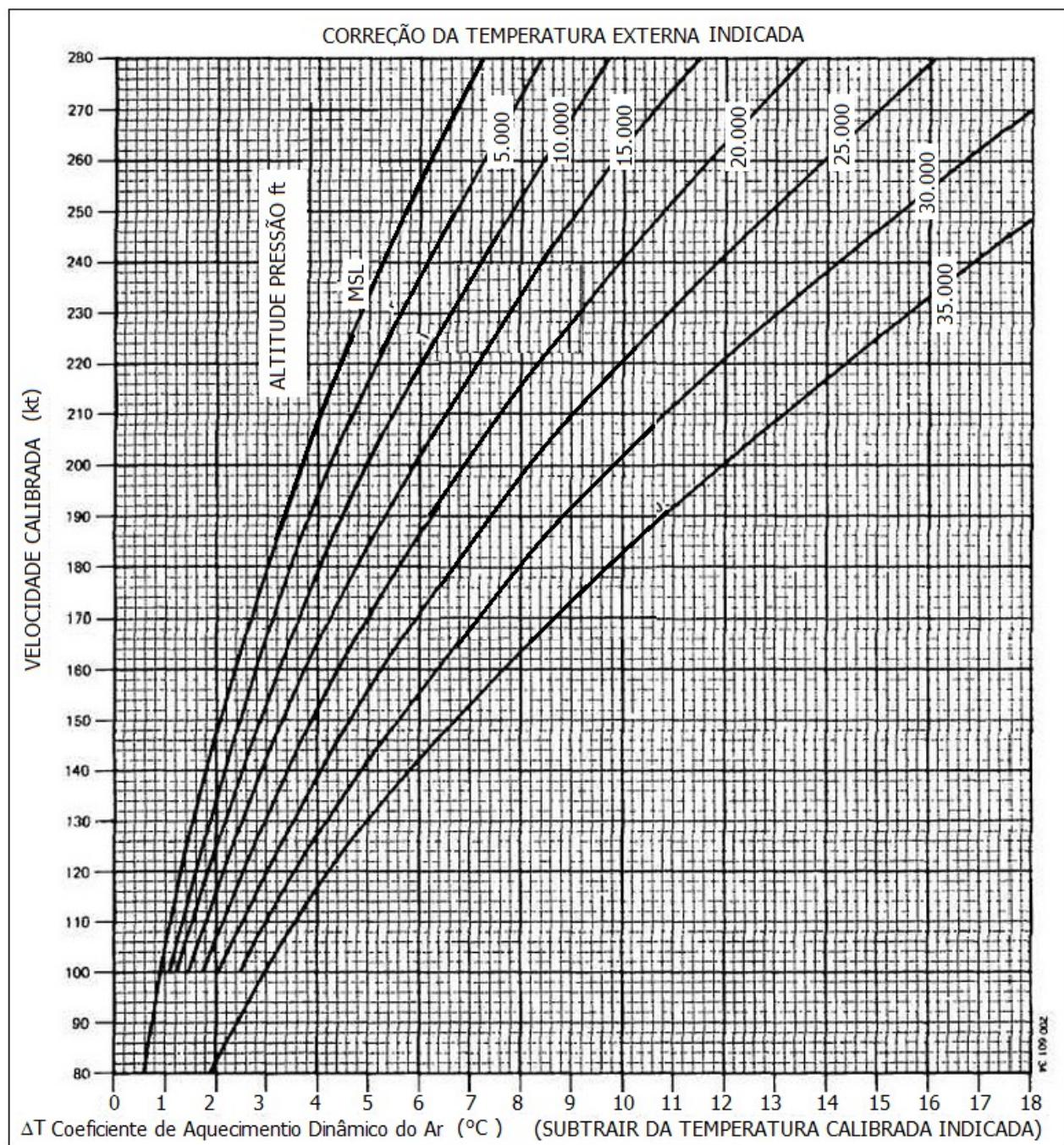
NOTA 1: Os grupos w'w' serão construídos considerando-se as colunas de 1 a 5 da Tabela acima, numa seqüência que contenha a intensidade seguida da descrição e do fenômeno de tempo.

NOTA 2: Aplicam-se as regras referentes ao uso do grupo w'w' do FM 15 METAR e FM 16 SPECI do MCA 105-10^f

Exemplo: +SHRA (pancada de chuva forte)







ts	Δt	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10
3		92	84	76	69	62	54	47	40	32	25	12	/	/	/	/
4		93	85	77	70	63	56	49	43	35	29	16	/	/	/	/
5		93	86	78	72	65	58	51	45	38	32	20	/	/	/	/
6		94	87	80	73	66	60	54	47	41	35	23	11	/	/	/
7		94	87	81	74	67	62	54	49	43	38	26	15	/	/	/
8		94	88	81	75	69	64	56	51	46	40	29	19	/	/	/
9		94	88	82	76	70	65	59	53	48	42	32	22	12	/	/
10		94	89	82	77	71	66	61	56	51	45	35	26	17	/	/
11		94	89	83	78	72	67	62	57	52	47	37	28	19	/	/
12		94	89	83	78	73	68	63	58	53	48	38	30	21	/	/
13		95	89	84	79	74	69	64	60	55	50	40	32	24	15	/
14		95	90	84	79	75	70	65	61	57	52	43	34	26	18	/
15		95	90	85	80	76	71	66	62	58	53	44	36	28	20	13
16		95	90	85	80	77	72	67	63	59	55	46	38	31	23	16
17		95	90	86	81	77	72	68	64	60	56	48	40	32	25	18
18		95	90	86	82	78	73	69	65	61	57	49	42	35	27	20
19		95	91	87	82	78	74	70	66	62	58	51	44	37	29	22
20		96	91	87	83	79	74	71	66	63	59	52	45	38	31	24
21		96	91	87	83	79	75	71	67	64	60	53	45	39	32	26
22		96	91	88	84	80	76	72	68	64	61	54	47	41	34	28
23		96	92	88	84	80	77	73	69	65	62	54	48	42	36	30
24		96	92	88	85	81	77	74	70	66	63	55	49	43	37	31
25		96	92	88	85	81	78	75	71	67	64	56	51	45	39	33
26		96	92	89	85	81	78	75	71	67	64	58	52	46	40	35
27		96	93	90	86	82	79	76	72	69	65	59	53	47	41	36
28		96	93	90	86	82	79	76	72	69	66	60	54	48	42	37
29		96	93	90	86	82	79	76	73	70	66	61	55	49	43	38
30		96	93	90	86	82	79	76	73	70	66	61	55	50	44	39
31		96	93	90	86	82	80	77	73	70	67	61	56	50	45	40
32		96	93	90	86	83	80	77	73	71	68	62	57	51	46	41
33		96	93	90	86	83	80	77	74	71	68	63	57	51	47	42
34		96	93	90	87	83	80	77	74	71	69	63	58	52	48	43
35		97	93	90	87	84	81	78	74	72	69	64	59	53	49	44
36		97	93	90	87	84	81	78	75	72	70	64	59	54	50	45
37		97	93	90	87	84	81	78	75	73	70	65	60	54	51	46
38		97	93	91	88	85	82	79	75	73	70	66	61	55	51	46
39		97	94	91	88	85	82	79	76	74	71	66	61	56	52	46
40		97	94	91	88	86	82	79	76	74	71	66	61	56	52	47
41		97	94	91	88	86	83	80	76	75	71	67	62	57	53	47
42		97	94	91	88	86	83	80	77	75	72	67	62	57	53	48
43		97	94	91	89	87	83	80	77	76	72	67	62	58	54	48
44		97	94	91	89	87	84	81	77	76	72	68	63	58	54	49
45		97	94	91	89	87	84	81	78	76	73	68	63	59	55	49

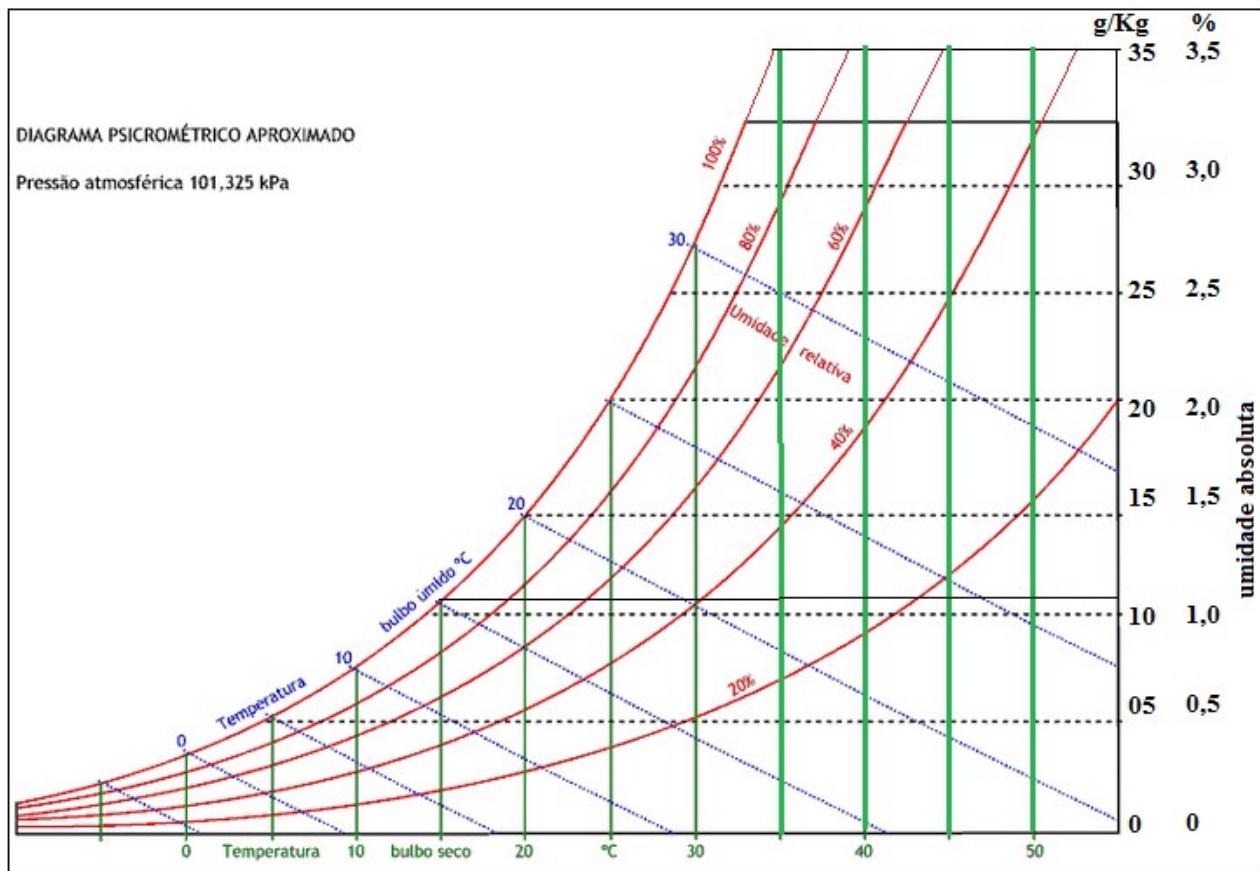
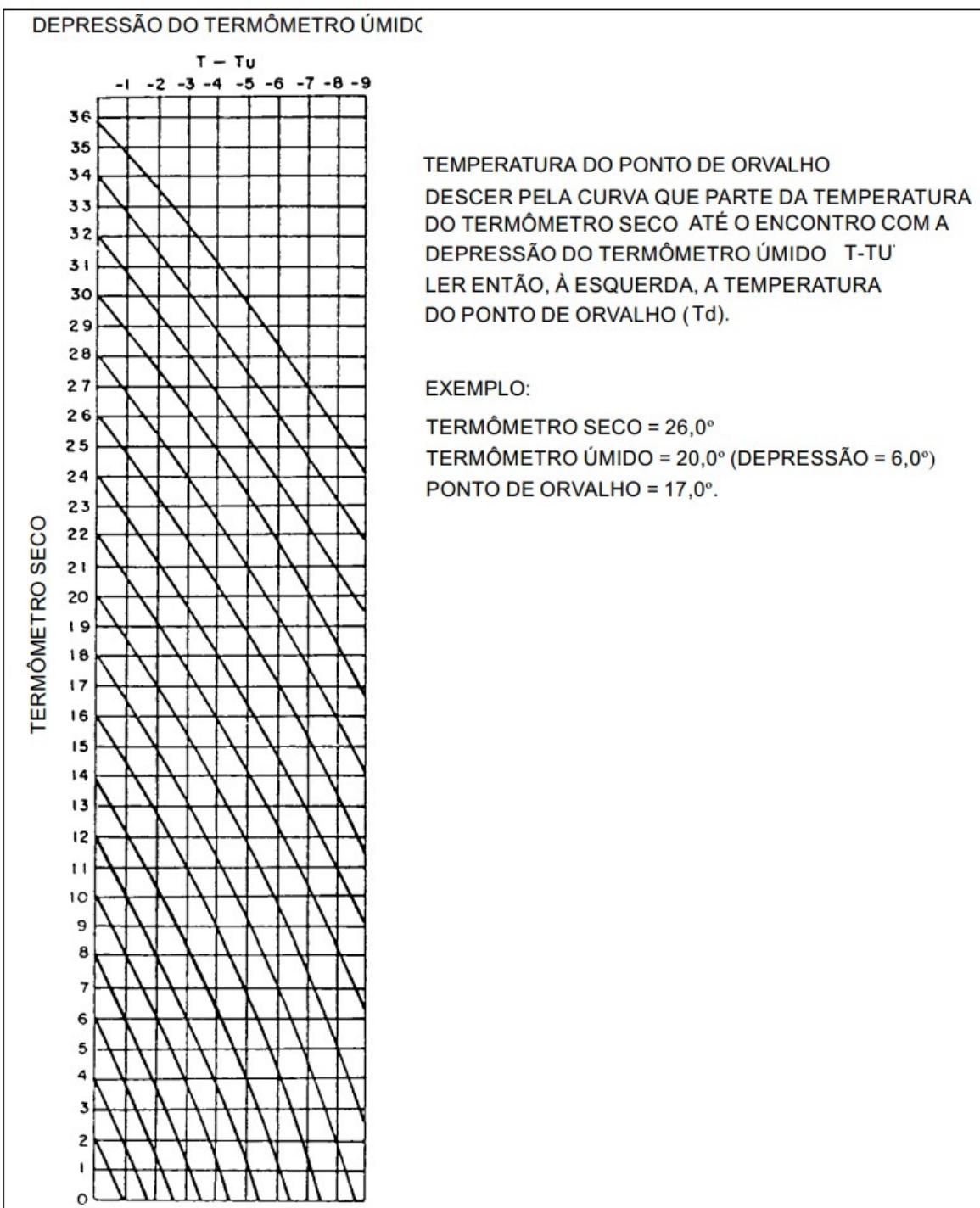
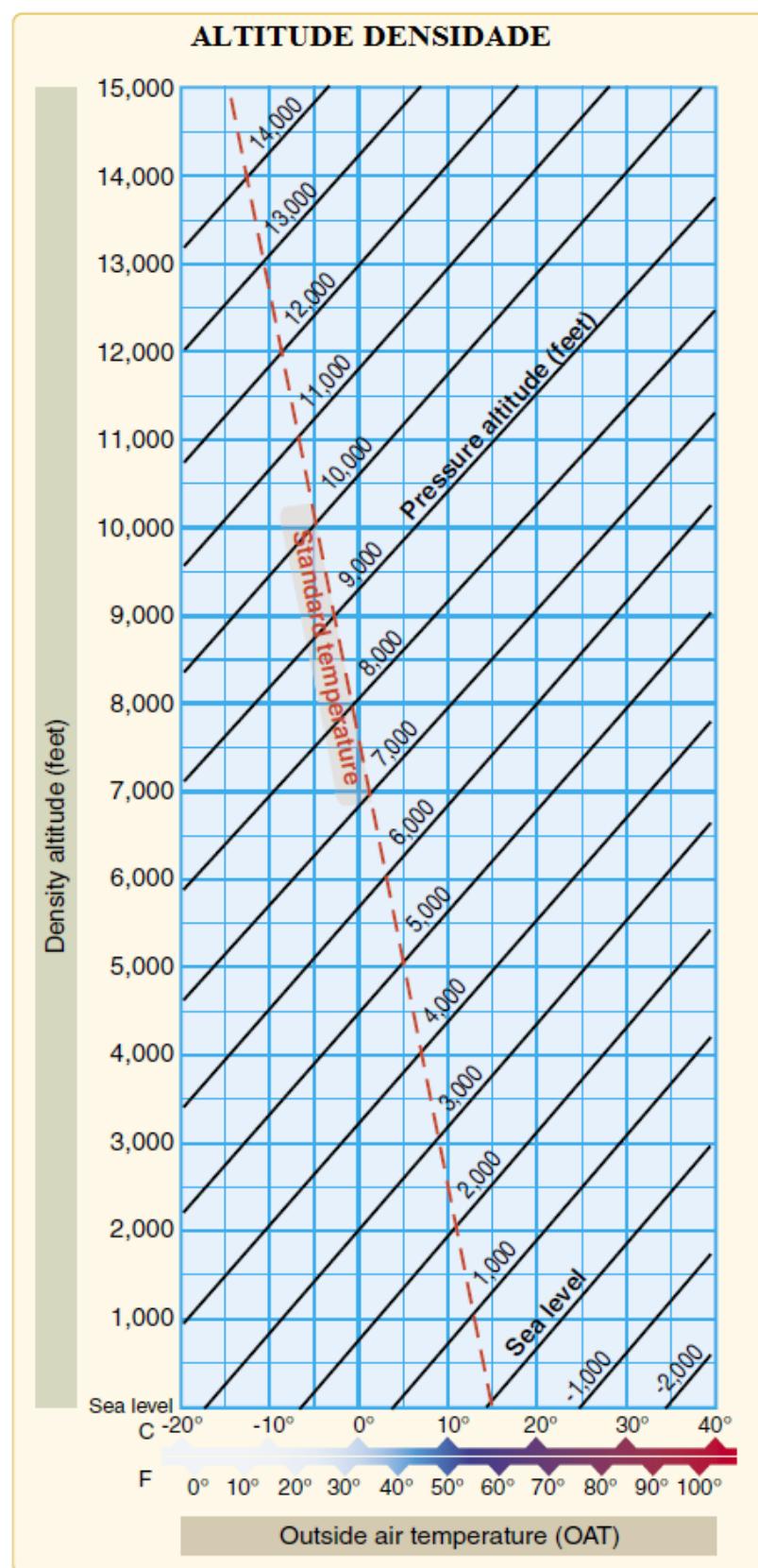
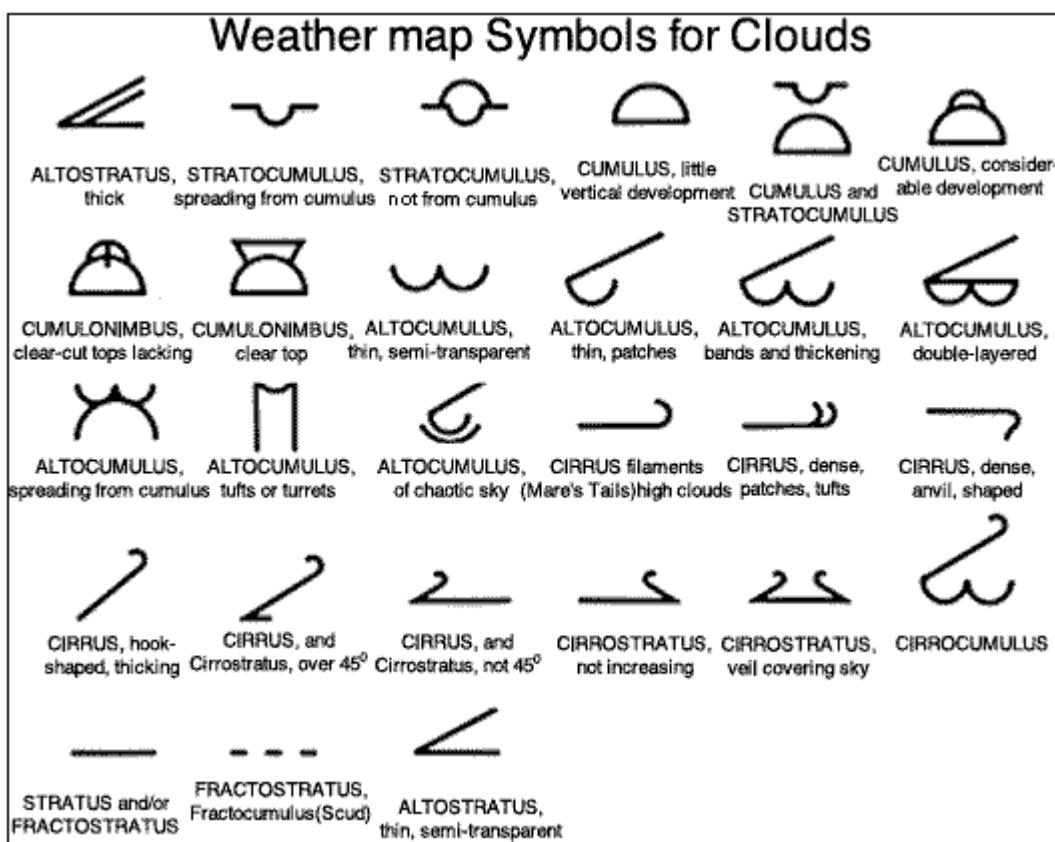


TABELA DE REFLEXÃO DE ALGUMAS SUPERFÍCIES O O ALBEDO

SUPERFÍCIES	REFLEXÃO	ALBEDO MÉDIO
Neve fresca	80 a 95	0,90
Nuvem espessa	70 a 80	0,75
água (com sol inclinado)	50 a 80	0,65
Neve suja	50 a 60	0,55
Solo arenoso descoberto	25 a 45	0,35
Nuvem fina	20 a 30	0,25
Solo seco (arado)	20 a 25	0,22
Solo úmido	15 a 20	0,17
Vegetação seca	15 a 20	0,17
Plantações-lavoura	10 a 25	0,17
Solo escuro	5 a 15	0,10
Asfalto	5 a 10	0,10
Água (sol no zênite)	3 a 5	0,04

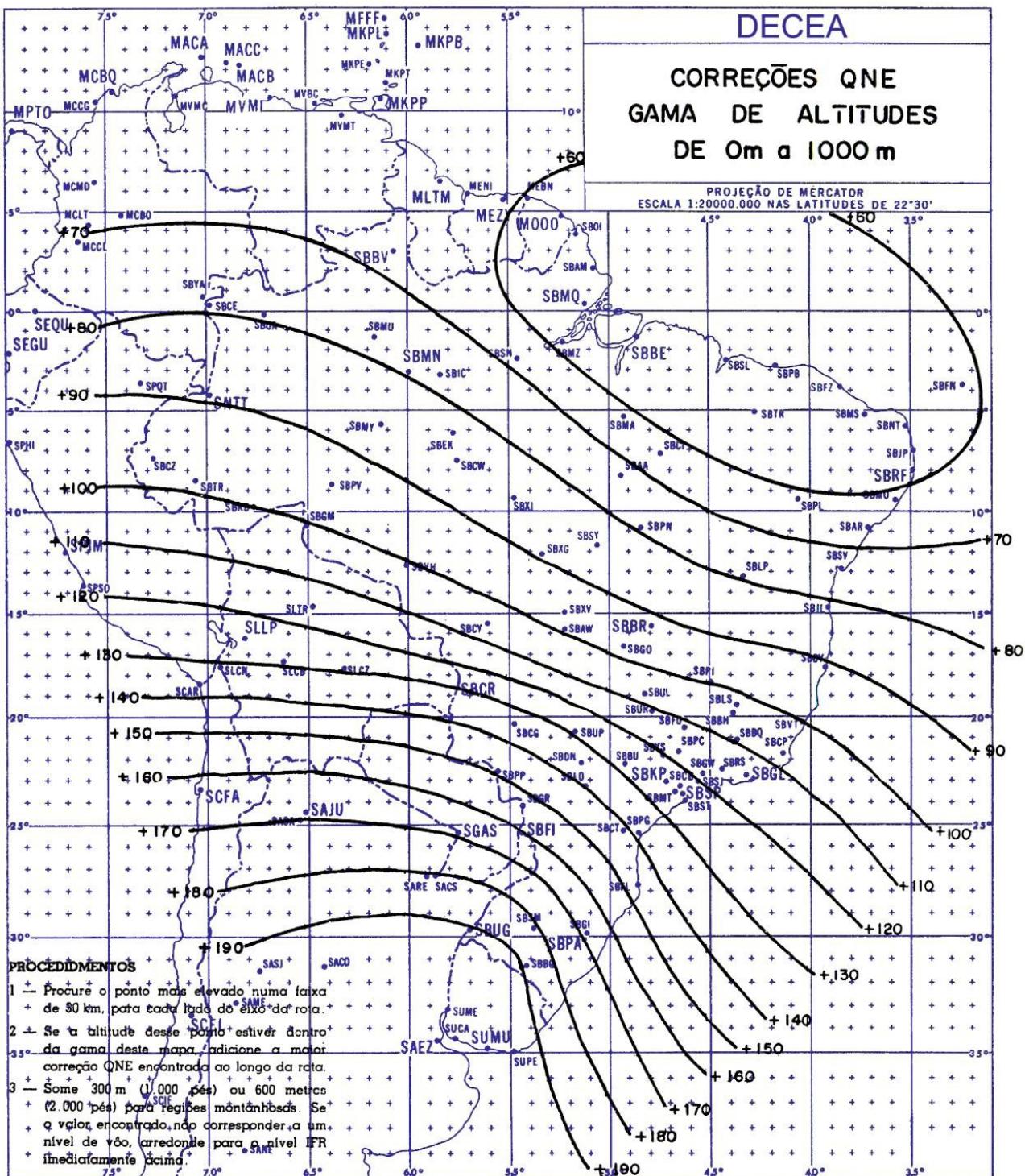


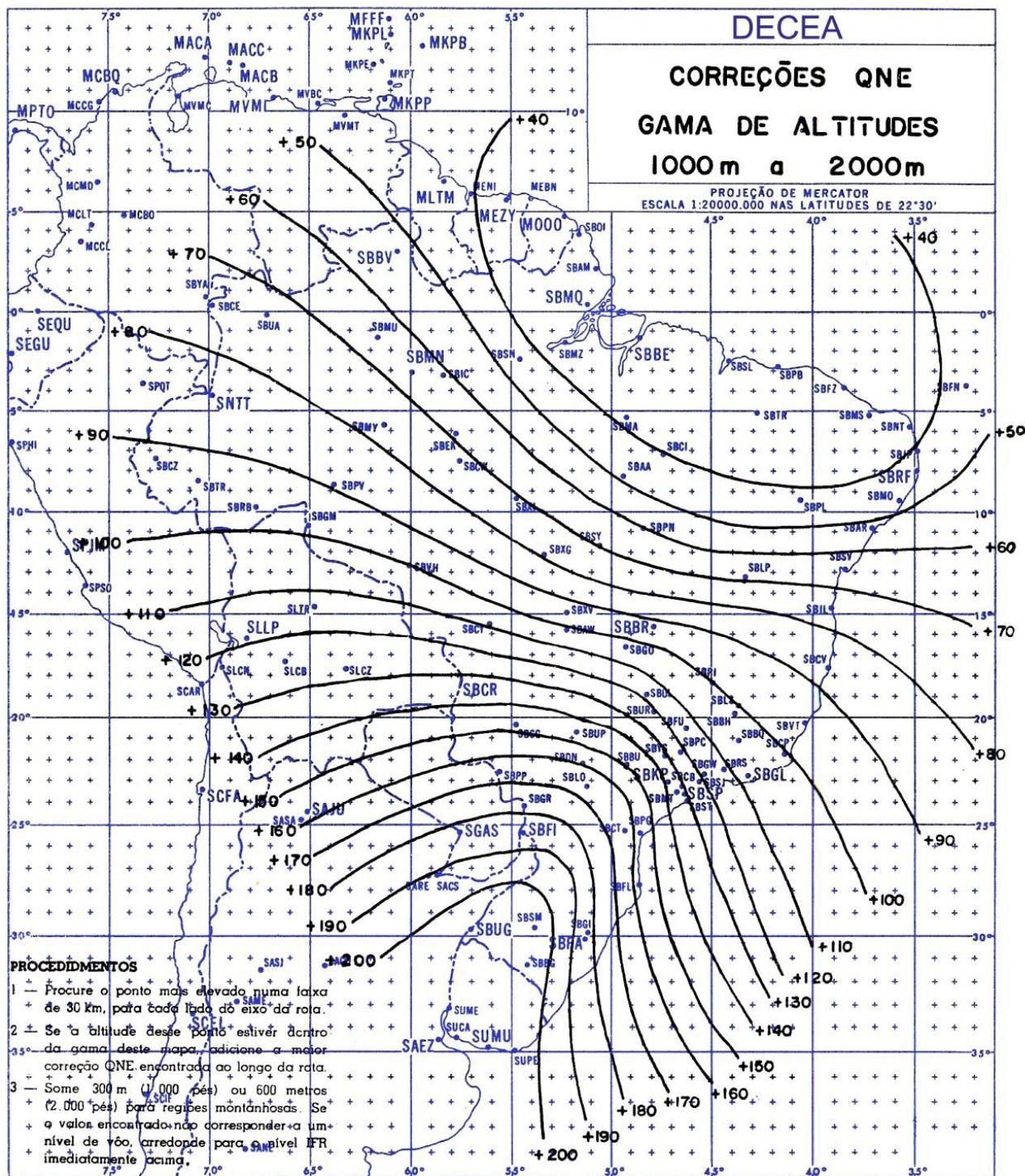


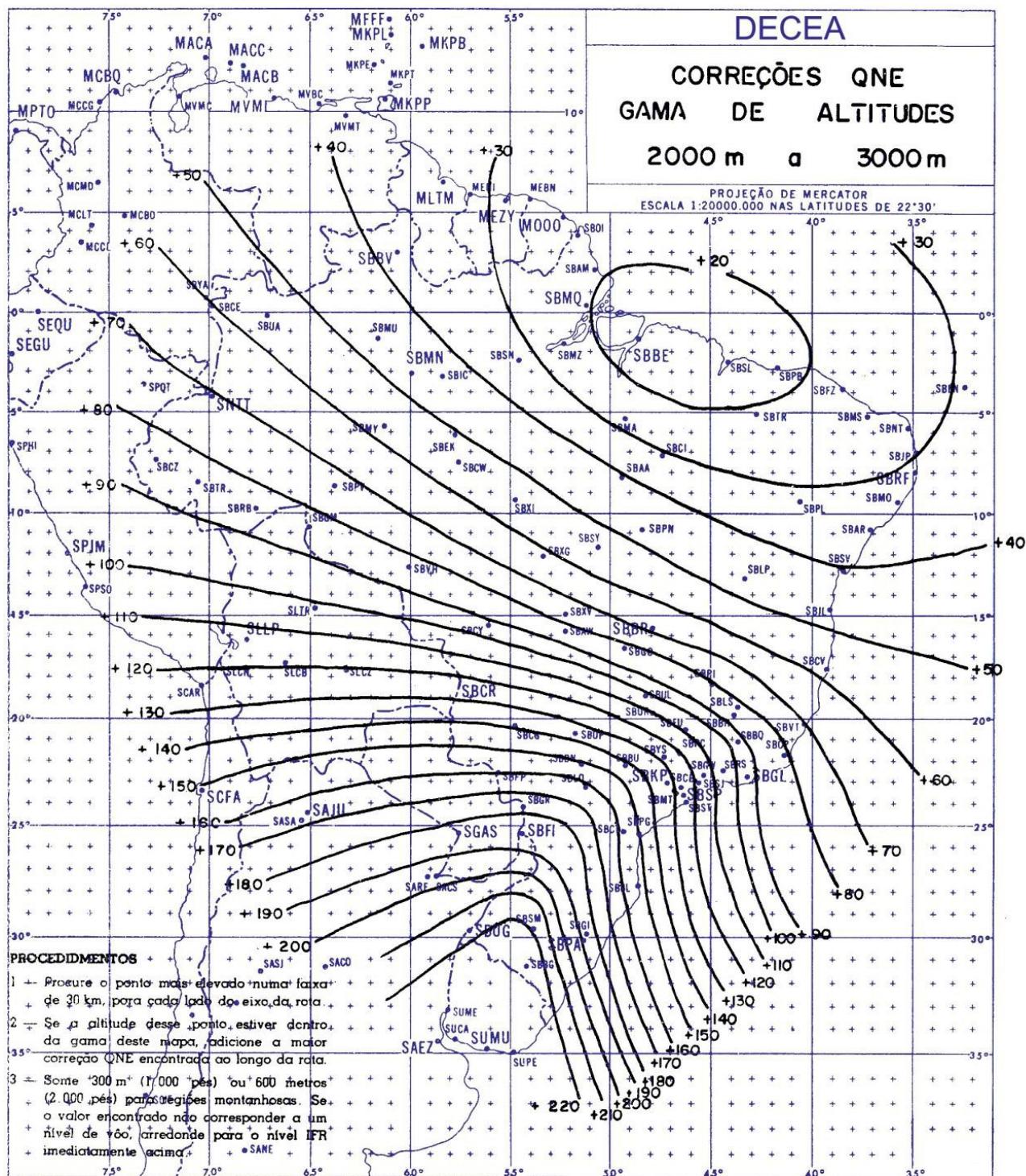


Definições de qualificadores e fenômenos meteorológicos

DESCRITOR	
MI – Baixo	Somente será utilizado com FG. Uma camada entre o solo e 2 m acima dele (nível suposto do olho do Observador Meteorologista) em que a visibilidade aparente é inferior a 1.000 m. Operacionalmente, MIFG pode causar problemas, pois as marcações das luzes da pista podem ficar ocultas.
BC – Bancos	Somente será utilizado com FG e indica a ocorrência de bancos de nevoeiro que cobrem aleatoriamente o aeródromo.
PR – Parcial	Somente será utilizado com FG e indica que uma parte do aeródromo está coberta por nevoeiro (visibilidade menor que 1.000 m). No entanto, no restante do aeródromo a visibilidade é de 1.000 m ou mais.
DR – Flutuante	Indica que o vento eleva a poeira, areia ou neve a uma altura menor que 2 m (nível suposto do olho do Observador Meteorologista).
BL – Soprada	Indica que o vento eleva a poeira, areia ou neve a uma altura superior a 2 m, em consequência há uma redução da visibilidade horizontal.
SH – Pancadas	Precipitação, com intensidade forte e de pouca duração, proveniente de nuvens convectivas. A pancada se caracteriza por começo e final bruscos, e, em geral, por mudanças fortes e rápidas de intensidade.
TS – Trovoada	Uma ou mais descargas bruscas de eletricidade atmosférica, que se manifestam por relâmpagos e por um ruído seco ou um estrondo surdo. As trovoadas estão associadas à nuvens CB e geralmente acompanhadas de precipitação. As nuvens CB produzem correntes ascendentes verticais que podem alcançar 60 kt nas células mais fortes. Também produzem correntes descendentes nas fases de desenvolvimento, com velocidades que se limitam aproximadamente à metade das que alcançam as correntes ascendentes.
FZ – Congelante	Utilizado somente com FG, DZ ou RA, quando a temperatura da água precipitada é inferior a 0°C. No impacto com o solo ou aeronaves, as gotas de água formam uma mistura de água e gelo liso. O nevoeiro congelante normalmente deposita sincelo e raramente gelo liso.







A	Anticyclone Anticiclone
ABM	Abeam Través
ABND	Abundant Abundante
ABT	About Ao redor de, cerca de
ABV	Above Acima
AC	Altocumulus Altocumulus
ACFT	Aircraft Aeronave
ACLT	Accelerate Acelerado, acelerar
ACPY	Accompany Acompanhado, acompanhar
ACT	Active, activity Ativo, ativado, atividade
ACTVTY	Activity Atividade
ACYC	Anticyclone Anticiclone
AD	Aerodrome Aeródromo
ADJ	Adjacent Adjacente, nas proximidades de nuvens
AFT	Afternoon À tarde
AGL	Above Ground Level Acima de nível do solo
AGN	Again Novamente
AHD	Ahead Adiante
AIREP	Air-report Aeronotificação
ALF	Aloft Em altitude, ao alto, superior
ALG	Along Ao longo
ALT	Altitude Altitude (altímetro no QNH)
AMD	Amend Emenda, emendar
ANCPT	Anticipate Antecipar
APP	Approach Aproximação, aproximar-se de
APRX	Approximate Aproximado, próximo
ARFOR	Area forecast Previsão de área
ARND	Around Ao redor, em volta
ARR	Arrival Chegada
AS	Altostratus Altostratus
ASC	Ascending to, climbing to Subindo para
AT	At Em
ATS	Air Traffic Service Serviço de tráfego aéreo

AWY	Airway Aerovia
BASE	Cloud base Base de nuvens
BASE FL	Base flight level Base do nível de voo
BCFG	Fog patches Bancos de nevoeiro
BD	Blowing dust Poeira soprada
BGN	Begin Começo
BHND	Behind Atrás
BINOVC	Breaks in overcast Encoberto com aberturas
BKN	Broken Nublado (5/8 a 7/8)
BLKT	Blanket Encobrir
BLO	Below clouds Abaixo das nuvens
BLSN	Blowing snow Neve soprada
BLZD	Blizzard Nevasca
BN	Blowing sand Areia soprada
BR	Brume Névoa úmida
BRK	Breaks Aberturas
BRR	Storm at sea Tempestade no mar
BTL	Between layers Entre camadas de nuvens
BTN	Between Entre
BTR	Better Melhor
BXO	Low Baixo
C	Calm Calmo
°C	Celsius degree Graus Celsius
CAT	Clear air turbulence Turbulência em ar claro
CAVOK	Ceiling and Visibility OK Teto e visibilidade OK
CB	Cumulonimbus Cúmulo-nimbos
CC	Cirrocumulus Cirrocúmulos
CDFRNT	Cold Front Frente fria
CHG	Change Mudar
CI	Cirrus Cirrus
CIG	Ceiling Teto
CIT	Intertropical confluence Confluência intertropical
CLD	Clouds Nuvens

CLM	Calm Calmo
CLR	Clear Claro
CLSD	Closed Fechado
CNG	Freezing Congelado, congelando
CNL	Cancel Cancelar
CNS	Continuous Contínuo, encoberto (8/8)
CNT	Continuous Contínuo
CNVRT	Convert Converter
CNVT	Convective Convectivo
COLD	Cold Frio
COR	Corrected Corrigido
CS	Cirrostratus Cirrostratus
CTR	Control Zone Zona de controle
CU	Cumulus Cumulus
CUF	Cumuliform Cumuliforme
CVR	Cover Cobertura
CYC	Cyclone Ciclone
D	Dust Poeira
DBTF	Doubtful Duvidoso
DCR	Decrease Diminuir
DDO	Decreassing Diminuindo
DEG	Degree Grau
DEP	Departure Decolagem, partida
DES	Descending to Baixado para, descendo para
DIF	Diffuse Difusa
DIS	Weakening Dissipando-se
DIST	District Distrito, região
DLA	Delay Atraso
DNS	Dense Denso
DP	Deep Profundo
DRFT	Drift Deriva, desvio
DRSN	Drifting Snow Neve em suspensão baixa
DRZL	Drizzle Chuvisco

DSIPT	Dissipate Dissipar
DSNT	Distant Distante
DTG	Date-time group Grupo data-hora
DTG	Deteriorating Deterioramento
DUC	Dense upper cloud Nuvem densa em altitude
DURG	During Durante
DURN	Duration Duração
DUST	Duststorm Tempestade de poeira
DVLP	Develop Desenvolver
DWPNT	Dew point Ponto de orvalho
DZ	Drizzle Chuvisco
E	East Leste
E	Estimated Estimado
EMBD	Embedded in layer Oculto numa camada
ENC	Overcast Encoberto (8/8)
ENDG	Ending Terminando
ENF	Weakening Enfraquecendo
ESC	Rime Escarcha
ESP	Scattered Esparsos
EST	Estimated, estimating Estimado, estimar
ETA	Estimating Arrival (hora) Estimada de chegada
ETD	Estimating departure (hora) Estimada de decolagem
ETE	Estimated Time Enroute Tempo Estimado de voo
EXP	Expect Esperado
EXTD	Extending Extendendo-se
EXTSV	Extensive Extenso
°F	Fahrenheit degree Grau Fahrenheit
F	Fog Nevoeiro
FBL	Feeble Leve
FC	Funnel Cloud Nuvem-funil, tornado, tromba d'água
FCST	Forecast Previsão
FEW	Few Pouco
FG	Fog Nevoeiro

FIR	Flight Information Region Região de Informação de Voo
FL	Flight Level Nível de voo
FLC	Flake(s) Floco(s)
FLRY	Flurry Nevada com vento
FLT	Flight Voo
FM	From De
FQT	Frequent Freqüente
FRONT	Front Frente
FROSFC	Frontal surface Superfície frontal
FRQ	Frequently Freqüentemente
FRZ	Freeze Congelar
FRZLVL	Freezing level Nível de congelação
FRZN	Frozen Congelado
FT	Feet, foot Pés, pé
FU	Fume, smoke Fumaça
FZDZ	Freezing drizzle Chuvisco glacial
FZFG	Freezing fog Nevoeiro glacial
FZRA	Freezing rain Chuva glacial
GFG	Ground fog Nevoeiro de superfície
GNDFG	Ground fog Nevoeiro de superfície
GR	Grèle Granizo, saraiva
GRADU	Gradually Gradualmente
GRDL	Gradually Gradualmente
GRS	Degrees Graus
GRZ	Hail Granizo, saraiva
GSTS	Gusts Rajadas
H	Haze Névoa-seca
H	High Alta (pressão)
HF	High frequency Alta freqüência
HI	High Alta (pressão)
HISTO	Hailstone Pedrisco
HPA	ou hPa Hectopascal Hectopascal
HR	ou hr Hour Hora

HURCN	Hurricane Furacão
HVY	Heavy Forte
HZ	Haze Névoa-seca
IAO	In and out Dentro e fora (das nuvens alternadamente)
ICE	Icing Formação de gelo
ICE MOD	Icing moderate Formação de gelo moderada
ICE SEV	Icing severe Formação de gelo forte (severa)
ICG	Icing Formação de gelo
ICGIC	Icing in clouds Formação de gelo nas nuvens
IFR	Instrument Flight Rules Regras de voo por instrumentos
IMC	Instrument meteorological conditions Condições meteorológicas por instrumentos
IMPR	Improve Melhora
IMT	Immediate Imediato
INC	In cloud Dentro das nuvens
INFO	Information Informação
INSTBY	Instability Instabilidade
INSTLN	Instability line Linha de instabilidade
INT	Intermittent Intermitente
INTER	Intermittently Intermitentemente
INTS	Intense Intenso
INTSF	Intensifying Intensificando(se)
INVRN	Inversion Inversão
IR	Ice in runway Gelo na pista
ISC	Drizzle Chuvisco
ISC GLA	Freezing drizzle Chuvisco glacial
ISOL	Isolated Isolado
ITCZ	Intertropical convergence zone Zone de convergência intertropical
JTST	Jet-stream Corrente de jato
k	Cold (kalt) Frio
KM	ou Km Kilometer Quilômetro
KT	Knots Nós
LAT	Latitude Latitude
LCL	Local Local

LEV	Light Leve
LKLY	Likely Provavelmente, provável
LN	Line Linha
LTG	Lightning Relâmpago
LV	Light and variable Leve e variável (vento)
LYR	Layer Camada
M ou m	Meter(s) Metro(s)
MAX	Maximum Máximo
MDT	Moderate Moderado
MET	Meteorological Meteorológico
MIFG	Shallow fog Nevoeiro baixo
MIMA	Nautical miles Milhas marítimas
MIST	Mist Névoa-úmida
ML	Stature mile Milha terrestre
MM ou mm	Milimeter Milímetro
MN	Minus Menos
MNLY	Mainly Principalmente
MNM	Minimum Mínimo
MOD	Moderate Moderado
MOD TURB	Moderate turbulence
MON	Above mountains Acima de montanhas
MOV	Move, moving Movendo-se
MSL	Mean sea level Nível médio do mar
MT	Mountain(s) Montanha(s)
MTW	Mountain waves Ondas de montanha
MX	Mixed type of ice formation Tipo misto de formação de gelo
N	North Norte
NC	No change Sem variação
NDB	Non-directional beacon Rádio-farol
NIL	None Nada a relatar
NM	Nautical mile Milha marítima (ou náutica)
NML	Normal Normal
NOSIG	No significant change Sem variação significativa

NR	Near Perto de
NS	Nimbostratus Nimbostratos
NSC	No significant cloud Sem nuvem significativa
OBS	Observation Observação
OBSC	Obscured Obscurecido
OCFNT	Occluded front Frente oclusa
OCLN	Occlusion Oclusão
OCN	Occasional Ocasional
OKTA	Okta Oitavo do céu coberto por nuvem
OTP	On top No topo
OVC	Overcast Encoberto (8/8)
PCPN	Precipitation Precipitação
PE	Pellets of ice Pelotas de gelo
PRES	Pressure Pressão
PRMT	Predominant Predominante
PROB	Probability Probabilidade
PROG	Prognostic Prognóstico
PRP	Precipitation Precipitação
PS	Plus Mais
PTE NUB	Scattered Parcialmente nublado (1/8 a 4/8)
QFE	(Question Field Elevation) Atmospheric pressure at aerodrome elevation Pressão atmosférica no nível do aeródromo.
QFF	(Question From the Field)
QFZ	Aerodrome meteorological forecast Previsão meteorológica de aeródromo
QNE	(Question Normal Elevation) Altimeter sub-scale set to 1013,25 hPa Sub-escala do altímetro ajustada para 1013,25 hPa
QNH	(Question Normal Height) Altimeter sub-scale set to altimeter setting Sub-escala do altímetro ajustada para o ajuste do altímetro
QSTNRY	Quasistationary Semi-estacionário
RA	Rain Chuva
RAFL	Rainfall Aguaceiro
RAG	Ragged Esfiapada (nuvem)
RAPID	Rapidly Rapidamente
RASH	Rain shower Pancada de chuva

RASN	Rain and snow shower Pancada de chuva e neve
RE	Recent Recente (na hora passada)
REDZ	Recent drizzle Chuvisco recente
REFZRA	Recent freezing rain Chuva glacial recente
REGR	Recent hail (grèle) Granizo (ou saraiva) na hora passada
RERA	Recent rain Chuva recente
RERASN	Recent rain and snow Chuva e neve recente
RESH	Recent shower Pancada recente
RESN	Recent snow Neve recente
RESNSH	Recent snow shower Pancada de neve recente
RETS	Recent thunderstorm Trovoada recente
RH	Relative humidity Umidade relativa
RMO POE	Dust devil Remoinho de poeira
RPD	Rapid Rápido
RPT	Repeat Repetir
RTE	Route Rota
RVR	Runway visual range Alcance visual da pista
RWY	Runway Pista
S	South Sul
SA	Duststorm ou sandstorm Tempestade de areia
SAND	Sandstorm Tempestade de areia
SC	Stratocumulus Stratocumulus
SCT	Scattered Parcialmente nublado (1/8 a 4/8)
SEV	Severe Forte, severo
SEV CAT	Severe clear air turbulence Turbulência forte em céu claro
SEV TURB	Severe turbulence
SFC	Surface Superfície
SG	Snow grains Grãos de neve
SH	Shower Pancada
SHWR	Shower Pancada
SIGCLD	Significant cloud Nuvem significativa
SIGMET	Significant meteorologic information Informação meteorológica significativa
SIG WX PROG	Significant weather prognosis Prognóstico do tempo significativo

SKC	Sky clear Céu claro
SMOG	Smog Nevoeiro com fumaça
SN	Snow Neve
SNOWTAM SNOWTAM SNOWTAM (mensagem de pista coberta de neve)	
SNSH	Snow shower Pancada de neve
SNW	Snow Neve
SPOT	Spot wind Vento instantâneo
SQ	Squall Tormenta
SQLN	Squall line Linha de tormenta ou instabilidade
SST	Supersonic transport Transporte supersônico
ST	Stratus Stratus
STF	Stratiform Estratiforme
STG	Strong Forte
STM	Storm Tempestade
STNR	Stationary Estacionário
SUP	Surface Superfície
SVR	Severe Forte, severo
TAC	Clear air turbulence Turbulência em céu claro
TAF	Aerodrome forecast Previsão de aeródromo
TAS	True airspeed Velocidade aerodinâmica verdadeira
TAT	True air temperature Temperatura do ar verdadeira
TCU	Towering cumulus Grande cumulus
TCYC	Tropical cyclone Ciclone tropical
TEMPO	Temporary Temporário
TEND	Trend-type forecast Previsão de acordo com a tendência
TMA	Terminal area Área (de) terminal
TOP	Top of cloud Topo de nuvem
TOP FL	Top of flight level Topo do nível de voo
TROF	Trough Cavado
TROWAL	Trough of warm air aloft Cavado de ar quente em altura
TRS	Tropical revolving storm Ciclone tropical
TRV	Tundershower Trovoada com pancada de chuva
TS	Thunderstorm Trovoada

TSGR	Thunderstorm with hail Trovoada com granizo
TSSA	Thunderstorm with duststorm Trovoada com tempestade de poeira
TSTM	Thunderstorm Trovoada
TSHWR	Thundershower Trovoada com pancada de chuva
TURB	Turbulence Turbulência
TYPH	Typhoon Tufão
UIR	Upper flight information região Região superior de informação de voo
UNSTBL	Unstable Instável
UTC	Universal time coordinated Hora universal coordenada
VC	Vicinity Vizinhança
VCNTY	Vicinity Vizinhança
VER	Vertical Vertical
VFR	Visual flight rules Regras de voo visual
VHF	Very high frequency Freqüência muito alta
VIO	Violent Violento, muito forte
VIS	Visibility Visibilidade
VMC	Visual meteorological conditions Condições meteorológicas visuais
VOLMET	Meteorological information for aircraft in flight Informação meteorológica para aeronave em voo
VRBL	Variable Variável
VSB	Visibility Visibilidade
VT	Validity time Tempo de validade ou hora de verificação
VTA	In sight À vista
W	West Oeste
WDSPR	Widespread Extenso
WKN	Weakening Dissipando-se
WND	Wind Vento
WRM	Warm Quente
WRMFNT	Warm front Frente quente
WS	Wind shear Gradiente de vento
WS WRNG	Wind shear warning Aviso de gradiente de vento
WTSPT	Waterspout Tromba d'água
WX	Weather Tempo (meteorologia)

WX PROG	Weather prognosis Prognóstico de tempo
X	Unknown Desconhecido
XXDZ	Heavy drizzle Chuvisco forte
XXFG	Heavy fog Nevoeiro forte
XXFZDZ	Heavy freezing drizzle Chuvisco glacial forte
XXGR	Heavy hail Granizo ou saraiva forte
XXRA	Heavy rain Chuva forte
XXRASN	Heavy rain and snow Chuva e neve forte
XXSA	Heavy sandstorm or duststorm Tempestade de poeira ou areia forte
XXSN	Heavy snow Neve forte
XXSNSH	Heavy snow shower Pancada de neve forte
XXTS	Heavy thunderstorm Trovoada forte
XXTSGR	Heavy thunderstorm with hail Trovoada forte com granizo
ZL	Freezing drizzle Chuvisco glacial
ZR	Freezing rain Chuva glacial

QAM Observação meteorológica de superfície.

QAN Direção e velocidade do vento à superfície.

QAO Direção e velocidade do vento em altitude.

QBA Visibilidade horizontal.

QBB Quantidade, tipo e altura de nuvens.

QFE Pressão local à superfície.

QFF Pressão ao nível do mar para fins meteorológicos.(Hpa)

QFT Formação de gelo em voo.

QFY Condições meteorológicas para pouso.

QFZ Condições meteorológica de aeródromo.

QMU Temperatura e ponto de orvalho à superfície.

QMX Temperatura do ar em voo.

QNE Pressão padrão ao nível do mar.

QNH Pressão ao nível do mar para ajuste.

QNI Turbulência em voo.

QNT Vento de rajada.

QNY Condições meteorológicas presentes.