

**Professor Edson Cabral**

edsoncab@usp.br

**AULA – PILOTOS DA TAM**

**17/05/2006**

**METEOROLOGIA AERONÁUTICA**

**13h30 às 17h30**

**Introdução**

**Definição de Meteorologia Aeronáutica**

**Finalidades**

**OACI / OMM**

**Redes de Estação Meteorológica**

**EMS / EMA / ERM / ERS**

**Redes de Centros Meteorológicos**

**CRPA / CMA / CMV**

**- Códigos e Mensagens Meteorológicas**

**- METAR / TAF / SIG WX e WIND ALOFT PROG / SIGMET**

**Fenômenos Meteorológicos**

**Trovoadas**

**Turbulência**

**Formação de Gelo**

**Wind Shear / Microburst**

## 1. INTRODUÇÃO À METEOROLOGIA AERONÁUTICA

*Meteorologia – ciência que estuda os fenômenos da atmosfera.*

*A Meteorologia se divide em:*

*Pura: voltado para a área da pesquisa – meteorologia sinóptica, dinâmica, tropical, polar etc.*

*Aplicada: voltado para uma atividade humana – meteorologia marítima, aeronáutica, agrícola, bioclimatologia etc.*

*Meteorologia Aeronáutica – ramo da meteorologia aplicado à aviação e que visa, basicamente, a segurança, a economia e a eficiência dos vôos.*

*A Meteorologia Aeronáutica vem obtendo, nas últimas décadas, um alto grau de desenvolvimento de técnicas de observação/previsão e sofisticação de equipamentos, acompanhando paralelamente a evolução da aviação e, nisso contribuindo para um maior grau de segurança e economia das operações aéreas.*

### BREVE CRONOLOGIA DA METEOROLOGIA NO SÉCULO XX

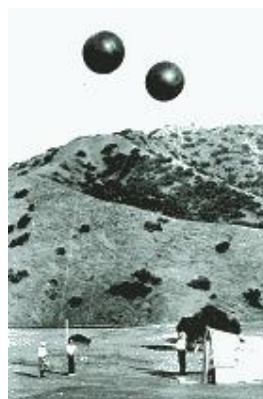
- 1920 – A Organização Meteorológica Internacional (OMI) cria a Comissão Técnica de Meteorologia Aeronáutica;
- Anos 30 – grande impulso da meteorologia com a elaboração da teoria das frentes (Escola Norueguesa);



Figura 1 – Aeronave da Marinha Norte Americana com um meteorógrafo preso às asas registrando pressão, temperatura e umidade em 13 de dezembro de 1934 .

(fonte: <http://www.photolib.noaa.gov/historic/nws/nwind18.htm>)

- *Anos 30 (final) – introdução da Radiossonda:*



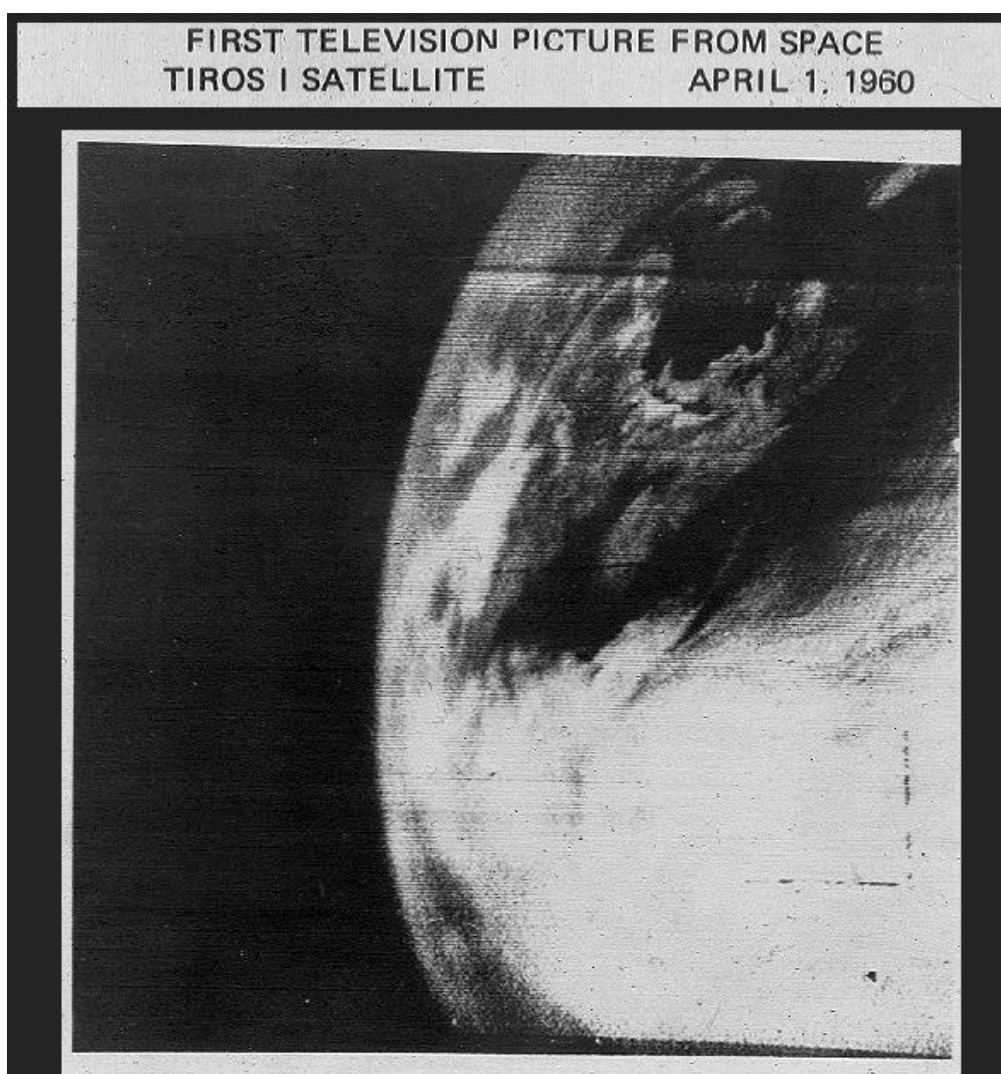
Figuras 2 e 3 – Meteorologistas preparando e lançando radiossondas (fonte: <http://www.noaa.gov>)

- *Anos 40 – utilização do Radar na Meteorologia;*



Figura 4 - Radar de superfície (fonte: <http://www.noaa.gov>)

- *Anos 50 (início) – introdução da previsão meteorológica numérica (Análise Sinótica e Previsão de Macro-Escala);*
- *1954 - A Organização de Aviação Civil Internacional (OACI/ICAO) e a Organização Meteorológica Mundial (OMM/WMO) firmam acordo de mútua cooperação;*
- *1960 – Lançamento do 1º satélite meteorológico – TIROS;*



Figuras 5 e 6 – Fotografia do equipamento e da primeira imagem do Satélite TIROS  
Fonte: <http://www.noaa.gov>.

- *Últimas décadas – Aplicação do Radar Doppler na Aviação;*
- *1994 – Implantação do Supercomputador do INPE*
- *Tempos recentes – difusão crescente da INTERNET na troca de informações meteorológicas e melhoria dos modelos de previsão e nos equipamentos de detecção de fenômenos adversos à aviação (turbulência, nevoeiros etc.).*

## 2. ORGANIZAÇÃO DA METEOROLOGIA

*Dois grandes organismos internacionais ligados à ONU (Organização das Nações Unidas) regem as atividades ligadas à Meteorologia Aeronáutica em termos mundiais: a OACI (Organização de Aviação Civil Internacional), com sede em Montreal (Canadá) e a OMM (Organização Meteorológica Mundial), com sede em Genebra (Suíça).*

*A OACI é o órgão dedicado a todas 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 vôos.*

*A OMM 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.*

*No Brasil, o Centro Nacional de Meteorologia Aeronáutica (CNMA) é o órgão que coleta todas as informações meteorológicas básicas fornecidos pela rede de estações meteorológicas e posteriormente faz a análise e o prognóstico do tempo significativo para sua área de responsabilidade – entre os paralelos 12°N/35° S e meridianos 025° W/130° W.*

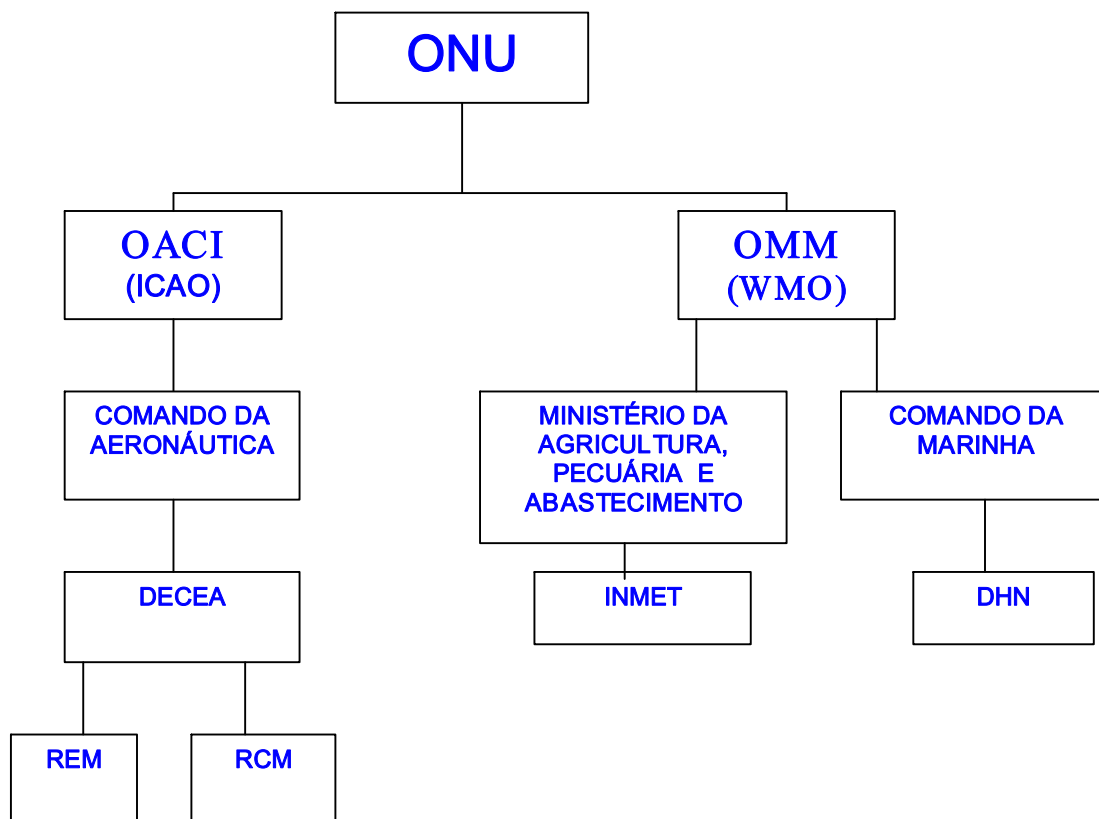
*Para desempenhar as atividades relacionadas à navegação aérea, a meteorologia brasileira está estruturada sob a forma de uma rede de centros meteorológicos (RCM) e estações de coleta de dados meteorológicos (REM). Além do Centro Nacional de Meteorologia Aeronáutica, existem outros Centros Meteorológicos Nacionais, classificados em classes de 1 a 3, de acordo com suas atribuições, assim como os Centros Meteorológicos de Vigilância responsáveis pela expedição de mensagens SIGMET e AIRMET para suas respectivas Regiões de Informação de Voo (FIR). Completando a Rede de Centros, existem também os Centros Meteorológicos Militares (CMM), que atuam exclusivamente para atender a Força Aérea Brasileira.*

*A Rede de Estações Meteorológicas é composta, por sua vez, de Estações Meteorológicas de Superfície (EMS), Estações Meteorológicas de Altitude (EMA), Estações de Radar Meteorológico (ERM) e Estações Receptoras de Imagens de Satélites (ERIS).*

*A responsabilidade das atividades da meteorologia aeronáutica no Brasil está a cargo do Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA (do Comando da Aeronáutica) e da Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária (INFRAERO), que é responsável, nesse sentido, por uma grande parte desses serviços em todo o território nacional.*

*Como membro da OACI, o Brasil assumiu compromissos internacionais com vistas a padronizar o serviço de proteção ao voo de acordo com os regulamentos dessa organização. Sendo assim, o DECEA normaliza e fiscaliza os serviços da área de Meteorologia conforme os padrões da OMM, OACI e interesses nacionais.*

Figura 7 – Organograma de organizações da área de Meteorologia.



### 3. CÓDIGOS METEOROLÓGICOS

*Nas Estações Meteorológicas de Superfície, existentes em mais de 100 aeródromos brasileiros, são confeccionados e difundidos de hora em hora, boletins meteorológicos onde constam as informações reais da área do aeródromo e que servirão de base às operações de pouso e decolagem.*

*Temos a elaboração de 2 tipos de boletim que são difundidos para fora do aeródromo – METAR e SPECI; o boletim ESPECIAL, confeccionado quando há a elevação de 2°C ou mais desde a última observação ou quando for constatada a presença de turbulência moderada ou forte ou gradiente de vento, fica restrito ao âmbito do aeródromo e o boletim LOCAL, quando ocorre um acidente aeronáutico na área do aeródromo e vizinhanças, fica somente registrado no impresso climatológico da estação.*

*Os Boletins METAR e SPECI podem ser encontrados nas Salas AIS e também no site do CNMA de Brasília – <http://www.redemet.aer.mil.br>.*

#### **METAR**

**Ex. METAR SBGR 272200Z 18015G25KT 0800 R09/1000N R27/1200D  
+RA BKN012 OVC070 19/19 Q1012 RETS WS LDG RWY 27=**

*Decodificação:*

*METAR – Identificação do Código - Boletim meteorológico regular para fins aeronáuticos.*

**SPECI** – *Boletim meteorológico especial selecionado – informado nos horários em que não for previsto o Boletim METAR e quando houver alteração significativa nas informações contidas na última mensagem.*

**SBGR** – *Indicador de Localidade – S > América do Sul; B > Brasil; GR > Guarulhos. Outros indicadores de localidade podem ser consultados na publicação ROTAER existente nas Salas AIS.*

*Outros indicadores – SBSP – São Paulo (Congonhas); SBMT – Campo de Marte; SBKP – Campinas (Viracopos); SBRP (Ribeirão Preto); SBBU – Bauru; SBDN – Presidente Prudente; SBSJ – São José dos Campos.*

**272200Z** – *Grupo Data Hora – indica o dia e a hora (UTC) em que foi expedida a Observação.*

**18015G25KT** – *Indica o vento em superfície; no caso, soprando do quadrante Sul (180°), com 15 nós de intensidade e 25 nós de rajadas.*

*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).*

*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).*

*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. É identificada pela letra **G** (Gust).*

*O vento calmo é indicado nos boletins quando a intensidade do vento for menor que 1 kt e representado por **00000KT**.*

*O vento variável apresenta duas possíveis situações:*

- 1) A variação total da direção for de 60° ou mais, porém menos de 180° com velocidade inferior a 3 kt, será informado o vento variável; ex.: **VRB02KT**.*

2) Quando a variação da direção for de 180° ou mais com qualquer valor de velocidade; ex: VRB23kt

Obs: Quando as variações da direção do vento forem de 60° ou mais, porém menos que 180°, e a velocidade média do vento for igual ou maior que 3kt, as duas direções extremas deverão ser informadas na ordem do sentido dos ponteiros do relógio, com a letra V inserida entre as duas direções. Ex: 31015G27KT 280V350

0800 – visibilidade horizontal predominante estimada em 800 metros. O OBM 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:

- de 50 em 50 metros até 800 metros;
- de 100 em 100 metros, de 800 a 5.000 metros;
- de 1.000 em 1.000 metros, de 5.000 até 9.000 metros.
- Para valores a partir de 10.000 metros, informa-se 9999.

Obs.: Para visibilidades menores que 50 metros, informa-se 0000.

Além da visibilidade predominante, será informada a visibilidade mínima quando esta for inferior a 1.500 metros 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:

1) 8.000 m de visibilidade predominante e 1.400 m no setor sul – 8000  
1400 S

2) 6.000 m de predominante e 2.800 m no setor nordeste – (6.000  
2800NE)

Obs: Quando for observada visibilidade mínima em mais de uma direção, deverá ser notificada a direção mais importante para as operações.

**R09/1000N R27/1200D** – Alcance visual na pista 09 igual a 1000 metros sem variação e, na pista 27, igual a 1.200 metros e com tendência à diminuição. O Alcance Visual na Pista é registrado pelos visibilômetros ou diafanômetros, instalados nos principais aeroportos e quando a visibilidade horizontal for menor que 2.000 metros.

*Obs.:*

1) quando não houverem diferenças significativas entre os valores de duas ou mais pistas, informa-se somente o R seguido do valor medido (ex.: R1000).

2) 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.

3) Após o valor do RVR, informa-se a tendência de variação, com as letras N (sem variação), U (tendência a aumentar) e D (tendência a diminuir).

1) Se o valor for menor que o parâmetro mínimo que o equipamento pode medir, informa-se M; ex.: R09/0050M – M inferior a 50 metros.

2) Se o valor for maior que o parâmetro máximo que o equipamento pode medir, informa-se P; ex.: R09/P2000 – P superior a 2.000 metros.

**+ RA** – Grupo de tempo presente; no caso é indicada chuva (Rain) forte. Ver a Tabela 4678 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) e pancadas (SH).

A névoa úmida somente será informada nos boletins quando a visibilidade horizontal estiver entre 1.000 e 5.000 metros; 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 descritor TS será utilizado isoladamente para indicar trovoadas sem precipitação e, combinado adequadamente quando da existência de precipitação. Ex.: trovoadas com chuva moderada => TSRA.*

**BKN012 OVC070** – Nublado com 1.200 pés e encoberto com 7.000 pés. Indica o grupo de nebulosidade existente sobre o aeródromo ou a visibilidade vertical no caso da existência de nevoeiro de céu obscurecido.

Quantidade: indica com abreviaturas para as seguintes coberturas do céu:

- FEW – poucas – 1/8 ou 2/8
- SCT – esparsas – 3/8 ou 4/8
- BKN – nublado – 5/8, 6/8 ou 7/8
- OVC – encoberto – 8/8

Altura: base das nuvens informada em centenas de pés.

Tipo: informa-se para os gêneros TCU (Cumulus Congestus) ou Cb (Cumulonimbus). Ex.: SCT030CB – cumulonimbus esparsos a 3.000 pés.

O céu claro será expresso como SKC (SKY CLEAR) e o céu obscurecido será informado pela visibilidade vertical, também em centenas de pés. Ex.: VV001 – visibilidade vertical de 100 pés (30 metros).

**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.

**Q1012** – indica o valor do ajuste do altímetro em hectopascals (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.

**RETS WS LDG RWY 27** – trovoadas recentes e wind shear na pista 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, TEMPO e NOSIG. Ex.: METAR SBGR 271500Z 4000 BR FEW020 18/16 Q1018 BECMG FM 1530 TL 1600 2000 – indica mudança de visibilidade entre 1530 e 1600 UTC, prevalecendo após esse horário.

**CAVOK** – significa Ceiling and Visibility OK, ou seja, teto e visibilidade OK. É empregado nos boletins em substituição aos grupos de visibilidade, RVR, tempo presente e nebulosidade. Deve ser informado quando ocorrerem as seguintes condições:

- Visibilidade  $\geq$  10.000 metros
- Ausência de nuvens abaixo de 5.000 pés (1.500 metros)
- Ausência de precipitação e Cb na área do aeródromo.

EX.: METAR SBGR 271500Z 0000KT CAVOK 22/18 Q1015=

**Exemplos de METAR nacionais:**

**Estado de São Paulo**

**Mensagens do dia: 09/04/2004 às 17 Horas.**

SBGR 091700 12004KT 9000 SCT025 SCT030 BKN300 26/20 Q1017=  
 SBSP 091700 19009KT 9999 SCT030 BKN300 25/19 Q1018=  
 SBMT 091700 15003KT 8000 BKN025 BKN300 29/19 Q1017=  
 SBSJ 091700 00000KT 6000 BKN020 29/20 Q1015=  
 SBSJ 091730 26017KT 4000 -TSRA BKN020 FEW030CB 24/17 Q1015=  
 SBRP 091700 07002KT 9999 BKN030 BKN080 34/19 Q1013=  
 SBST 091700 18010KT 9999 BKN025 BKN090 29/23 Q1015=  
 SBYS 091700 00000KT 9999 BKN040 BKN300 29/17 Q1014=  
 SBUP 091700 07005KT 9999 BKN028 FEW030TCU 30/20 Q1013=

SBUP 091730 13007KT 5000 -TSRA BKN028 FEW030CB SCT100 26/23 Q1 013=

### ***Capitais brasileiras***

**Mensagens do dia: 09/04/2004 as 17 Hora(s).**

SBPA 091700 16011KT 9999 BKN030 27/// Q1017=  
 SBFL 091700 17011KT 9999 FEW030 27/21 Q1016=  
 SBCT 091700 09008KT 9999 BKN030 24/17 Q1019=  
 SBSP 091700 19009KT 9999 SCT030 BKN300 25/19 Q1018=  
 SBGL 091700 10013KT 9000 SCT025 FEW030TCU SCT090 29/24 Q1013=  
 SBVT 091700 03020KT 9999 FEW030TCU 30/24 Q1013=  
 SBSV 091700 08012KT 9999 SCT017 32/23 Q1012=  
 SBRF 091700 14005KT 9999 FEW023 BKN300 30/21 Q1012=  
 SBAR 091700 12008KT 9999 SCT017 SCT300 31/25 Q1012=  
 SBFZ 091700 12012KT 9999 SCT020 SCT100 30/23 Q1010=  
 SBBE 091700 11006KT 9999 BKN020 32/24 Q1009=  
 SBEG 091700 00000KT 9999 SCT012 BKN330 30/// Q1010 =

### ***Exemplos de METAR internacionais:***

**Mensagens do dia: 09/04/2004 as 18 Hora(s).**

SAEZ 091800 11014KT 9999 FEW040 BKN200 22/12 Q1024=  
 SACO 091700 18002KT 6000 BR OVC004 16/13 Q1025=  
 SUMU 091800 12015KT 9999 BKN017 SCT080 20/10 Q1024 NOSIG TURB MOD  
 06 LDG RWY06=  
 SCEL 091800 17011KT 9999 SCT140 SCT250 26/10 Q1015 NOSIG=  
 SPIM 091800 23006KT 9000 SCT270 25/19 Q1012 NOSIG=  
 SVMJ 091800 29009KT 9999 SCT016 31/24 Q1010 NOSIG=  
 SLLP 091700 12010KT 080V170 9999 SCT020 13/04 Q1039=  
 SLVR 091700 VRB03KT 9999 SCT020 31/20 Q1014=

**TAF** – *Terminal Aerodrome Forecast – Previsão Terminal de Aeródromo, confeccionada a cada 6 horas por um CMA-1. As previsões para os aeródromos internacionais tem validade de 24 horas e os domésticos 12 horas.*

*Ex.: TAF SBGR 271000Z 271212 18010KT 2000 BR SCT020 BKN070  
 TX26/19Z TN22/06Z TEMPO 1518 12008G25KT TS SCT030CB  
 BECMG 1820 13008KT RA OVC030=*

*DECODIFICAÇÃO:*

**TAF** – *identificador do código.*

**SBGR** – *indicador de localidade – Aeródromo de Guarulhos.*

**271000Z** – *data e hora de confecção da previsão. Dia 27 às 1000 UTC.*

**271212** – validade da previsão – identifica o dia, a hora de início e a hora do final da validade da previsão. Dia 12 UTC do dia 27 às 12 UTC do dia 28.

**18010KT** – indica o vento previsto – vento de 180° com 10 nós.

**2000** – indica a visibilidade horizontal prevista – 2000 metros de visibilidade.

**BR** – indica o tempo presente previsto – névoa úmida.

**SCT020 BKN070** – indica o grupo de nebulosidade prevista – nuvens esparsas com base a 2.000 pés e nublado a 7.000 pés.

**TX26/19Z TN22/06Z** – temperaturas máxima e mínima previstas e respectivos horários – temperatura de 26°C prevista para as 1900 UTC do dia 27 e temperatura de 22°C prevista para as 0600UTC do dia 28.

**TEMPO 1518** – Previsão de mudança temporária entre 15 e 18 UTC, com as seguintes condições: 12008G25KT TS SCT030CB e mudança gradual (BECMG) com a permanência posterior entre 18 e 20UTC: 13008KT RA OVC030=

Outras abreviaturas – FM (From) – a partir de determinado horário e PROB – probabilidade de 30 ou 40% de ocorrer a mudança em um período de tempo.

#### **TAF DAS 1800Z – Nacionais**

##### **Mensagens do dia 09 de abril de 2004 – TAF das 18h00**

SBGR 091800-101800 12005KT 9999 FEW020 BECMG 2022 SCT015 BECMG 0204 8000 NSC PROB30 0711 3500 BR BKN010 BECMG 1214 9999 SCT035 TN18/09Z TX27/17Z=

SBSP 091800-101800 15005KT 9999 SCT015 BECMG 1921 18005KT 8000 FEW017 BECMG 2301 15005KT FEW013 BECMG 0305 00000KT SKC PROB30 0810 4000 BR BKN008 BECMG 1113 FEW020 BECMG 1517 18005KT 9999 SCT030 TN19/09Z TX27/17Z=

SBST 091800-100600 17005KT 9999 SCT030 BECMG 2301 8000 SKC TX28/19Z TN22/06Z=

SBSJ 091800-101800 17005KT 9999 FEW020 BECMG 0103 FEW014 BECMG 0507 4000 BR NSC BECMG 1113 8000 NSW FEW020 TN19/09Z TX28/17Z=

SBDN 091800-100600 12008KT 9999 FEW030 PROB40 TEMPO 1923 5000 TSRA BKN030 FEW035CB TX33/18Z TN23/06Z=

SBRP 091800-101800 0000KT 9999 SCT035 BECMG 2022 15005KT 9999  
FEW035 BECMG 0103 CAVOK BECMG 0608 8000 SKC BECMG 1113 9999  
FEW035 BECMG 1517 SCT035 TX32/19Z TN19/09Z=

***TAF DAS 1800Z – INTERNACIONAIS***

**Mensagens do dia 09 de abril de 2004 – 18h00**

SAEZ 091800-101800 09012KT 999 NSC PROB30 TEMPO02201 11008KT 9000 -  
VCRA SCT030 BKN070 BECMG 0812 09005KT 7000 BR NSC FM1300 05008KT  
CAVOK=

SUMU 091800-101800 14015G25KT 9999 BKN015 PROB30 TEMPO 1823 8000  
RADZ BKN010 OVC060 BECMG 2200 16020KT 9999 SCT010 BKN017=  
SACO 091200-101200 18010KT 2000 BRDZ OVC005 PROB40 TEMPO 1214 1500  
TSRA OVC006 FEW040CB BECMG 1416 14010KT 8000 RADZ SCT008 OVC020=  
SGAS 091800-101800 12003KT 9999 FEW040 BECMG 0003 12010KT 9999  
SCT027 BKN080 BECMG 0912 14012KT 9999 BKN033 OVC070 ISOLCB PROB40  
TEMPO 1417 22015KT 3000 TSRA BKN017 FEW040CB OVC070 TX34/19Z  
TN22/09Z=

SVMI 091800-101800 VRB08KT 9999 FEW016 TEMPO 2002 SCT016 FM02  
00000KT 9999 FEW016 =

SPIM 091200-101200 20003KT 6000 SCT010 SCT100 TX25/19Z TN19/11Z  
PROB30 TEMPO 1214 29005KT 3500 BR BKN010 SCT100 BECMG 1416 24005KT  
9000 FEW013 SCT100 FM16 CAVOK TEMPO 1824 21012KT CAVOK=

SLVR 091800-101800 VRB03KT 9999 SCT017 SCT200 BECMG 2301 22005KT  
NSC TX31/20Z TN18/11Z=

SLLP 091800-101800 12010KT 9999 FEW020 TEMPO 1922 FEW023CB BECMG  
2201 NSC TX15/19Z TN02/11Z=

SAME 091800-101800 14005KT 9999 OVC020 PROB40 8000 DZ=

SLCB 091800-101800 14008KT 9999 FEW033 SCT080 PROB30 FEW036CB  
BECMG 0002 00000KT NSC TX29/19Z TN11/10Z=

SCEL 091800-101200 21012KT 7000 SCT150 TX27/19Z TEMPO 1800 SCT060  
BKN130 BECMG 0002 VRB03KT TN11/10Z=

**GAMET** – *Previsão de fenômenos significativos que deverão ocorrer entre o solo e o FL 100 ou FL 150 (em regiões montanhosas), dentro de uma FIR ou subárea, confeccionada por um CMA-1 e com validade de 6 horas, principiando às 00, 06, 12 e 18Z.*

*EX.: SBRE GAMET VALID 200600/201200 RECIFE FIR*

*SFC WSPD 08/10 25KT*

*SFC VIS 06/08 N OF 18DEG S 2000M*

*CLD 06/08 OVC 800FT N OF 12 DEG S*

*TURB MOD FL090*

*SIGMET APLICABLE: 2 e 4*

*(Previsão FIR Recife das 0600Z às 1200Z do dia 20; vento de superfície entre 0800Z e 1000Z de 25kt; visibilidade de 2000 m entre 0600Z e 0800Z ao norte da latitude 18° Sul; entre 0600Z e 0800Z, céu encoberto a 800 FT ao norte da latitude 12° Sul; turbulência moderada no FL090; SIGMET n°s 2 e 4 – aplicáveis à FIR).*

**SIGMET** – Mensagem em linguagem abreviada, expedida por um Centro Meteorológico de Vigilância (CMV), sobre fenômenos observados ou previstos em rota que possam afetar as aeronaves em voo acima do FL100. Para vôos transônicos ou supersônicos a mensagem é denominada SIGMET SST.

*EX.: SBCW SIGMET 3 VALID 171230/171630 SBCT CURITIBA FIR SEV TURB FCST FL250 NC=*

*(SIGMET n° 3 válido para o dia 17 entre 1230UTC e 1630UTC emitido pelo CMV Curitiba prevendo turbulência severa no FL250 para a FIR Curitiba).*

**AIRMET** – Mensagem semelhante ao SIGMET, expedida por um CMV, voltada para aeronaves em níveis baixos (até o FL100).

*EX.: 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).*

**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.

*EX.: AVISO DE AERODROMO VALIDO 121600/121800 PREVISTO VENTO FORTE/RAJADA SUPERFÍCIE 31020/45KT PARA SBSP/SBMT/SBGR=*

**AVISO DE GRADIENTE DO VENTO** – Mensagem elaborada por um **CMA-1** sobre variações significativas de vento (direção e/ou velocidade) que possam afetar as aeronaves em trajetória de aproximação, entre o nível da pista e uma altura de 500 metros, assim como aeronaves na pista durante o pouso e a decolagem.

*EX.: WS WRNG VALID 201400/201800 SBKP 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 Viracopos – Campinas).*

## 4. CARTAS METEOROLÓGICAS

### CARTAS SIGWX

*Cartas confeccionadas 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 e FL450/FL630 (vôos supersônicos). A validade das cartas é de 6 horas, sendo que na legenda aparece o horário médio da carta. Ex.: Carta das 1800UTC tem validade entre 15 e 21 UTC.*



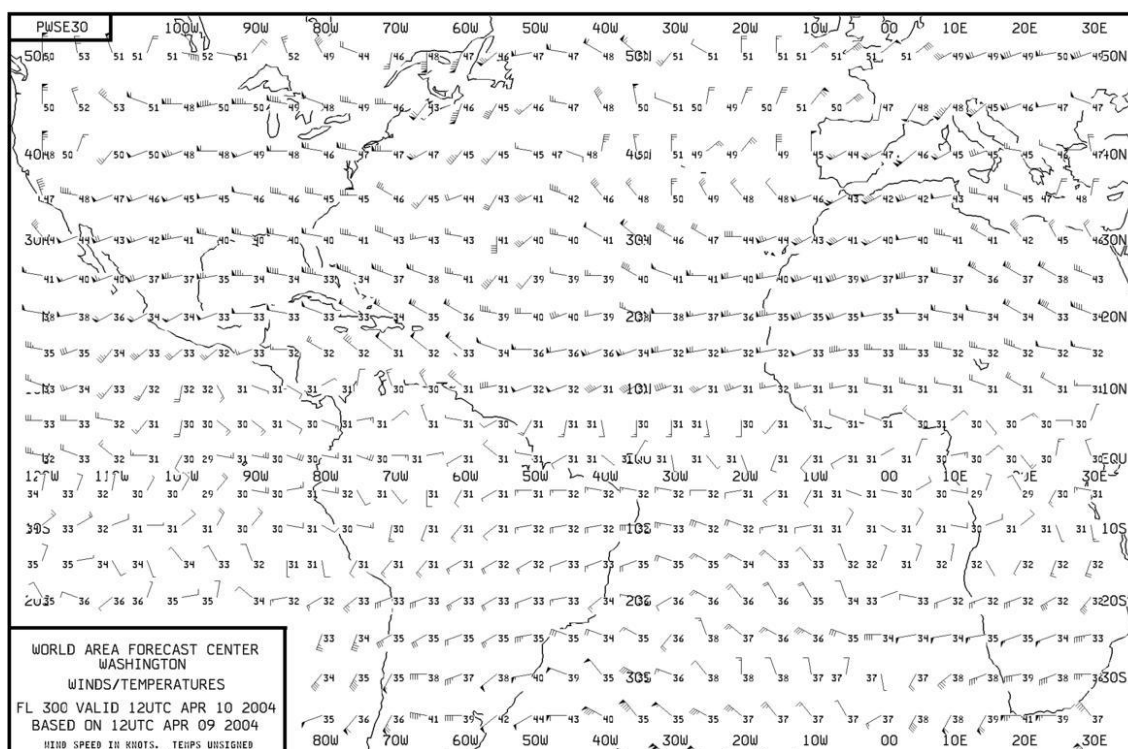


Figura 9 – Carta WIND ALOFT PROG do dia 09 de abril de 2004 – 12h00 UTC – FL300

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

## 5. FENÔMENOS METEOROLÓGICOS

### HIDROMETEOROS

*Fenômenos meteorológicos formados pela agregação de moléculas de vapor d'água em torno de núcleos de condensação ou higroscópicos (sal marinho, fuligem, pólen, poeira, areia) através dos processos de condensação ou sublimação.*

#### DEPOSITADOS

- *Orvalho – condensação de vapor d'água sobre superfície mais fria.*
- *Geadas – sublimação do vapor com temperatura por volta de 0°C – Em princípio as geadas não causam grandes danos à aeronavegabilidade e podem se formar tanto no solo quanto em vôo, depositando-se em fina camada, aderindo aos bordos de ataque, pára-brisa e janelas dos aviões. Quando a aeronave desce de uma camada superesfriada 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 o gelo pode reduzir momentaneamente a visibilidade do piloto devido a sublimação no pára-brisa, devendo esse gelo ser removido com o uso dos próprios limpadores. As geadas ocorrem também em superfície, particularmente em noites claras de inverno, devido à perda radiativa, em ondas longas, do calor do solo para o espaço.*

- *Escarcha – sublimação do vapor d'água em superfícies verticais como árvores.*

## SUSPENSOS

- **NUVENS** – *fenômenos meteorológicos formados a partir da condensação ou sublimação do vapor d'água na atmosfera. Conjunto, ou aglomerado de partículas de água, líquidas e/ou sólidas, em suspensão na atmosfera.*

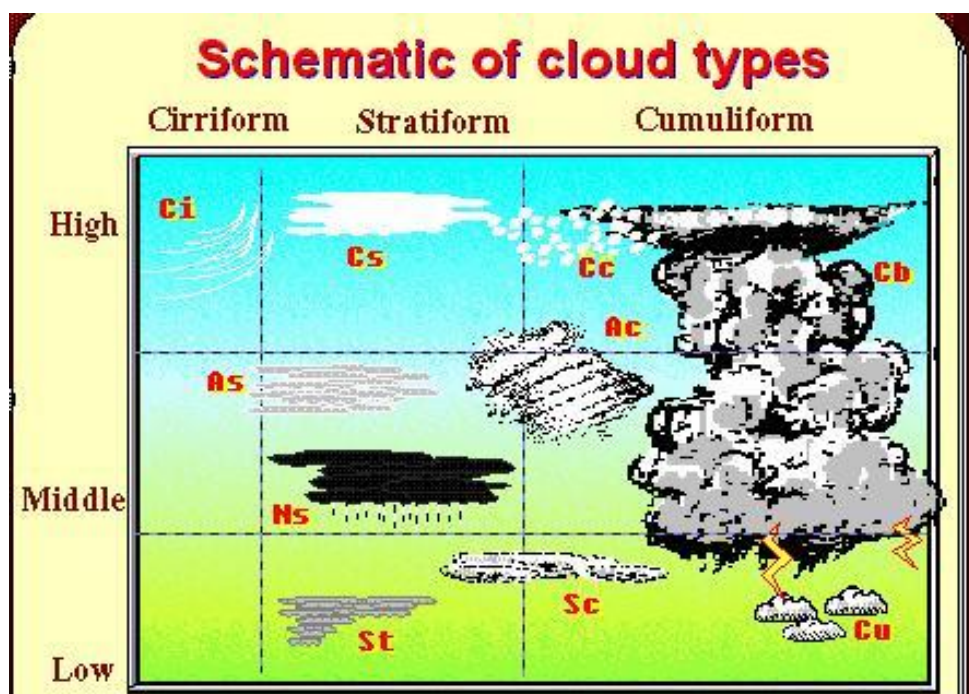


Figura 10 – Esquema de gêneros de nuvens conforme a altura

Fonte: Cabral e Romão (2000)

### Formação:

- *Alta umidade relativa*

- Núcleos higroscópios ou de condensação (sal, pólen, fuligem, material particulado)
- Processo de condensação/sublimação

As nuvens denotam a condição de estabilidade ou instabilidade da atmosfera, de acordo com sua aparência e forma.

Conforme o aspecto físico, as nuvens podem ser, em linhas gerais:

- Estratiformes – aspecto de desenvolvimento horizontal e pouco desenvolvimento vertical; podem ocasionar chuva leve e contínua (ex.: As);
- Cumuliformes – possui grande desenvolvimento vertical; denota uma atmosfera mais turbulenta (ex.: Cu e Cb);
- Cirriformes – origina-se de fortes ventos em altitude; são formados por cristais de gelo (ex.: Ci)

ESTÁGIOS DE FORMAÇÃO DAS NUVENS*		
ESTÁGIO ALTO (acima de 8 km)	Cirrus (Ci)	Cristais de gelo
	Cirrocumulus (Cc) Cirrostratus (Cs)	
ESTÁGIO MÉDIO (de 2 a 8 km)	Nimbostratus (Ns)	Cristais de gelo e gotículas d'água
	Altostratus (As)	
	Alto cumulus (Ac)	
ESTÁGIO BAIXO (de 100 pés a 2 km)	Stratocumulus (Sc) Stratus (St)	Gotículas d'água
GRANDE DESENVOLVIMENTO VERTICAL (base aproximada de 3000 pés até topos de até 30 km)	Cumulus (Cu)	Gotículas d'água e cristais de gelo
	Cumulonimbus (Cb)	

\*Latitudes tropicais

**ESTÁGIO ALTO** (*a partir de 4 km nos pólos, 7 km nas latitudes temperadas e 8 km nas latitudes tropicais*)

- *Cirrus* – *prenciam o avanço de sistemas frontais e podem estar associadas à Corrente de Jato (Jet Stream);*
- *Cirrostratus* – *véu de nuvens formando um halo em torno do sol ou da lua;*
- *Cirrocumulus* - *indicam ar turbulento em seus níveis de formação.*

**ESTÁGIO MÉDIO** (*alturas entre 2 e 8 km*)

- *Nimbostratus* – *cinzentas e espessas, podem dar origem à chuva ou neve leve ou moderada de caráter contínuo;*
- *Altostratus* – *véu que normalmente cobre todo o céu e pode gerar chuva de intensidade leve e caráter contínuo;*
- *Alto cumululus* – *formadas em faixas ou camadas, associadas ao ar turbulento de camadas médias, não gerando normalmente precipitação.*

**ESTÁGIO BAIXO** (*entre 30 metros e abaixo de 2.000 metros*)

- *Stratocumululus* – *nuvens de transição entre St e Cu*
- *Stratus* – *nuvens com as alturas mais baixas e que podem ocasionar chuvisco, com forte restrição de visibilidade e teto.*

**NUVENS DE DESENVOLVIMENTO VERTICAL** (*formam-se próximas do solo e devido à alta instabilidade atmosférica chegam a altitudes muito elevadas*)

- *Cumululus* – *nuvens isoladas e densas, com contornos bem definidos, denotam turbulência e podem gerar precipitação em forma de pancadas;*

- *Cumulonimbus* – nuvens que geram as trovoadas, pancadas de chuvas e granizo, fortes rajadas de vento e alta turbulência – os pilotos devem **evitá-las**.



Figura 11 – Quadro de nuvens

Fonte: Torelli, D.

## PROCESSOS DE FORMAÇÃO DAS NUVENS:

- **RADIATIVO** – *principalmente no inverno, com a perda radiativa de energia em radiação de ondas longas, resfriamento da superfície e formação de nuvens baixas (St) ou nevoeiros.*
- **DINÂMICO (frontal)** – *ocorre nas áreas de frentes (frias ou quentes), pela ascensão do ar na rampa frontal, com o conseqüente resfriamento e condensação.*

- **OROGRÁFICO** – *devido à presença do relevo, com o ar úmido subindo a elevação, se resfriando, condensando sob a forma de nuvens à barlavento.*
- **CONVECTIVO** – *formado pelas correntes ascendentes devido ao aquecimento basal, particularmente na primavera e verão. Formam Cumulus e muitas vezes Cumulonimbus, principalmente nas tardes.*
- **Nevoeiro** – *fenômeno meteorológico resultante da condensação e/ou sublimação do vapor d'água próximo da superfície e que restringe a visibilidade horizontal a menos de 1.000 metros. É fator de risco com relação às operações aéreas pois pode causar a restrição operacional de um ou mais aeródromos durante várias horas, principalmente no outono/inverno no sudeste e sul do Brasil.*



Figura 12 – Nevoeiro reduzindo a visibilidade horizontal

Fonte: <http://www.meteochile.cl>

### **Formação:**

- *Alta umidade relativa do ar – próxima de 100%*
- *Presença de grande quantidade de núcleos higroscópios*
- *Ventos relativamente fracos.*

**TIPOS OPERACIONAIS:**

*Nevoeiro de superfície – ocorre mais próximo da superfície, sem grande espessura e permite observar o céu, outras nuvens e obstáculos naturais;*

*Nevoeiro de céu obscurecido – restringe, além da visibilidade horizontal, também a visibilidade vertical (Ex.: METAR – VV001)*

**CLASSIFICAÇÃO DOS NEVOEIROS:**

***Massas de Ar – formam-se dentro de uma mesma massa de ar***

- 1) Radiação – devido ao resfriamento da superfície terrestre (outono e inverno)*
- 2) Advecção – formado pelo resfriamento do ar como resultado de movimentos do ar horizontais.*
  - a) Vapor – condensação do vapor d'água devido ao fluxo de ventos frios sobre uma superfície mais quente (lagos, pântanos)*
  - b) Marítimo – formam-se com o resfriamento de ventos quentes e úmidos ao fluírem sobre correntes marítimas frias de mares e oceanos, provocando a condensação de vapor d'água (mais comum na primavera e verão);*
  - c) Brisa – forma-se devido ao fluxo de ar quente dos oceanos sobre a região costeira mais fria (mais comum no inverno em latitudes tropicais e temperadas);*
  - d) orográfico ou de encosta – formado à barlavento das encostas, quando ventos quentes e úmidos sopram em direção às elevações montanhosas; ocorrem em qualquer época do ano;*
  - e) glacial – formam-se nas latitudes polares, pelo processo de sublimação com temperaturas de até  $-30^{\circ}\text{C}$ .*

**Frontais** – formam-se nas áreas de transição entre duas massas de ar de características diferentes.

- 1) *Pré- frontal* – associadas às frentes quentes, quando uma massa de ar mais aquecida avança sobre uma massa de ar mais fria;
  - 2) *Pós- frontal* – forma-se após a passagem de frentes frias, após a ocorrência de chuvas a atmosfera fica fria e úmida possibilitando a formação de nevoeiros.
- **Névoa úmida** – gotas d'água com UR  $\geq$  80% e visibilidade horizontal  $\geq$  1000 metros e até 5000 (METAR)

## PRECIPITADOS

- *Caracterizam-se pelo tipo (chuva, chuvisco, neve, granizo e saraiva), intensidade (leve, moderada ou forte) e caráter (intermitente, contínua ou pancadas)*
- *Chuva* – gotículas d'água que caem das nuvens e tem diâmetros  $\geq$  0,5 mm
- *Chuvisco* – gotículas d'água que precipitam das nuvens baixas (stratus) e podem reduzir significativamente a visibilidade horizontal – gotículas com diâmetros  $<$  0,5 mm
- *Neve* – precipitação sob a forma de flocos de gelo com temperaturas próximas a 0°C – No Brasil existe pouca ocorrência de neve, somente no sul do país, particularmente no inverno.
- *Granizo* – precipitação sob a forma de grãos de gelo com diâmetros  $<$  5 mm (provenientes de cumulonimbus)
- *Saraiva* – precipitação de grãos de gelo  $\geq$  5 mm (CB)

## LITOMETEOROS

- *Fenômenos meteorológicos que ocorrem com a agregação de partículas sólidas suspensas na atmosfera – UR  $<$  80 %*
- *Névoa seca* – partículas sólidas (poluição) que restringem a visibilidade entre 1000 e 5000 metros (METAR)
- *Poeira* – partículas de terra em suspensão
- *Fumaça* – partículas oriundas de queimadas – distingue-se pelo odor.

*Obs.: nas regiões centro-oeste e norte do país, os episódios de névoa seca e fumaça ocasionados pelas queimadas e devido à baixa umidade do ar levam à reduções críticas de visibilidade, principalmente no final de inverno e primavera. Aeródromos situados nessas regiões podem*

*apresentar restrições às operações aéreas por dias consecutivos. Dados do Departamento de Aviação Civil, relativos aos últimos 5 anos, mostram 2 acidentes aéreos ocorridos em 2002 associados à presença de fumaça (Guarantã do Norte – MT e Fazenda Tarumã – PA)*

## PSICRÔMETRO

- *Par de 2 termômetros de onde se extrai a temperatura do ar, temperatura do bulbo úmido, ponto de orvalho e umidade relativa do ar.*



*Figura 13 – Foto interna do abrigo meteorológico da Estação Meteorológica de Vargem, SP, pertencente à SABESP, contendo um psicrômetro, termômetros de máxima e mínima, higrotermômetro digital, microbarógrafo e higrotermógrafo.  
Fonte: CABRAL, E.*

## INSTRUMENTOS PARA A MENSURAÇÃO DA UMIDADE

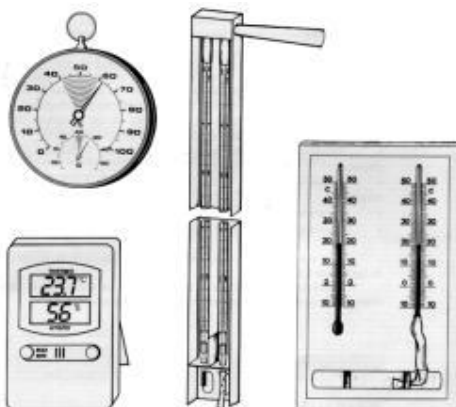


Figura 14 – Higrômetro analógico, higrômetro digital, psicrômetro giratório e psicrômetro fixo.  
 Fonte: <http://www.iope.com.br>

### QUADRO COM OS FENÔMENOS METEOROLÓGICOS PRINCIPAIS

Elemento	Visibilidade	Umidade relativa
<i>Nevoeiro</i>	<i>&lt; 1.000 metros</i>	<i>100% ou próxima</i>
<i>Névoa úmida</i>	<i>Entre 1 e 5 km</i>	<i>&gt;= 80%</i>
<i>Névoa seca</i>	<i>Entre 1 e 5 km</i>	<i>&lt; 80%</i>
<i>Fumaça</i>	<i>&lt;= 5 km</i>	<i>&lt; 80%</i>
<i>Poeira</i>	<i>&lt;= 5 km</i>	<i>&lt; 80%</i>
<i>Areia</i>	<i>&lt;= 5 km</i>	<i>&lt; 80%</i>
<i>Precipitações</i>	<i>Variável; chuvisco com &gt; restrição</i>	<i>Alta (~100%)</i>

## 6. TROVOADAS



Figura 15 – Foto de múltiplos relâmpagos a partir da base de um Cumulonimbus  
Fonte: <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7t.html>

*É o resultado da energia acumulada nas nuvens Cumulonimbus (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: desenvolvimento (cumulus), maturidade e dissipação.*

- 1) **DESENVOLVIMENTO:** *Ocorre o predomínio de correntes convectivas ascendentes, com o resfriamento, a condensação e a formação de nuvens Cumulus; geralmente não ocorre precipitação neste estágio e a visibilidade é boa;*



Figura 16 – Foto do desenvolvimento de uma nuvem de trovoada no estágio Cumulus

Fonte: <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7t.html>

2) **MATURIDADE:** *Ocorre com a formação do CB (extensão vertical até 30 km), com a incidência dos relâmpagos e trovões, se principia a precipitação em forma de pancadas de chuva ou granizo, as correntes descendentes geram os ventos de rajada em superfície, ocorre forte turbulência e é máxima a condição de instabilidade atmosférica. As aeronaves apresentam sério risco de acidentes neste estágio, com os instrumentos se tornando não confiáveis devido à forte turbulência (ascendentes e descendentes muito intensas) e a energia envolvida. Também ocorre a rápida formação de gelo claro, em grande quantidade, tornando inócuos os sistemas anti-congelantes da aeronave.*



Figura 17 – Foto de um Cumulonimbus na fase de maturidade  
 Fonte: <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7t.html>

3) **DISSIPÇÃO** – neste estágio cessam as correntes ascendentes e predominam as correntes descendentes, com a diminuição da turbulência, precipitação e dos ventos associados. A dissipação do CB forma camadas de Sc, Ns e As, gerando o resfriamento da superfície e torna a atmosfera mais estável.

Quanto à sua gênese, as trovoadas podem ser de vários tipos: orográficas, advectivas, convectivas, frontais (dinâmicas).

**TROVOADAS OROGRÁFICAS** – formam-se à barlavento das montanhas, formando fortes precipitações e rajadas de vento.

**TROVOADAS ADVECTIVAS** – ocorre mais freqüentemente no inverno sobre os oceanos, com o transporte de ar frio sobre a superfície de água mais quente, com a absorção de calor e a formação de instabilidade.

**TROVOADAS CONVECTIVAS** (térmicas) – ligadas ao forte aquecimento da superfície e à formação de correntes convectivas; ocorrem principalmente no verão sobre os continentes.

**TROVOADAS FRONTAIS** (dinâmicas) – ocorre na região de transição entre duas massas de ar de características diferentes (frentes); devido

*ao maior ângulo de inclinação das frentes frias, as trovoadas neste caso são mais intensas e freqüentes do que nas frentes quentes.*

## TIPOS DE TROVOADAS

Existem dois tipos básicos de trovoadas: um tipo mais comum, freqüentemente descrito como uma trovoadade massa de ar e uma trovoadade severa, que também pode ser denominada como trovoadade linha de instabilidade. A trovoadade severa têm uma intensidade maior do que uma trovoadade massa de ar, 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.

Uma trovoadade pode ocorrer de forma **unicelular**, **multicelular** ou **supercelular**. Uma célula única dura menos de uma hora, enquanto que uma supercélula de trovoadade severa pode durar duas horas.

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; a interação dessas células fazem com que a duração do aglomerado dure bem mais do que a célula individual.

Enquanto a trovoadade **multicelular** só ocasionalmente produz tempo severo, a trovoadade de **supercélula** 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.

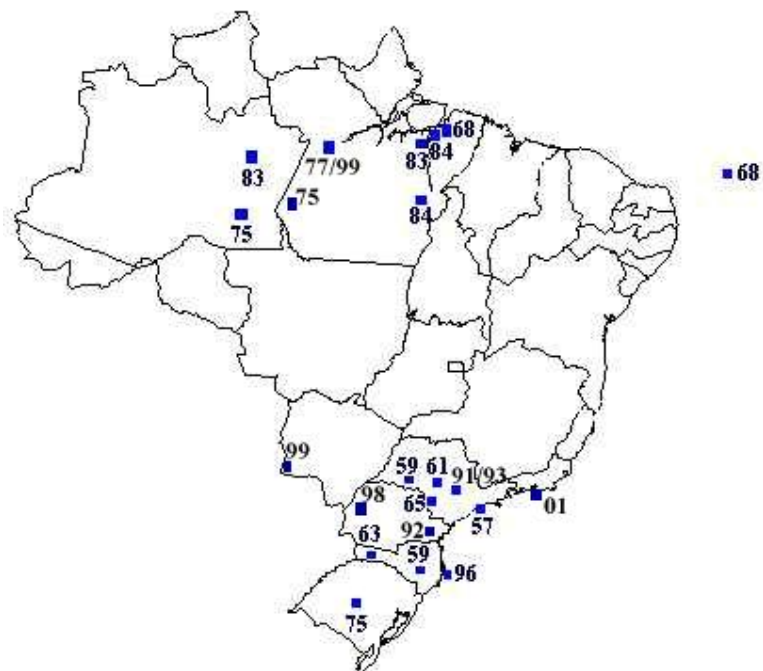
**TORNADOS** – Os tornados são violentas colunas de ar em forma de funil formados na base das nuvens Cumulonimbus.

O Prof. T. Fujita, da Universidade de Chicago, desenvolveu uma escala de intensidade de tornados levando em consideração os danos causados e a velocidade dos ventos, conforme tabela a seguir.

Escala	Categoria	Nós	Expectativa de danos
F0	Fraca	35-62	Leve: galhos de árvores quebrados
F1		63-97	Moderado: árvores partem-se, janelas se quebram
F2	Forte	98-136	Consideráveis: estruturas mais fracas são destruídas
F3		137-179	Severa: carros são virados, paredes são removidas das edificações
F4	violenta	180-226	Devastadora: estruturas de casas são destruídas
F5		227-276	Incríveis: estruturas do tamanho de veículos são arrastadas a mais de 300 pés, estruturas reforçadas de ferros são altamente danificadas.

Fonte: Lester, P.F., 1997, p. 9-17

Figura 18. Mapa com a localização e anos de ocorrência de tornados e trombas d'água ocorridos no Brasil.



Fonte: Nechet, D. (<http://www.ventonw.cjb.net>)

Figura 19. Foto de uma tromba d'água ocorrida em São Francisco do Sul (SC) em 1996.



Figuras 20 a 23. Fotos de uma tromba d'água ocorrida no litoral do Rio de Janeiro, próximo a uma plataforma da Petrobrás.





## 7. TURBULÊNCIA

**TURBULÊNCIA** – *Irregularidades na circulação atmosférica que afetam aeronaves em vôo, provocando solavancos bruscos em suas estruturas. É uma das principais causas de acidentes aéreos.*

### TIPOS DE TURBULÊNCIA, SEGUNDO SUA GÊNESE:

**A) TURBULÊNCIA TERMAL OU CONVECTIVA** – *Associada às correntes térmicas sobre os continentes (principalmente durante as tardes de verão) ou oceanos (durante as noites). As nuvens cumuliformes são indicadores da existência desse tipo de turbulência.*

**B) TURBULÊNCIA OROGRÁFICA** – *surge do atrito do ar ao soprar contra elevações montanhosas; um indício de sua presença são as nuvens lenticulares (forma de amêndoas) nas cristas das elevações e nuvens rotoras à sotavento. À barlavento as aeronaves devem encontrar aumento de altitude (ganho de sustentação) e à sotavento perda de altitude, devendo aumentar a potência de seus reatores e sair da área de ondas orográficas.*

**C) TURBULÊNCIA MECÂNICA OU DE SOLO** – *provocada pelo atrito do ar ao soprar contra edificações e outros obstáculos artificiais. Afetam particularmente os helicópteros e aviões pequenos, que voam a baixa altura e também nos procedimentos de pouso e decolagem de aeródromos situados em áreas urbanas (ex.: Campo de Marte e Congonhas).*

### D) TURBULÊNCIA DINÂMICA:

**D.1) TURBULÊNCIA FRONTAL** – *turbulência surgida com a presença de sistema frontal.*

**D.2) TURBULÊNCIA EM AR CLARO (CAT)** – *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 /450 mostram as áreas previstas de CAT e JET STREAM.*

**D.3) TURBULÊNCIA DE CORTANTE DE VENTO (WIND SHEAR)** – *surge da variação na direção e/ou velocidade do vento em baixa altura (até 2.000 ft ou 600 m são mais perigosos), provocando o ganho ou perda de sustentação da aeronave e colocando em sério risco os vôos, principalmente nos procedimentos de pouso e decolagem. O gradiente de vento é reportado pelos pilotos das aeronaves que encontraram o fenômeno e o OBM registra a WS no final dos boletins METAR e SPECI; o previsor expede um aviso de gradiente de vento denominado WS WARNING.*

**D.4) ESTEIRA DE TURBULÊNCIA (WAKE)** – *surge nas trajetórias de pouso e decolagem, principalmente de aeronaves de grande porte, quando são formados vórtices a partir de hélices, turbinas ou pontas de asas; as aeronaves que se encontrarem atrás daquelas que geraram a esteira devem ter uma distância adequada para não sofrerem acidentes sérios (ex.: aeronave pequena deve ter separação de 6 milhas de uma aeronave considerada pesada – B747).*



Figura 24 – Esteira de turbulência de uma pequena aeronave  
Fonte: Cabral e Romão, 1999.



Figura 25 – Esteira de turbulência de um helicóptero  
Fonte: Cabral, 2001

## TABELA DE INTENSIDADE DE WS (WIND SHEAR)

A intensidade de WS em aviação é classificada conforme a variação do vento em uma determinada distância.

INTENSIDADE	VARIAÇÃO
<b>LEVE</b>	0 a 2 m/s em 30m (100 pés) – 0 a 4 kt em 30m
<b>MODERADA</b>	2,6 a 4,1 m/s em 30 m – 5 a 8 kt em 30 m
<b>FORTE</b>	4,6 a 6,2 m/s em 30 m – 9 a 12 kt em 30 m
<b>SEVERA</b>	acima de 6,2 m/s em 30 m – mais de 12 kt em 30 m

Obs.: Eventos mais intensos estão associados à fortes correntes descendentes (downburst) que, ao atingirem o solo, espalham-se horizontalmente (outburst) podendo atingir até 100 km de distância em relação ao ponto de toque da corrente descendente no solo.

## TABELA DE INTENSIDADE DE TURBULÊNCIA

<b>INTENSIDADE</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO</b>
<b>LEVE</b>	<i>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.</i>
<b>MODERADA</b>	<i>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 encontra-se dificuldade para executar o serviço de bordo ou se deslocar pelo corredor da aeronave.</i>
<b>FORTE</b>	<i>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.</i>
<b>SEVERA</b>	<i>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.</i>

## COMPARAÇÃO ENTRE TURBULÊNCIA E GRADIENTE DE VENTO

*A ocorrência dos dois fenômenos está extremamente associada, diferenciando-se basicamente na ordem de grandeza de escala, relativa ao tamanho da aeronave e sua velocidade. A escala do gradiente de vento (WS) é maior que a da turbulência. O gradiente do vento altera a velocidade da aeronave e, portanto, sua sustentação. A turbulência afeta mais o controle da aeronave devido à forte trepidação.*

## 8. FORMAÇÃO DE GELO

*A formação de gelo em aeronaves é fator de risco e causa de inúmeros acidentes aeronáuticos.*

*“No dia 27 de dezembro de 1991, um MD-81 teve que fazer um pouso forçado fora do aeroporto, partindo-se em três pedaços, pouco depois da decolagem. Quando o avião corria na pista e iniciava a rotação para subir, o gelo que se tinha formado sobre as asas despreendeu-se e foi ingerido pelas turbinas, situadas na cauda, que, em consequência, pararam.” “O efeito mais devastador da formação de gelo é a modificação do perfil aerodinâmico da asa. Quando se forma gelo, o fluxo de ar é alterado e a sustentação é gravemente afetada. Testes feitos pela FOKKER, no túnel aerodinâmico, mostraram que mesmo uma camada de gelo fina como uma folha de papel faz a sustentação diminuir em 25%....” (Pessoa, L.T., JT, 14/05/92, p.3 – Caderno de Turismo).*

*O gelo afeta a aeronave interna e externamente; dentro da aeronave o gelo se forma no tubo de pitot, nos carburadores e nas tomadas de ar, diminuindo a circulação do ar para instrumentos e motores; fora da aeronave, há o acúmulo de gelo nas superfícies expostas gerando aumento do peso e resistência ao avanço. Nas partes móveis das aeronaves (rotor e hélices), afeta seu controle e produz fortes vibrações.*

### CONDIÇÕES PARA A FORMAÇÃO DO GELO

- 1) presença de gotículas super-resfriadas;*
- 2) temperatura do ar menor ou igual a 0°C;*
- 3) superfície da aeronave menor ou igual a 0°C.*
- 4) camada da atmosfera úmida ( $T - T_d \leq 6,0^\circ\text{C}$ )*

TIPOS DE GELO		
Tipo de gelo	Condição da atmosfera	Faixa de temperatura
Gelo claro (brilhante, denso e translúcido), cristal, liso ou vidrado <b>(mais perigoso devido à maior aderência e dificuldade de remoção de grandes gotículas superesfriadas)</b>	- atmosfera instável ou condicional instável	Entre 0°C e -10°C
Gelo escarcha, amorfo ou opaco (granulado, suave e semelhante ao formado no congelador)	- atmosfera instável ou condicional instável	Entre -10°C e -20°C
	- atmosfera estável ou condicional estável	Entre 0°C e -10°C

#### NEBULOSIDADE ASSOCIADA –

- *gelo tipo cristal está vinculado ao ar instável e turbulento estando, portanto, associado às nuvens cumuliformes (Cu e Cb)*
- *gelo tipo escarcha ocorre principalmente em atmosfera estável e sem turbulência, estando associado à nuvens estratiformes (St, As)*

#### FORMAÇÃO DE GEADAS EM AERONAVES

- *quando se choca contra os pára-brisas das aeronaves podem causar grande restrição à visibilidade.*
- *A geada se forma quando a aeronave voa durante muito tempo com temperatura abaixo de 0°C e depois passa por uma área com temperatura acima de 0°C contendo água, esta, ao se chocar com a superfície fria da aeronave, cria uma fina camada de gelo esbranquiçada, de aparência de neve.*

## INTENSIDADE DE FORMAÇÃO DE GELO

*A intensidade de formação é dimensionada conforme sua razão de acumulação na aeronave.*

**Formação Leve** – acúmulo lento, não ultrapassando a razão de 1 mm/min; geralmente a evaporação compensa a acumulação de gelo e, portanto, não há 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, pequena vibração e velocidade indicada com perda de até 15%.

**Formação Forte** – formação quase instantânea, com grande e rápida (de 5 a 10 mm/min.) acumulação de gelo sobre a aeronave, ocasionando 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 nas aeronaves.

*Em situações mais graves, a formação de gelo pode determinar a imediata mudança de nível de voo, devido à ineficiência dos sistemas de combate à sua formação.*

## EFEITOS DO GELO SOBRE AS AERONAVES

- 1. Diminui a sustentação;*
- 2. Aumenta a resistência ao avanço;*
- 3. Perda da eficiência aerodinâmica;*
- 4. Perda de potência dos motores;*
- 5. Restrição visual;*
- 6. Indicações falsas dos instrumentos etc.*

## 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 DE PITOT) – afeta o indicador de velocidade vertical (climb), altímetro e velocímetro.*
- *CARBURADOR – reduz o rendimento do motor e sua potência.*
- *ANTENAS – afeta as comunicações pois aumenta o diâmetro dos cabos e diminui o isolamento em relação ao corpo da aeronave. Em situações extremas, o excesso de peso pode causar a ruptura da antena.*
- *PÁRA-BRISAS*
- *TANQUES DE COMBUSTÍVEL*

## **SISTEMAS ANTIGELO**

*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 empenagens. Tais capas inflam 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 fluxos de ar aquecido dos motores.*

### **SISTEMA QUÍMICO:**

*Geralmente tal sistema é usado de maneira preventiva nas hélices, pára-brisas e carburadores, a partir de fluidos anticongelantes constituídos de água e álcool etílico, que tem a capacidade de liqüefazer o gelo formado ou impedir tal formação.*

## **DICAS PARA DIMINUIR OU EVITAR OS EFEITOS DA FORMAÇÃO DE GELO:**

- A) Faça a remoção do gelo que porventura exista sobre a aeronave antes da decolagem;*
- B) Use de forma correta o sistema antigelo;*
- C) Evite voar em FL dentro de nuvens com altos índices de precipitação, particularmente entre as faixas de 0 e -20°C;*
- D) Emita mensagem de posição com reporte de formação de gelo em seu FL.*

## **PRODUTOS DA NOAA (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION) -**

*A NOAA disponibiliza na Internet, produtos experimentais mostrando áreas de formação de gelo para os EUA em suas imagens de satélite.*

*Para a obtenção de tais produtos meteorológicos, pode-se acessar os seguintes sites: <http://orbit-net.nesdis.noaa.gov/arad/fpdt/icg.html> e <http://www.rap.ucar.edu/weather/satellite.html>.*

*Além das áreas sombreadas de azul claro, mostrando a concentração de nuvens com gotículas de água superesfriadas, também são inseridas as informações dos últimos reportes dos pilotos sobre as imagens, em amarelo e com a seguinte classificação em relação à formação de gelo: 0 = nenhuma; 1 = leve; 2 = leve/moderada; 3 = moderada; 4 = moderada/severa e 5 = severa; as altitudes são plotadas em verde.*

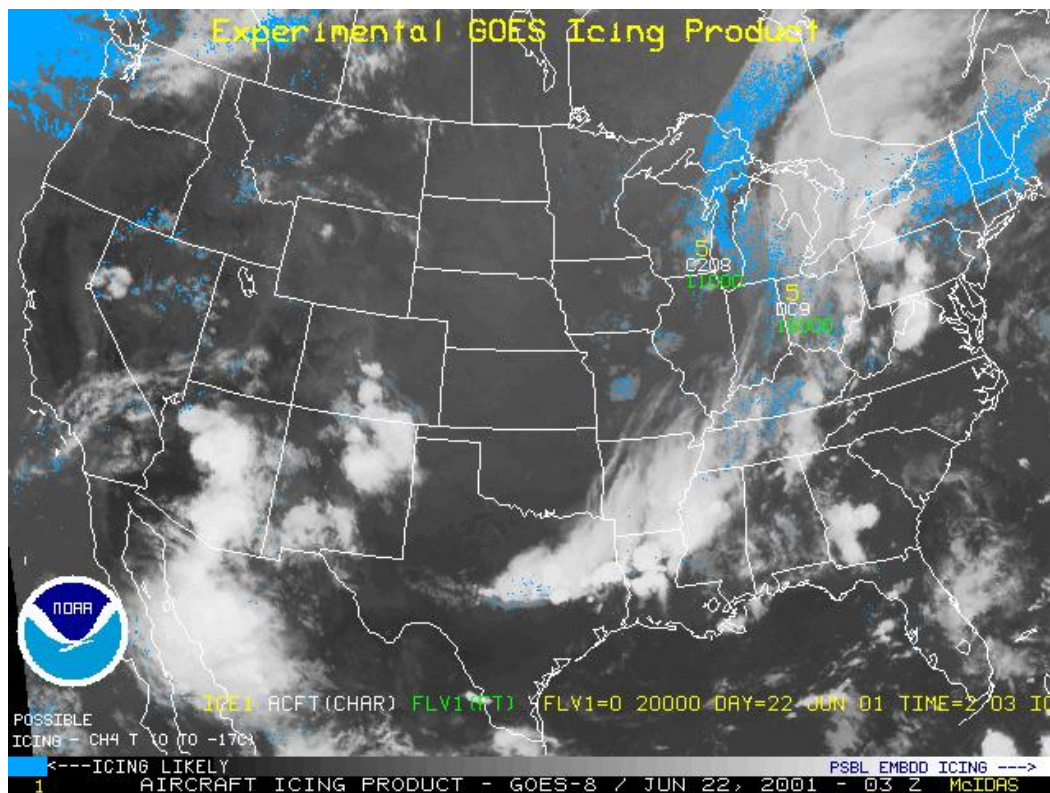


Figura 26 – Imagem de satélite meteorológico indicando áreas de formação de gelo.

Fonte: <http://orbit-net.nesdis.noaa.gov/arad/fpdt/icg.html>

*Obs.: 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. Em 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.*